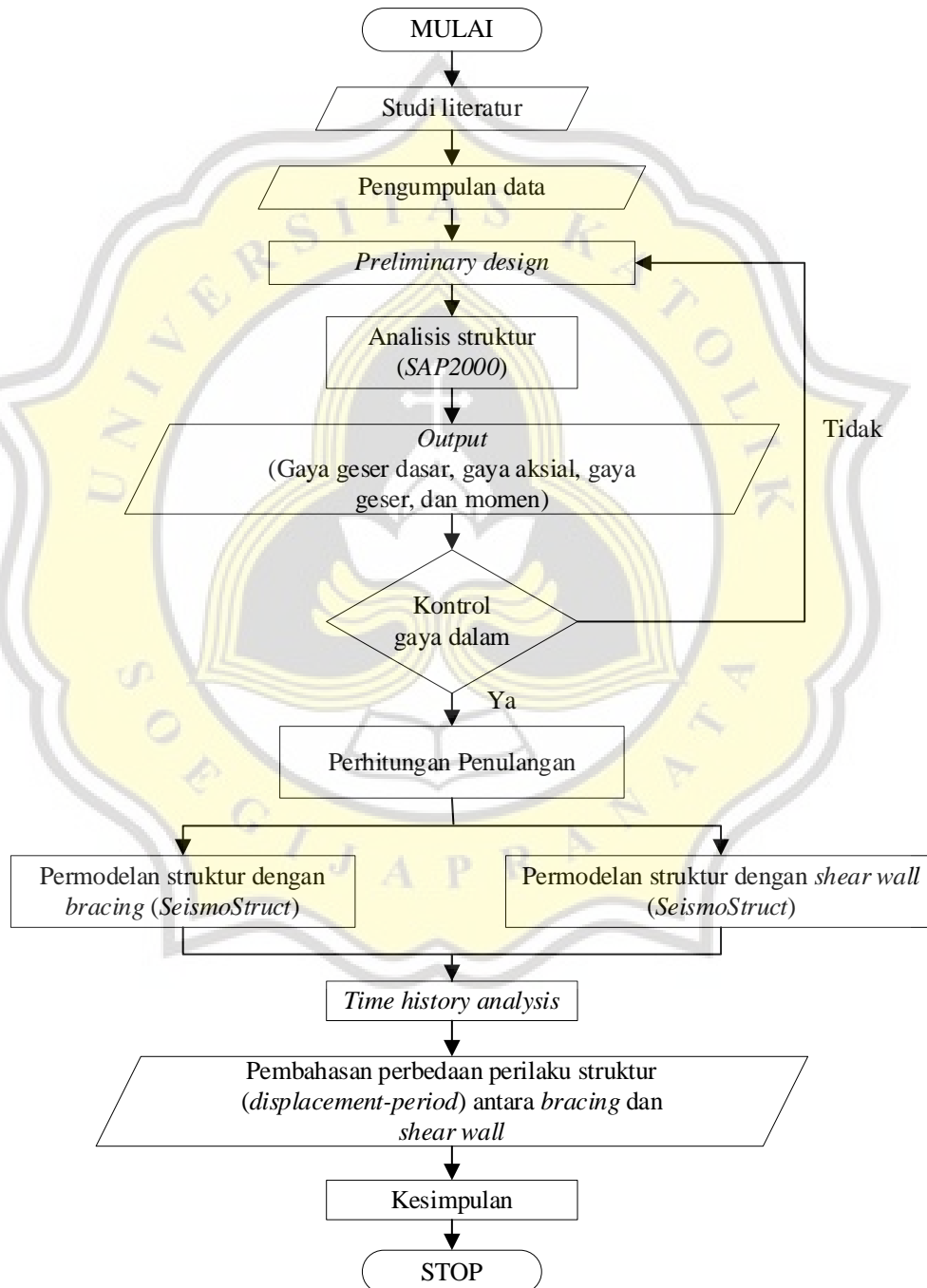




BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Alur Penelitian

Skema alur penelitian tugas akhir mengenai efek penggunaan antara *bracing* dan *shearwall* dengan metode *time history analysis* dijabarkan sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian



3.1.1. Studi Literatur

Di tahap ini dilakukan pencarian studi literatur dalam lingkup pencarian peraturan-peraturan yang baru, ketetapan serta variabel yang berlaku serta mencari perumusan guna membantu penyelesaian dalam pembahasan tugas akhir ini. Selain itu menggunakan aturan yang terdapat dalam Standar Nasional Indonesia sebagai acuan dari penelitian ini seperti SNI 2847:2019 (desain *Shear Wall*), SNI 1726:2019 (Pembebanan Gempa), SNI 2847:2019 (Struktural Beton).

3.1.2. Pengumpulan Data

Berikut adalah informasi-informasi bangunan yang menjadi objek penelitian dalam pengerjaan tugas akhir:

1. Data umum gedung

Nama Bangunan	: Gedung A rumah sakit UNIMUS
Lokasi	: Semarang
Fungsi Bangunan	: Rumah sakit
Tinggi Bangunan	: 42,0 m
Panjang Bangunan	: 64,59 m
Lebar Bangunan	: 29,82 m
Struktur Utama	: Beton bertulang

2. Data mutu bahan

Beton	: K-300, $f_c' = 24,9$ MPa
Baja Tulangan	: $f_y = 420$ MPa

3.1.3. Preliminary Design

Preliminary Design merupakan tahap desain perencanaan awal dalam suatu bangunan, dalam tahap ini dilakukan penentuan dimensi kolom dan balok sebagai elemen struktur gedung. Dalam tahap ini menggunakan standar ketentuan yang berlaku di Indonesia yaitu menggunakan acuan berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019 untuk desain dimensi *minimum*. Kemudian pemodelan akan dikerjakan menggunakan *software SAP2000* dan *SeismoStruct* dan akan dilakukan kontrol mengenai kekuatan bangunan.



3.1.4. Analisis Struktur

Setelah melakukan *Preliminary Design* maka diketahui dimensi minimal kolom dan balok yang digunakan, kemudian akan dilakukan pemodelan struktur menggunakan *software SeismoStruct*. Pemodelan struktur tersebut kemudian akan diberi pembebanan yang sesuai dengan SNI yang berlaku. Tahapan dalam analisis Struktur dilakukan sebagai berikut:

1. Pemodelan struktur

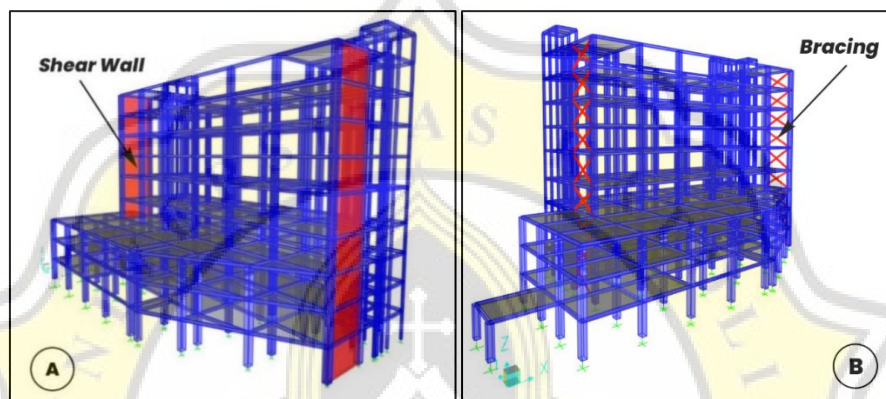
Berdasarkan gambar kerja dari denah Rumah Sakit Universitas Muhammadiyah Semarang dan melakukan *preliminary design*, langkah selanjutnya adalah memodelkan struktur bangunan dalam bentuk 3D menggunakan *software SAP2000*. Pemodelan ini dimulai dengan memodelkan struktur bangunan dari permodelan 3D yang dibuat dengan *AutoCAD* termasuk balok dan kolom kemudian diexport ke *SAP2000*. Selanjutnya, dibuat material, dimensi properti yang digunakan, *input* pembebanan, dan kombinasi pembebanan. Setelah semua langkah tersebut dilakukan, proses *running* dilakukan pada *software SAP2000*.

2. *Input* pembebanan dan kombinasi pembebanan

Setelah melakukan pemodelan struktur menggunakan *software SAP2000*, kemudian akan dilakukan *input* pembebanan yaitu: beban hidup, beban mati, beban angin serta membuat kombinasi beban dasar ultimit tanpa kombinasi beban gempa (*earthquake*) dengan ketentuan yang berada pada SNI 1727:2019. Langkah selanjutnya adalah memasukkan beban-beban tersebut ke dalam struktur utama, yaitu pada *frame* dan area. Setelah semua beban di-*input*, dilakukan *run* pada *software SAP2000* untuk mengecek dimensi dalam struktur. Jika struktur tidak aman, maka akan dilakukan tahap *re-design*. Namun, jika struktur aman, maka akan dilanjutkan ke tahap selanjutnya, yaitu perhitungan penulangan struktur. Hasil analisis ini akan menunjukkan gaya aksial, gaya geser, dan momen yang akan digunakan untuk perhitungan penulangan serta mengecek penampang untuk menentukan jumlah tulangan dan dimensi tulangan yang akan digunakan pada struktur.

3.1.5. Pemodelan *Bracing* dan Pemodelan *Shear Wall*

Setelah analisis gaya dalam pada struktur aman, langkah selanjutnya adalah membuat dua pemodelan pada struktur, yaitu struktur dengan perkuatan *bracing* dan perkuatan *shear wall*. Perkuatan *bracing* menggunakan model *X-bracing*. Pemodelan *bracing* dan *shear wall* diletakkan di lokasi yang sama, yaitu di tengah-tengah bagian struktur. Penempatan pemodelan *bracing* dan *shear wall* diperlihatkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.2 Penempatan Rencana Perkuatan (A) *Shear Wall* dan (B) Perkuatan *Bracing* Pada Pemodelan Struktur

3.1.6. *Time History Analysis*

Setelah membuat dua pemodelan dengan perkuatan *bracing* dan *shear wall*, kemudian dilakukan analisis menggunakan metode *time history*. Analisis ini dilakukan dengan mengambil rekaman gempa yang pernah terjadi berkekuatan 6-7 M_w .

3.1.7. Komparasi Perilaku Struktur

Setelah dianalisis menggunakan *time history*, kemudian pada kedua model dibandingkan berdasarkan *displacement-period*, sehingga didapatkan perbedaan kinerja pada kedua model antara yang menggunakan *bracing* dan menggunakan *shear wall*.

3.2. Perhitungan Kolom

Dalam SNI 2847:2019 ukuran *minimum* untuk dimensi kolom tidak ditentukan sehingga akan direncanakan menggunakan dimensi kolom seperti pada struktur gedung bertingkat pada umumnya.



Menurut McCormac (2003) desain serta perhitungan kolom dilakukan analisis dengan beberapa tahapan. Tahapan tersebut yaitu desain serta perhitungan untuk penulangan kolom utama dan desain serta perhitungan untuk tulangan geser yang terjadi pada kolom. Berikut merupakan penjabaran mengenai perhitungan desain kolom.

a. Desain tulangan geser pada kolom

Perhitungan luas penampang dan jarak tulangan geser kolom menggunakan rumus :

$$A_s = \rho b h \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\phi V_c = 0,85 \left\{ 2 \times \left(1 + \frac{N_u}{200 A_g} \right) \sqrt{f'_c} b_w d \right\} \dots\dots\dots (3.2)$$

Sengkang diperlukan apabila,

$$V_u > \frac{1}{2} \phi V_c \dots\dots\dots (3.3)$$

Rumus yang digunakan untuk perhitungan sengkang :

$$s = A_v f_y d / V_s \dots\dots\dots (3.4)$$

$$V_s = (V_u - \phi V_c) / \phi \dots\dots\dots (3.5)$$

Batas jarak maksimum penentuan tulangan geser *minimum*:

$$s = A_v f_y / 50 b_w \dots\dots\dots (3.6)$$

jarak maksimum:

$$V_s \leq 4 \sqrt{f'_c} b_w d \dots\dots\dots (3.7)$$

Batas jarak maksimum = $\frac{d}{2} \leq 24$ inci jika,

$$V_s > 4 \sqrt{f'_c} b_w d \dots\dots\dots (3.8)$$

$$V_s \text{ tidak boleh } > 8 \sqrt{f'_c} b_w d \dots\dots\dots (3.9)$$

Batas jarak praktis *minimum* mendekati 3 atau 4 inci

3.3. Perhitungan Balok

Berdasarkan SNI 2847:2019 penentuan untuk balok *nonprategang* yang tidak bertumpu atau melekat pada partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar, ketebalan keseluruhan pelat h tidak boleh kurang dari batas *minimum* Lebar balok direncanakan antara $\frac{1}{2}$ - $\frac{2}{3}$ dari tinggi balok. Pada Tabel 3.1 dapat diaplikasikan untuk beton normal.

Tabel 3.1. Persyaratan Tinggi *Minimum* Balok *Non Prategang*

Kondisi Perletakan	<i>Minimum h</i> ^[1]
Perletakan Sederhana	$l / 16$
Menerus satu sisi	$l / 18,5$
Menerus dua sisi	$l / 21$
Kantilever	$l / 8$

(Sumber: SNI 2847:2019 Tabel 9.3.1.1)

Menurut McCormac (2003) pemodelan dan perhitungan balok dilakukan dalam beberapa tahap dan dianalisis dengan beberapa tahapan desain. Berikut penjabaran mengenai tahapan perhitungan tulangan balok:

a. Desain tulangan utama balok

Perhitungan dalam desain tulangan balok adalah untuk menentukan jumlah dan diameter tulangan utama balok. Berikut rumus yang digunakan dalam perhitungan tulangan utama balok:

$$R_n = \frac{12 \times M_2 \times 1000}{\phi b d^2} \dots \dots \dots (3.10)$$

$$\rho_b = \frac{0,8 \beta f_c'}{f_y} \left[\frac{87000}{87000 + f_y} \right] \dots \dots \dots (3.11)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b \dots \dots \dots (3.12)$$

$$\rho_{min} = \frac{3 \sqrt{f_c'}}{f_y} \dots \dots \dots (3.13)$$

$$\rho_{min} = \frac{200}{f_y} \dots \dots \dots (3.14)$$

$$A_s = \rho b d \dots \dots \dots (3.15)$$

b. Kebutuhan tulangan geser balok

Kebutuhan tulangan transversal balok dihitung dengan mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 21.5.3., dengan gaya geser desain yang disesuaikan pada pasal 21.5.4.1. Dengan demikian tulangan transversal balok dapat menjadi kekekangan saat terjadi sendi plastis pada bagian ujung balok pasca gempa, agar kinerja balok menjadi tinggi terhadap keruntuhan geser. Gaya geser gravitasi akibat beban terfaktor menggunakan rumus pembebanan $1,2DL + 1,0LL$. Perhitungan kebutuhan tulangan transversal balok diuraikan sebagai berikut:

b.1. Perhitungan gaya geser desain



Perhitungan ini dihitung berdasarkan *moment* yang terjadi pada ujung balok. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.2.2, *moment* ujung yang dilakukan perhitungkan berdasar pada hasil nilai tegangan tarik baja sebesar $1,25 f_y$ dan dengan faktor reduksi kekuatan lentur $\phi = 1$. Goyangan struktur yang mengakibatkan terjadinya *moment* untuk ujung kanan dan kiri akan bekerja secara bersamaan.

b.2. Perhitungan *probable moment capacities* (M_{pr})

Berikut adalah rumus yang digunakan dalam menghitung *probable moment capacities*:

Moment pada ujung tumpuan (M_{pr})

$$a_{pr} = \frac{A_s \cdot 1,25 \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \dots\dots\dots (3.16)$$

$$M_{pr} = A_s \cdot 1,25 f_y (d - 0,5a_{pr}) \dots\dots\dots (3.17)$$

Gaya geser terfaktor yang diakibatkan oleh beban gravitasi

$$V_g = \frac{W_u \cdot I_n}{2} \dots\dots\dots (3.18)$$

Nilai V_g bisa didapatkan juga dari hasil *output SAP2000*

Gaya geser yang diakibatkan oleh goyangan (V_{sway})

$$\frac{M_{pr1} \cdot M_{pr4}}{I_n} \dots\dots\dots (3.19)$$

Gaya geser desain yang diakibatkan oleh goyangan (V_e)

b.3. Kebutuhan tulangan geser pada tumpuan

Nilai V_s dipilih nilai terkecil dari perhitungan berikut ini:

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c \dots\dots\dots (3.20)$$

$$V_{s \max} = 0,66 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots (3.21)$$

Jarak antar tulangan transversal di daerah sendi plastis dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots (3.22)$$

Syarat dari penentuan nilai S :

$$S = 6 d_b \dots\dots\dots (3.23)$$

$$S = 150 \text{ mm} \dots\dots\dots (3.24)$$



c. Perhitungan tulangan torsi serta sengkang balok

Berikut adalah rumus yang digunakan dalam perhitungan torsi serta sengkang balok:

$$A_{cp} = b \times h \dots\dots\dots (3.25)$$

$$P_{cp} = 2 (b + h) \dots\dots\dots (3.26)$$

$$T_u < \phi \sqrt{f'_c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \dots\dots\dots (3.27)$$

$$x_1 = b - 2 \left(\text{selimut beton} + \frac{\emptyset \text{ sengkang}}{2} \right)$$

$$y_1 = h - 2 \left(\text{selimut beton} + \frac{\emptyset \text{ sengkang}}{2} \right)$$

$$A_{oh} = x_1 \times y_1 \dots\dots\dots (3.28)$$

$$A_o = 0,85 \times A_{oh} \dots\dots\dots (3.29)$$

$$P_h = 2 (x_1 + y_1) \dots\dots\dots (3.30)$$

$$V_c = 2 \sqrt{f'_c} b d \dots\dots\dots (3.31)$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b d} + 8 \sqrt{f'_c}\right) \dots\dots\dots (3.32)$$

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} \dots\dots\dots (3.33)$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_t}{2A_o f_y \cot \theta} \dots\dots\dots (3.34)$$

$$\left(\frac{A_t}{s}\right)_{min} = \frac{25 \times T_w}{f_{yv}} \dots\dots\dots (3.35)$$

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{f_{yv}}{f_{yl}}\right) \cot^2 \theta \dots\dots\dots (3.36)$$

$$A_{l min} = \frac{\sqrt[5]{f'_c A_{cp}}}{f_{yl}} - \left(\frac{A_t}{s}\right) P_h \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \dots\dots\dots (3.37)$$

Berikut merupakan perhitungan lebih detail mengenai panjang penyaluran tulangan balok pada kondisi tekan dan tarik:

c.1. Kebutuhan panjang penyaluran tulangan balok kondisi tarik

Rumus yang digunakan dari perhitungan ini akan mengacu pada rumus

12-1 SNI 2847:2019 tabel 25.4.3.2:

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\frac{C_b + K_{tr}}{d_b}} \right) d_b \geq 300 \text{ mm} \dots\dots\dots (3.38)$$



$$\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b}\right) \leq 2,5 \dots\dots\dots (3.39)$$

Nilai dari *K_{tr}* dapat dianggap sama dengan 0 untuk penyederhanaan desain. Berikut merupakan data parameter untuk penggunaan rumus yang mengacu pada SNI 1847:2013 Pasal 12.2.4:

c.1.1. Bila penulangan pada arah horizontal melebihi 300 mm dari beton segar yang dicor pada bagian bawah dari penyaluran dan sambungan, $\psi_t = 1,3$.

Pada situasi lainnya, $\psi_t = 1,0$.

c.1.2. Pada batang tulangan yang dilapisi epoksi, pelapisan ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat yang dilakukan pelapisan epoksi dengan selimut kurang dari $3d_b$, atau spasi bersih kurang dari $6d_b$, digunakan $\psi_e = 1,5$.

Untuk tulangan tanpa pelapisan berbahan seng galvanis, $\psi_e = 1,0$.

c.1.3. Tulangan $\leq D19$, digunakan $\psi_s = 0,8$

c.1.4. Tulangan $\geq D22$, digunakan $\psi_s = 1,0$

c.1.5. Beton ringan, digunakan $\lambda \leq 0,75$ kecuali jika nilai *f_{ct}* ditetapkan. Bila menggunakan beton normal maka digunakan $\lambda = 1,0$.

c.2. Kebutuhan panjang penyaluran tulangan balok pada kondisi tekan.

Pada perhitungan ini, menurut SNI 2847:2013 tidak boleh mengambil lebih kecil dari 200 mm.

$$l_{dc1} = \left(\frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}}\right) d_b \dots\dots\dots (3.40)$$

$$l_{dc2} = (0,043 f_y) d_b \dots\dots\dots (3.41)$$

Panjang tulangan pengaitan Menurut SNI 2847:2013 panjang pengaitan dapat dihitung untuk kait 90° seperti berikut ini:

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot \psi_e \cdot f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}}\right) d_b \dots\dots\dots (3.42)$$

3.4. Perhitungan Pelat

Pelat lantai dapat difungsikan sebagai tempat berpijak, memisahkan ruang antar lantai, serta untuk meletakkan instalasi mekanikal dan elektrik. Perencanaan pelat lantai mengacu pada SNI 2847 tahun 2019 dengan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

Panjang bentang bersih (*l_n*)



$$l_n = l_p - l_b \dots\dots\dots (3.43)$$

Rasio bentang panjang dan pendek pelat (β)

$$\beta = \frac{L_x}{L_y} \dots\dots\dots (3.44)$$

$\beta \leq 2$ Termasuk pelat dua arah

$\beta \geq 2$ Termasuk pelat satu arah

Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar pelat yang dibatasi secara lateral oleh garis pusat panel (α_{fm})

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cs} \times I_s} \dots\dots\dots (3.45)$$

$$\alpha_{fm} = (\alpha_{f1} + \alpha_{f2}) / 2 \dots\dots\dots (3.46)$$

Ketebalan *minimum* pelat dua arah (h_{min})

Ketebalan *minimum* pelat dua arah dibagi menjadi dua yaitu tanpa balok interior dan dengan balok interior. Ketebalan *minimum* pelat tanpa balok interior harus sesuai dengan ketentuan yang ada pada Tabel 3.2 dan tidak boleh kurang dari nilai (a) dan (b) sebagai berikut:

- a) Tanpa panel drop, tebal minimal pelat adalah 125 mm
- b) Dengan panel drop, tebal minimal pelat adalah 100 mm

Tabel 3.2 Tebal *Minimum* Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh, f_y MPa	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 40$	$l_n / 40$
420	$l_n / 30$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$
520	$l_n / 28$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 34$	$l_n / 34$

(Sumber: SNI 2847:2019)

Ketebalan *minimum* pelat dengan balok harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a) Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan ketentuan pelat tanpa balok interior.
- b) Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat tidak boleh kurang dari 125 mm dan tidak boleh kurang dari ketentuan sebagai berikut.



$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)} \dots\dots\dots (3.47)$$

c) Untuk α_{fm} lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat tidak boleh kurang dari 90 mm dan tidak boleh kurang dari ketentuan sebagai berikut.

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots (3.48)$$

3.5. Perhitungan Tangga

Dengan hasil analisis yaitu *moment* maksimum dari *output SAP2000*, berikut rumus yang akan digunakan untuk mendapatkan nilai kuat minimal dan persentase baja yang diperlukan:

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \dots\dots\dots (3.49)$$

$$\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{R_n}{0,85 f_c'}} \right] \dots\dots\dots (3.50)$$

Kontrol batasan ρ maks dan ρ min pada perhitungan penulangan tangga:

$$\rho b = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[\frac{8700}{8700 + f_y} \right] \dots\dots\dots (3.51)$$

Nilai β dengan $f_c' \leq 4000$ psi sebesar 0,85

Nilai β dengan $f_c' > 4000$ psi sebesar $0,85 - \left(\frac{f_c' - 4000}{1000} \times 0,05\right)$, tetapi tidak $< 0,65$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho b \dots\dots\dots (3.52)$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt[3]{f_c'}}{f_y} \dots\dots\dots (3.53)$$

$$\rho_{min} = \frac{200}{f_y} \dots\dots\dots (3.54)$$

Luasan tulangan yang diperlukan ditentukan dari nilai A_s terbesar dengan rumus sebagai berikut:

$$A_s = \rho \times b \times d \dots\dots\dots (3.55)$$

Perhitungan tulangan melintang tangga menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Min } A_s = 0,0018 \times b \times h \dots\dots\dots (3.56)$$

3.6. Perencanaan *Shear wall*



Dalam SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1 menyatakan tebal dinding geser tipe penumpu tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bagian dinding yang bertumpu, diambil ukuran yang lebih kecil dan tidak boleh kurang dari 100 mm.

Berdasarkan SNI 2847:2019, perhitungan pekerjaan struktural untuk *shear wall* sebagai berikut:

Pengecekan syarat tulangan minimum *shear wall*:

$$A_{cv} = t_w \times l_w \dots\dots\dots (3.57)$$

$$V_u > 0,03 \times A_{cv} \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots (3.58)$$

Pengecekan apakah perlu digunakan tulangan dua lapis:

$$V_u > 0,17 \times A_{cv} \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots (3.59)$$

Perhitungan tulangan horizontal dan vertikal pada dinding struktural:

$$\text{Luas tulangan per m' dinding} = 0,0025 \times A_{cv} \dots\dots\dots (3.60)$$

$$s = A_s / \text{luas tulangan per m' dinding} \dots\dots\dots (3.61)$$

Periksa kuat geser dari dinding:

$$\frac{h_w}{l_w} \dots\dots\dots (3.62)$$

$$\rho_t = \frac{A_s}{t_w \times s} \dots\dots\dots (3.63)$$

$$V_n = A_{cv} (\alpha c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) \dots\dots\dots (3.64)$$

$$\phi V_n = 0,75 \times V_n \dots\dots\dots (3.65)$$

3.7. Metode Analisis

Berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian:

1. Model gedung yang digunakan adalah gedung A pada Rumah Sakit UNIMUS serta kategori gedung berdasarkan SNI 1726;2019,
2. Melakukan *preliminary design* untuk menentukan dimensi kolom, balok, pelat, tangga dan *shear wall*,
3. Menentukan jenis gempa yang digunakan sebagai metode *time history* pada pemodelan gedung,
4. Melakukan analisis pemodelan untuk mencari gaya dalam menggunakan *software SAP2000* dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. Membuat 3D permodelan gedung Rumah Sakit UNIMUS menggunakan



AutoCAD,

- b. Mengimport permodelan dari *AutoCAD* ke *SAP2000*,
 - c. *Input* data material properti, dimensi penampang untuk kolom, balok, dan pelat yang akan digunakan dalam membuat pemodelan sesuai dengan perhitungan *preliminary design*.
 - d. *Input* data jenis pembebanan yaitu beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa untuk membuat kombinasi beban,
 - e. Membuat beban kombinasi sesuai dengan SNI 1726:2019 Pasal 4.2.2,
 - f. Memberikan tumpuan pada model struktur,
 - g. Melakukan *input* pembebanan pada model struktur meliputi beban hidup dan beban mati,
 - h. Melakukan analisis pemodelan untuk melihat gaya-gaya dalam meliputi gaya gaya aksial, gaya geser, dan *moment*,
 - i. Melakukan pengecekan kekuatan struktur gedung apakah mengalami *over/stressed* (O/S) atau tidak, apabila mengalami O/S, maka dilakukan redesain pada pemodelan gedung, apabila tidak maka hasil gaya dalam dari *output SAP2000* digunakan untuk perhitungan kebutuhan tulangan.
5. Melakukan perhitungan kebutuhan penulangan pelat lantai, balok, kolom, tangga, dan *shear wall*,
 6. Melakukan analisis *time history* menggunakan *software Seismostruct* untuk mengetahui nilai *displacement-period* dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. *Input* denah lantai 1 dari *AutoCAD* ke *software Seismostruct*,
 - b. Membuat material properti yang digunakan untuk elemen struktur,
 - c. *Input* material pada elemen dengan dimensi, pembebanan dan penulangan berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan,
 - d. Membuat permodelan lantai 1 dengan mengklik denah yang telah diimport dari *AutoCAD*,
 - e. Setelah permodelan lantai 1 selesai, permodelan lantai di atasnya dilakukan dengan *duplicate* permodelan,
 - f. Memasukan data rekaman gempa untuk dianalisis,
 - g. Melihat kerusakan atau *soft story* pada permodelan struktur tanpa perkuatan,



- h. Membuat permodelan dengan *bracing* dan permodelan dengan *shear wall* pada area *soft story*,
 - i. Memasukkan rekaman gempa pada kedua permodelan yang menggunakan perkuatan *bracing* dan perkuatan *shear wall*,
 - j. Melakukan analisis pada kedua permodelan yang menggunakan perkuatan *bracing* dan yang menggunakan perkuatan *shear wall*,
 - k. Melihat tampilan nilai grafik *displacement-period* pada kedua permodelan,
7. Menyimpulkan jenis perkuatan yang paling optimal berdasarkan hasil analisis perbandingan antara gedung yang menggunakan *bracing* atau gedung yang menggunakan *shear wall*.