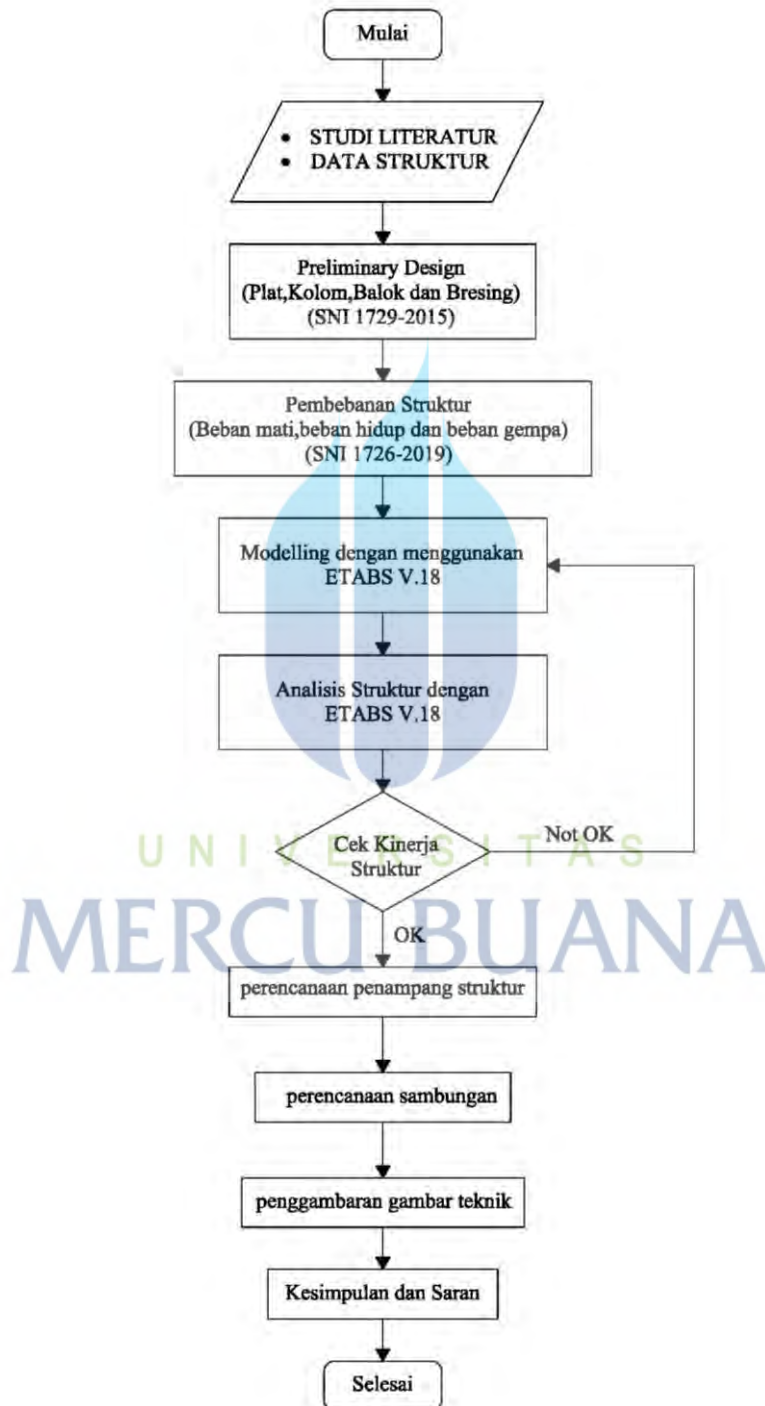


### BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir (Flowchart)



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

Urutan perancangan struktur baja tahan gempa dengan sistem Rangka Berpengaku Eksentrik (SRBE) konfigurasi *Split-K* dalam tugas akhir ini disajikan dalam skema diagram alir (*flowchart*) di atas, sehingga mudah dipahami dan dipelajari berdasarkan urutan proses sesuai prosedur dan syarat yang telah ditentukan.

### 3.2 Tahapan Penelitian

#### 3.2.1 Studi Literatur

Dalam mempermudah pengerjaan tugas akhir ini, maka digunakan beberapa referensi serta literatur yang berisikan peraturan-peraturan terbaru. Berikut merupakan sumber dari peraturan-peraturan dan syarat-syarat yang akan digunakan dalam perancangan struktur bangunan bertingkat. Sumber literatur yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

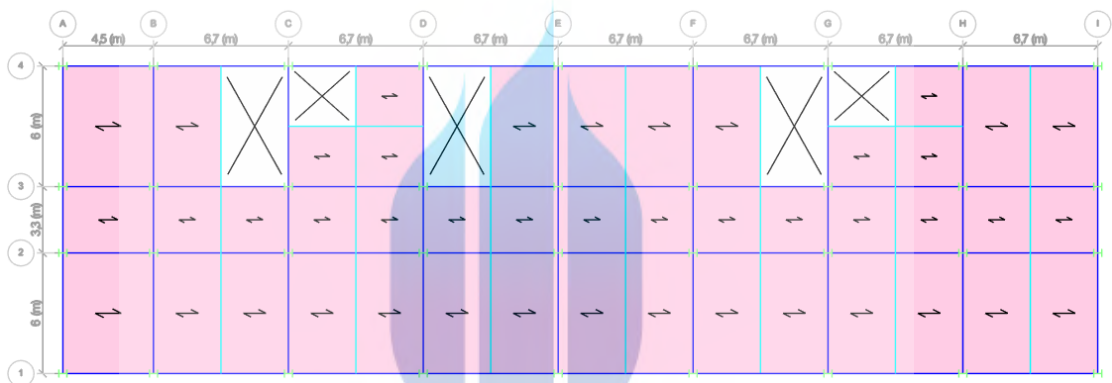
1. Perencanaan gempa berdasarkan SNI 1726:2019, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung*.
2. Peraturan pembebanan menggunakan SNI 1727:2013, *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur*.
3. Peraturan SNI 1729:2015, *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*.
4. Jurnal-jurnal yang berkaitan dengan SRBE.

#### 3.2.2 Data Struktur

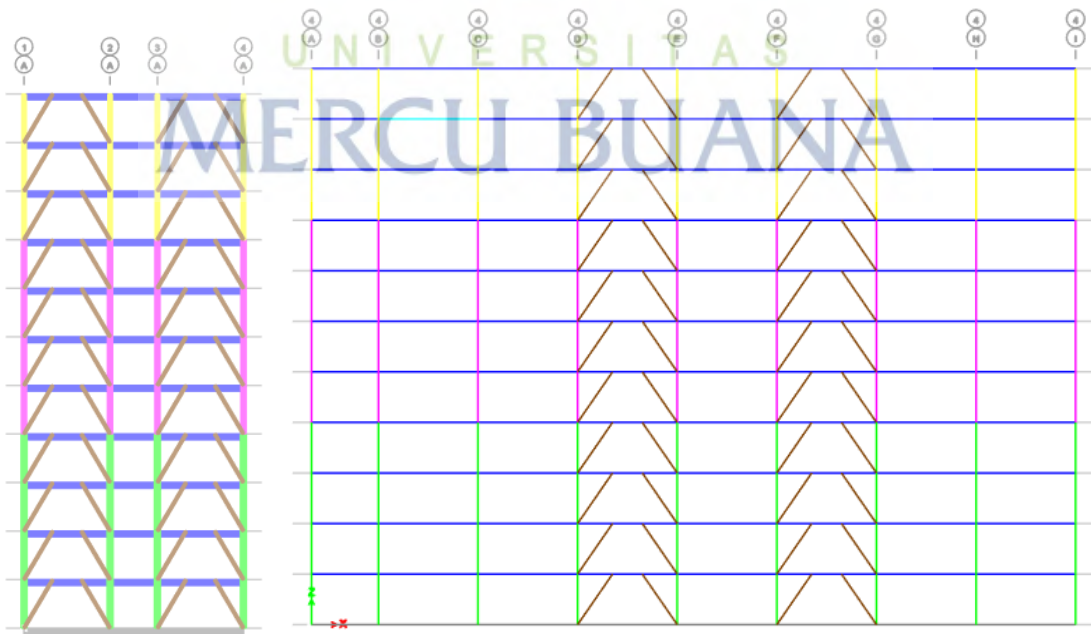
Spesifikasi dan data yang digunakan dalam penelitian tentang perancangan struktur baja tahan gempa dengan sistem Rangka Berpengaku Eksentrik (SRBE) konfigurasi *Split-K* adalah sebagai berikut :

1. Jenis struktur : Struktur baja
2. Tipe bangunan : Gedung bertingkat tinggi 10 lantai

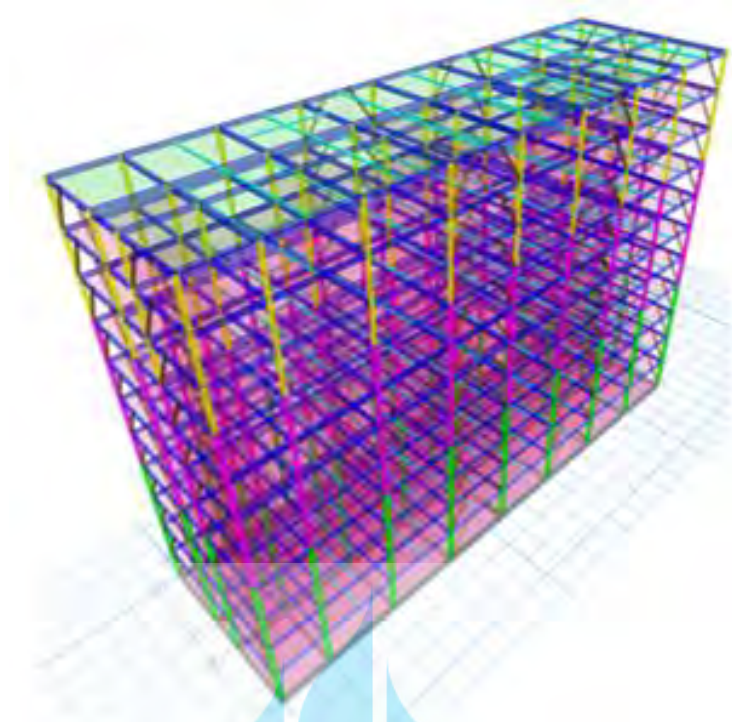
3. Fungsi bangunan : Hotel
4. Lokasi bangunan : Jakarta
5. Jumlah lantai : 10 lantai + 1 lantai atap
6. Total tinggi bangunan : 37,4 meter
7. Panjang bentang arah x : 51,4 m
8. Panjang bentang arah y : 15,3 m
9. Kelas situs : Tanah lunak (SE)
10. Jenis pondasi : Asumsi tumpuan jepit



Gambar 3.2 Denah Lantai 1-10



Gambar 3.3 Tampak Depan & Samping



Gambar 3.4 Permodelan Section Properties 3D Struktur

### 3.2.3 Data Perancangan

Data-data yang akan digunakan adalah:

1. Mutu Baja : BJ37
2. Tegangan Leleh :  $f_y = 245 \text{ MPa}$
3. Regangan Ultimate :  $f_u = 400 \text{ MPa}$
4. Berat Jenis Baja :  $7850 \text{ kg/m}^3$
5. Modulus Elastisitas :  $E = 200.000 \text{ MPa}$
6. Modulus Geser :  $G = 80.000 \text{ MPa}$
7. Angka Poisson :  $\mu = 0,3$
8. Koefisien Pemuaiian :  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}$

### 3.2.4 Preliminary Design

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan.

### 3.2.5 Modelisasi Struktur

Setelah menentukan parameter-parameter yang ingin ditinjau, maka tahap selanjutnya adalah memodelkan struktur dalam sebuah program, yaitu dengan ETABS V.18.

Elemen-elemen struktur yang dimodelkan pada program ETABS V.18 antara lain :

1. Pelat

Pelat lantai dan atap direncanakan sebagai material komposit dari beton *dan metal deck* baja. Dalam tugas akhir ini, perencanaan lebih lanjut untuk pelat tidak diperhitungkan.

2. Balok

Balok dimodelkan sebagai elemen frame dengan memiliki hubungan (*joint*) yang kaku sehingga momen-momen maksimum tempat terjadinya sendi plastis adalah pada kedua ujung balok.

3. Kolom

Kolom dimodelkan sebagai elemen frame dengan memiliki hubungan (*joint*) yang kaku.

4. Bresing dan *Link*

Bresing dimodelkan sebagai elemen frame yang memiliki hubungan (*joint*) *pined-pined connection* pada ujung-ujungnya, yaitu pada balok dan kolom.

5. Pondasi

Pemodelan pondasi dilakukan dengan menganggap bahwa pondasi memberikan kekangan rotasi dan translasi yang cukup pada semua arah sumbu bangunan.

Berdasarkan asumsi yang digunakan tersebut, pondasi dimodelkan sebagai perletakan jepit pada lantai dasar bangunan, yaitu pada ujung-ujung kolom bawah lantai dasar.

### 3.2.6 Pembebanan Struktur

Dalam tahap ini juga akan dihitung pembebanan yang bekerja pada struktur bangunan yang akan dirancang. Pembebanan struktur itu meliputi beban struktur yang terdiri dari beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*) dan beban tambahan lainnya jika diperlukan, serta perhitungan beban gempa baik beban gempa horizontal maupun beban gempa vertikal. Perhitungan beban gempa ini terdiri dari 2 macam, yaitu perhitungan gempa statik menggunakan metode statik ekuivalen dan perhitungan gempa dinamik dengan menggunakan metode spektrum respon. Perhitungan beban ini juga didasarkan dari studi literatur yang ada pada tahap sebelumnya. Berikut merupakan tahapan perhitungan beban gempa sesuai SNI 1726-2019 :

1. Menentukan kelas situs berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 5.3
2. Menentukan kategori resiko bangunan berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 4.1.2
3. Menentukan wilayah gempa berdasarkan daerah yang ditinjau sehingga didapatkan nilai percepatan batuan dasar pada periode pendek ( $S_s$ ) dan nilai percepatan batuan dasar pada periode 1 detik ( $S_I$ )
4. Menentukan koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  berdasarkan nilai  $S_s$  dan  $S_I$  yang telah didapatkan sebelumnya sesuai SNI 1726-2019 Pasal 6.2.
5. Menghitung parameter percepatan spektral desain berdasarkan rumus pada SNI 1726-2019 Pasal 6.3
6. Membuat grafik spektrum respon desain berdasarkan nilai  $S_{ds}$  dan  $S_{d_I}$  hasil perhitungan sebelumnya sesuai dengan SNI 1726-2019 Pasal 6.4. Grafik spektrum

respon desain tersebut merupakan perbandingan antara percepatan dan periode gempa yang bekerja.

7. Menentukan kategori desain seismik berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 6.5.
8. Perhitungan gaya geser gempa vertikal dan horizontal berdasarkan data-data yang telah didapatkan sebelumnya.

### 3.2.7 Perhitungan Gempa

Metode analisis beban gempa yang digunakan adalah metode analisis statis dan metode analisis dinamik (analisis ragam respons spektrum).

### 3.2.8 Tahapan Analisis Pemeriksaan Hasil Desain

Melakukan kontrol kemampuan struktur utama dari perencanaan yang sudah dilakukan yakni :

1. Kontrol Partisipasi Massa

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%.

2. Kontrol Waktu Getar Fundamental Struktur

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi dengan perumusan.

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \dots \dots \dots (3.1)$$

Dimana nilai parameter untuk SRBE adalah:

$$C_t = 0,0731$$

$$X = 0,75$$

$$h_n = \text{tinggi gedung}$$

### 3. Pemeriksaan Torsi Bangunan

Ketidakteraturan torsi pada struktur tidak diijinkan untuk struktur dengan katagori desain seismik E dan F. Selain itu pembesartorsi tak terduga seperti yang diatur dalam SNI 1726:2019 Pasal 7.8.4.3 juga harus ditinjau dengan faktor pembesaran torsi tak terduga  $A_x \leq 3$ .

$$\left( A_x = \frac{\delta_{max}}{1,2\delta_{avg}} \right)^2 \dots\dots\dots(3.2)$$

Dengan :

$\delta_{max}$  = perpindahan maksimum di tingkat x (mm) yang dihitung dengan mengasumsikan  $A_x = 1$  (mm)

$\delta_{vg}$  = adalah rata-rata perpindahan di titik-titik terjauh struktur di tingkat x yang dihitung dengan mengasumsikan  $A_x = 1$  (mm)

### 4. Pemeriksaan Pengaruh P-Delta

Menurut FEMA pengaruh P-Delta diperiksa dengan menggunakan Metode Statik Ekuivalen. Namun demikian pengaruh P-Delta dapat diperiksa dengan menggunakan metode respon spektrum berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.7 koefisien stabilitas,  $\theta$  yang ditentukan dengan perumusan :

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dengan :

$P_x$  = beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat-x, bila menghitung  $P_x$  faktor beban individu tidak perlu melebihi 1,0

$\Delta$  = simpangan antar tingkat desain seperti didefinisikan dalam 0, terjadi secara serentak dengan  $V_x$

$I_e$  = faktor keutamaan gempa

$V_x$  = gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan x – 1



$h_{sx}$  = tinggi tingkat di bawah tingkat  $x$

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi

tidak boleh melebihi  $\theta_{max}$  yang ditentukan dengan perumusan :

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \dots \dots \dots (3.4)$$

dimana  $\beta$  adalah rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara tingkat  $x$  dan  $x - 1$ . Rasio ini diizinkan secara konservatif diambil sebesar 1,0. Jika koefisien stabilitas  $\theta > \theta_{max}$  ,maka struktur berpotensi tidak stabil dan harus didesain ulang

5. Pemeriksaan Defleksi dan Simpangan Antar Tingkat

Dalam SNI 1726-2019 Pasal 7.12.1 nilai deformasi atau perpindahan (*Total Drift*) didapatkan dari hasil kumulatif simpangan antar lantai (*drift*). Deformasi atau perpindahan pusat massa ditingkat  $x$  ( $\delta_x$ ) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e}$$

Dimana:

$C_d$ : Faktor pembesaran defleksi

$I_e$  : Faktor keutamaan gempa

$\delta_{xe}$  : deformasi pada lokasi yang disyaratkan

Untuk simpangan antar lantai harus dibatasi agar tidak melebihi simpangan antar lantai ijin  $\Delta_a$  yang ditentukan berdasarkan tabel berikut :

**Tabel 3.1 Simpangan Antar Tingkat Ijin,  $\Delta_a^{a,b}$**

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

(Sumber: SNI 1726:2019)

6. Kolom (SNI 1729:2015 pasal E3)

Kolom merupakan elemen struktur yang menerima gaya tekan. Kolom menahan beban aksial melalui titik centroid. Komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor,  $N_u$  harus memenuhi syarat:

$$N_u \leq \phi N_n \rightarrow \phi = 0,9 \dots \dots \dots (3.5)$$

Dimana :

$P_n$  = kuat tekan nominal

$F_{cr}$  = tegangan kritis

$A_g$  = luas penampang bruto

a. Kontrol Tekuk Puntir (SNI 1729:2015 pasal E4)

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana :

$C_w$  = konstanta pilin, (mm<sup>6</sup>)

$G$  = modulus elastis geser dari baja (77200 MPa)

$K_z$  = faktor panjang efektif untuk tekuk torsi

$J$  = konstanta torsi ( $\text{mm}^4$ )

$I_x, I_y$  = momen inersia di sumbu utama ( $\text{mm}^4$ )

b. Persamaan interaksi antara gaya normal tekan dan lentur:

(SNI 1729:2015 pasal H1.1)

1. Momen lentur dominan

$$\frac{P_r}{P_c} \geq 0,20 \rightarrow \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,00 \dots \dots \dots (3.7)$$

2. Gaya aksial dominan

$$\frac{P_r}{P_c} \geq 0,20 \rightarrow \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,00 \dots \dots \dots (3.8)$$

Dimana :

$P_r$  = kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban desain faktor Beban dan Ketahanan (DFBK) atau Desain Kemampuan Izin (DKI) (N)

$P_c$  = kekuatan aksial tersedia (N)

$M_r$  = kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI (Nmm)

$M_c$  = kekuatan lentur tersedia (Nmm)

$x$  = indeks sehubungan dengan sumbu kuat lentur

$y$  = indeks sehubungan dengan sumbu lemah lentur

c. Amplifikasi momen (SNI 1729:2015 pasal 8.2)

Kekuatan lentur yang diperlukan,  $M_r$ , dan kekuatan aksial,  $P_r$ , dari semua komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut :

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{1t} \dots \dots \dots (3.9)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{1t} \dots \dots \dots (3.10)$$

Dimana :

$B_1$  = kekuatan Pengali untuk menghitung efek  $P-\delta$ , ditentukan untuk setiap Komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.

$B_2$  = Pengali untuk menghitung efek  $P-\delta$ , ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur.

$M_{1t}$  = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

$M_{nt}$  = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

$M_r$  = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK

$P_{1t}$  = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

$P_{nt}$  = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

$P_r$  = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK.

7. Balok (SNI 1729:2015 pasal F1)

Pada elemen balok bekerja gaya lentur dan gaya geser. Kapasitas lentur dan gaya geser harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\phi_b M_n > M_u \dots\dots\dots (3.11)$$

$$\phi_v V_n > V_u \dots\dots\dots (3.12)$$

Dengan  $\phi_b$  adalah faktor reduksi lentur dan  $\phi_v$  adalah faktor reduksi geser yang nilainya sebesar 0,9.

Pada perencanaan elemen balok harus dilakukan pengecekan terhadap hal-hal sebagai berikut :

- a. Cek terhadap kelangsingan penampang (SNI 03-1729- 2015 Tabel B4.1b)

sayap (*flange*) :

1. Penampang kompak

$$\lambda \leq \lambda_p \dots\dots\dots(3.13)$$

2. Penampang tidak kompak

$$\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r \dots\dots\dots(3.14)$$

badan (*web*) :

1. Penampang kompak

$$\lambda \leq \lambda_p \dots\dots\dots(3.15)$$

2. Penampang tidak kompak

$$\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r \dots\dots\dots(3.16)$$

b. Cek terhadap kapasitas lentur penampang

1. Penampang kompak

$$M_n = R_{pg} \cdot F_{cr} \cdot S_{xc} \dots\dots\dots(3.17)$$

2. Penampang tidak kompak

$$F_{cr} = \left[ F_y - (0,3 F_y) \left( \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \dots\dots\dots(3.18)$$

3. Untuk penampang langsing

$$F_{cr} = \frac{0,9 E k_c}{\left( \frac{b f}{2 t f} \right)^2} \dots\dots\dots(3.19)$$

Dimana :

$R_{pg}$  = faktor reduksi kekuatan lentur.

$F_{cr}$  = tegangan kritis.

$S_{xc}$  = modulus penampang elastis.

Secara umum harus dipenuhi persamaan :

$$M_u \leq \phi M_n \dots\dots\dots(3.20)$$

Dimana :

$M_n$  = momen nominal.

$M_u$  = momen ultimate.

c. Cek terhadap tekuk torsi lateral (SNI 1729-2015 Pasal F2.2)

1. Bentang pendek

Syarat bentang pendek:  $L_b < L_p$

2. Bentang menengah

Syarat bentang menengah:  $L_p \leq L_b \leq L_r$

3. Bentang panjang

Syarat bentang panjang:  $L_b > L_r$

d. Cek nominal geser (SNI 03-1729-2015 Pasal G2)

Kuat geser balok tergantung perbandingan antara tinggi bersih pelat badan ( $h$ ) dengan tebal pelat badan ( $tw$ ).

Pelat badan leleh (Plastis)

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \dots\dots\dots(3.21)$$

$$V_u \leq V_n \rightarrow \phi = 0,9 \dots\dots\dots(3.22)$$

Dimana :

$F_y$  = tegangan leleh baja.

$A_w$  = luas badan, tinggi keseluruhan dikali tebal badan ( $d \cdot tw$ ).

$C_v$  = koefisien geser badan.

$V_n$  = kuat geser nominal.

e. Kontrol kuat Tarik (SNI 03-1729-2015 Pasal D5)

Keruntuhan Tarik dan Geser

$$P_n = F_u (2tb_e) \dots\dots\dots(3.23)$$

$$P_n \leq 0,6 F_u A_{sf} \dots\dots\dots(3.24)$$

Dimana :

$P_n$  = kuat tekan nominal.

$F_u$  = kuat tarik baja.

$A_{sf}$  = luas geser pada jalur runtuh.

8. Link

a. Kuat Elemen *Link Beam*

Kekuatan (geser dan lentur) batas pada elemen link ditentukan dengan persamaan berikut :

$$M_p = Z_x f_y \dots\dots\dots(3.25)$$

$$V_p = 0,6f_y (h - 2t_f)t_w \dots\dots\dots(3.26)$$

Dimana :

$M_p$  = Momen plastis penampang

$Z_x$  = Modulus plastis penampang

$f_y$  = Tegangan leleh penampang

$V_p$  = Gaya geser plastis penampang

$h$  = Tinggi penampang

$t_f$  = Tebal flens

$t_w$  = Tebal web

b. Panjang Elemen *Link Beam*

*Link* geser (short links)

$$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p} \dots\dots\dots(3.27)$$

*Link* medium (intermediate links)

$$\frac{1,6M_p}{V_p} < e < \frac{2,6M_p}{V_p} \dots\dots\dots(3.28)$$

Link lentur (lonk links)

$$e \geq \frac{2,6M_p}{V_p} \dots\dots\dots(3.29)$$

Dimana :

$M_p$  = Momen plastis penampang =  $Z_x \cdot f_y$

$Z_x$  = Modulus plastis penampang link

$V_p$  = Gaya geser plastis penampang (badan) link =  $0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f)$

c. Sudut Rotasi Link Beam

1) 0,08 radian untuk panjang link  $e \leq 1,6M_p/V_p$

2) 0,02 radian untuk panjang link  $e \geq 2,6M_p/V_p$

3) Interpolasi linier antara 0,08 – 0,02 radian jika panjang link  $1,6M_p/V_p \leq e \leq 2,6M_p/V_p$

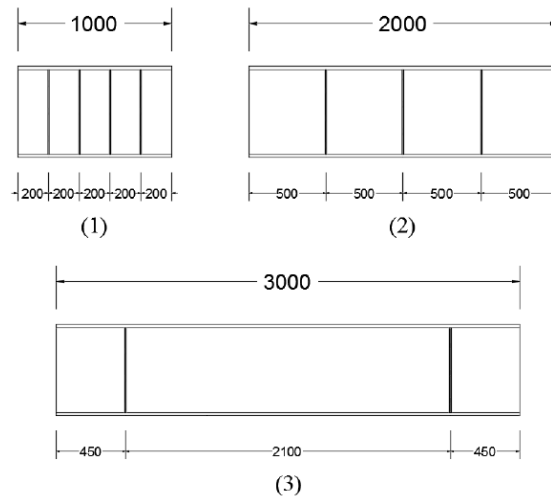
d. Pemodelan lanjutan dengan web stiffener pada balok link

Untuk pemberian web stiffener pada balok link mengacu pada AISC 360-10 yang diberikan dalam Tabel 3.2 dibawah ini :

**Tabel 3.2** Penentuan jarak pengaku badan (web stiffeners) berdasarkan AISC 360-10

No.	Panjang Link (mm)	Tipe Link	Rotasi	Jarak Pengaku Maksimum (mm)	Jarak Pengaku yang Dipakai (mm)
1	1000	Short link	0.08	242.2	200
			< 0.02	506.4	500
2	2000	Intermediate link		Dapat menggunakan syarat 1 dan 3	500
3	3000	Long link	0.02	450	450 dari tiap ujung link





**Gambar 3.5** Jarak *web stiffener* pada balok *link*

Untuk mendapatkan hasil secara utuh dalam satu kesatuan struktur (Portal), maka dalam pemodelan lanjutan ini dipilih konfigurasi *web stiffener* pada model spesimen pertama untuk *link* pendek dan model spesimen ketiga untuk *link* panjang dari penelitian eksperimental Yurisman et al. (2010) dan Budiono et al. (2011), sedangkan untuk *link* menengah disesuaikan dengan kondisi model *link* pendek. Bentuk konfigurasi *web stiffener* diberikan dalam Gambar 3.5 dengan ketebalan *diagonal web stiffener* yaitu tebal 10 mm

9. Sambungan

a. Sambungan baut (SNI 1729:2015 pasal J3.6)

Kuat geser:

$$R_n = F_n A_b \dots \dots \dots (3.30)$$

Kuat tumpu:

$$R_n = F_{nt} A_b \dots \dots \dots (3.31)$$

“Dari nilai diatas dipilih nilai terkecil”

Jumlah baut (n):

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} \dots \dots \dots (3.32)$$

Dimana :

$F_n$  = tegangan tarik nominal,  $F_{nt}$  , atau tegangan geser,  $F_{nv}$  , (MPa)

$A_b$  = luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir ( $\text{mm}^2$ )

$F_{nt}$  = tegangan tarik nominal,  $F_{nt}$  , atau tegangan geser,  $F_{nv}$  , (MPa)

b. Kontrol jarak baut

Jarak tepi minimum = 1,5 db

Jarak tepi maksimum =  $(4t_p + 100 \text{ mm})$  atau 200 mm

Jarak minimum antar baut = 3 db

Jarak maksimum antar baut = 15 tp atau 200 mm

c. Sambungan Las (SNI 1729:2015 pasal J2.3.4)

$$R_u \leq \phi R_n \dots\dots\dots (3.33)$$

Tahanan terhadap Bahan Dasar Las

$$R_n = F_{nw} A_{we} \dots\dots\dots (3.34)$$

Tahanan terhadap Bahan Dasar Baja

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \dots\dots\dots (3.35)$$

Dimana :

$F_{nBM}$  = tegangan nominal dari logam dasar, MPa  $F_{nw}$  =

tegangan nominal dari logam las, MPa  $A_{BM}$  = luas penampang logam

dasar,  $\text{mm}^2$

$A_{we}$  = luas efektif las,  $\text{mm}^2$