



## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Konfigurasi Pembebanan (SNI 1726:2019 dan SNI 1727:2020)

Pada tahap konfigurasi pembebanan, pembahasan difokuskan pada perencanaan *load case* respon spektrum dan *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) yang akan diaplikasikan pada gedung. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam perhitungan ini sebagai berikut.

#### 4.1.1 Respon spektrum

##### 1. Kategori risiko bangunan dan parameter struktur

Berdasarkan Tabel 2.11, bangunan laboratorium termasuk kategori risiko II. Faktor keutamaan gempa dan faktor koefisien modifikasi respon menurut SNI 1726:2019 dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$
I atau II	1
III	1,25
IV	1,5

(Sumber: SNI 1726:2019)

Tabel 4.2 Faktor Koefisien Modifikasi Respon Untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respon ( $R$ )
Rangka baja pemikul momen khusus	8
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8

(Sumber: Diolah kembali dari SNI 1726:2019)

Skala faktor dihitung dengan nilai koefisien modifikasi respon ( $R$ ) yang diperlihatkan pada Tabel 4.2 menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}\text{Skala faktor} &= \frac{g \times I_e}{R} \\ &= \frac{9,81 \times 1}{8} = 1,226\end{aligned}$$

##### 2. Menentukan klasifikasi situs tanah

Dalam menentukan klasifikasi situs pada tanah digunakan data tanah berupa



hasil uji SPT. Pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 dapat dilihat hasil perhitungan data N-SPT untuk lokasi bangunan pada titik uji 1 dan 2.

Tabel 4.3 Perhitungan N-SPT Titik 1

Kedalaman	$d$	$N$	$d/N$
0	0	0	0
2	2	14	0,143
4	2	14	0,143
6	2	60	0,033
8	2	24	0,083
10	2	41	0,049
12	2	47	0,043
14	2	55	0,036
16	2	60	0,033
18	2	60	0,033
20	2	60	0,033
22	2	60	0,033
24	2	60	0,033
26	2	60	0,033
28	2	60	0,033
30	2	60	0,033
<b>Jumlah</b>	30		0,797
$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$			37,653

Tabel 4.4 Perhitungan N-SPT Titik 2

Kedalaman	$d$	$N$	$d/N$
0	0	0	0
2	2	4	0,500
4	2	9	0,222
6	2	12	0,167
8	2	10	0,200
10	2	16	0,125
12	2	21	0,095
14	2	21	0,095
16	2	22	0,091
18	2	24	0,083
20	2	27	0,074
22	2	29	0,069
24	2	34	0,059
26	2	60	0,033



Tabel 4.4 Perhitungan N-SPT Titik 2 (Lanjutan)

Kedalaman	$d$	$N$	$d/N$
28	2	60	0,033
30	2	60	0,033
<b>Jumlah</b>	30		1,880
$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n N_i}$			15,953

Berdasarkan hasil perhitungan N-SPT pada 2 titik, sesuai dengan Tabel 2.12 klasifikasi situs tanah dikategorikan sebagai tanah sedang (SD) hal ini disebabkan karena nilai  $\bar{N}$  berada pada rentang 15-50.

### 3. Parameter respon spektrum percepatan gempa

Parameter respon spektrum percepatan gempa berfungsi sebagai kontrol ketika dilakukan *input load case* respon spektrum pada *software* SAP 2000. Adapun langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut.

#### a. Menentukan data parameter respon spektrum percepatan gempa

Data parameter respon spektrum percepatan gempa Kota Magelang diperoleh dari *website* <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/> yang diperlihatkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Respon Spektrum Percepatan Gempa Kota Magelang

Variabel	Nilai
$S_s$	0,776 g
$S_l$	0,382 g
$S_{DS}$	0,61 g
$S_{Dl}$	0,49 g
$T_0$	0,16 detik
$T_s$	0,80 detik
$T_L$	20 detik

(Sumber: Diunduh dari <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>)

#### b. Faktor amplifikasi gempa

Nilai faktor amplifikasi seismik diperoleh dari Tabel 2.13 dan 2.14. Penentuan nilai  $F_a$  dan  $F_v$  memperhatikan nilai  $S_s$  dan  $S_l$  serta kelas situs tanah yaitu dengan melakukan interpolasi pada nilai batas bawah dan batas atas yang digunakan. Untuk nilai  $S_s$  pada periode pendek ( $T = 0,2$  detik) = 0,776 g diperoleh nilai  $F_a$  sebesar 1,19 dan untuk nilai  $S_l$  pada periode 1



detik = 0,382 g diperoleh nilai  $F_a$  sebesar 1,92.

c. Spektral percepatan maksimum

Spektral percepatan maksimum pada periode pendek 0,2 detik ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) adalah:

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,19 \times 0,776 \text{ g} = 0,923 \text{ g}$$

$$S_{M1} = F_v \times S_I = 1,92 \times 0,382 \text{ g} = 0,732 \text{ g}$$

d. Spektral percepatan desain

Spektral percepatan desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan untuk periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) adalah:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,923 \text{ g} = 0,615 \text{ g}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,732 \text{ g} = 0,488 \text{ g}$$

e. Spektrum respon desain

Nilai periode pada respon spektrum dihitung sebagai berikut:

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,488}{0,615} = 0,159 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,488}{0,615} = 0,793 \text{ detik}$$

Nilai respon spektra percepatan dihitung berdasarkan beberapa ketentuan sesuai SNI 1726:2019 Pasal 6.4 yaitu:

Untuk  $T < T_0$  berdasarkan Persamaan 2.21

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

$$S_a = 0,615 \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{0,159} \right)$$

$$S_a = 0,246 + 2,32T$$

Untuk  $T \geq T_0$  dan nilai  $T \leq T_s$  berdasarkan Persamaan 2.22

$$S_a = S_{DS}$$

$$S_a = 0,615 \text{ g}$$

Untuk  $T \geq T_s$  dan  $T \leq T_L$  berdasarkan Persamaan 2.23

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

$$S_a = \frac{0,488}{T}$$

Untuk  $T > T_L$  berdasarkan Persamaan 2.24

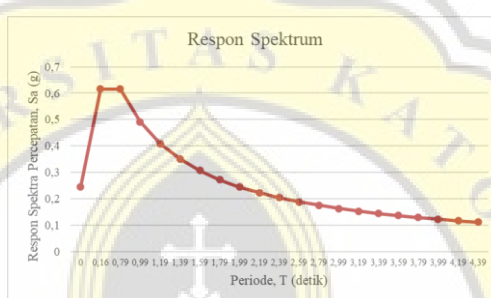


$$S_a = \frac{S_{D1} T L}{T^2}$$

$$S_a = \frac{0,488 \times 20}{T^2}$$

$$S_a = \frac{9,761}{T^2}$$

Hasil perhitungan yang diperoleh akan digunakan sebagai kontrol dan akan diinput pada *software* SAP2000. Setelah perhitungan dilakukan akan muncul grafik hubungan antara respon spektra percepatan terhadap periode yang digambarkan dalam bentuk kurva respon spektrum pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kurva Respon Spektrum

#### 4.1.2 Analisis load and resistance factor design

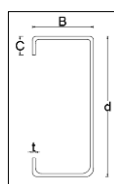
Pada tahap ini dilakukan pembebanan pada elemen-elemen struktur yang diawali dengan menginput *load cases*, *load patterns* dan *load combinations*. Untuk *load combinations* disesuaikan dengan SNI 1726:2012 Pasal 4.2.2. Nilai beban yang diinput pada SAP2000 sesuai dengan ketentuan yang ada pada PPPURG 1987 dan SNI 1727:2020. Adapun beban yang diinput antara lain:

a. Beban atap

Beban yang ada pada rangka atap antara lain:

1. Beban mati pada atap

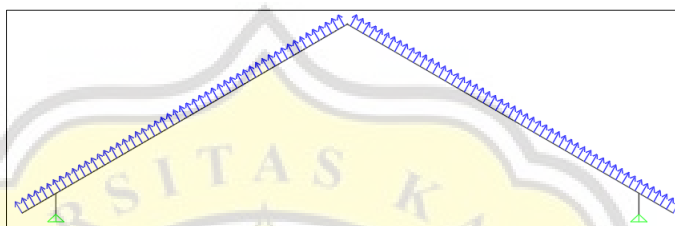
Gording *light lip channel*  $150 \times 65 \times 20 \times 3,2 = 7,51 \text{ kg/m}$ . (dapat dilihat pada Gambar 4.2)



Gambar 4.2 Penampang *Light Lip Channel*



- Penutup atap sesuai Tabel 2.2 = 0,48 kN/m<sup>2</sup>  
Plafon dan penggantung sesuai Tabel 2.2 = 0,15 kN/m<sup>2</sup>
2. Beban hidup pada atap  
Sesuai Tabel 2.5 = 1,33 kN
3. Beban angin pada atap  
Distribusi beban angin pada atap dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Distribusi Beban Angin Pada Atap

Perhitungan beban angin mengacu pada SNI 1727:2020 Pasal 27.3.1, yaitu:

$$\begin{aligned}K_h &= 0,918 \text{ (interpolasi linier nilai pada Tabel 3.7)} \\K_{zt} &= 1 \\K_d &= 0,85 \text{ (sesuai Tabel 3.8)} \\K_e &= 1 \\V &= 40 \text{ m/s} \\q_h &= 0,613 \times K_h \times K_{zt} \times K_d \times K_e \times V^2 \\&= 0,613 \times 0,918 \times 1 \times 0,85 \times 1 \times 40^2 \\&= 765,399 \text{ N/m}^2 \\G &= 0,85 \\C_p \text{ angin datang} &= -0,3 \text{ (sesuai dengan Tabel 3.4)} \\C_p \text{ angin pergi} &= -0,6 \text{ (sesuai dengan Tabel 3.4)} \\GC_{pi} &= 0,55 \\P \text{ angin datang} &= qGC_p - q_i(GC_{pi}) \\&= 765,399 \times 0,85 \times (-0,3) - 765,399 \times 0,5 \\&= -616,146 \text{ N/m}^2 = -0,616 \text{ kN/m}^2 \\P \text{ angin pergi} &= qGC_p - q_i(GC_{pi}) \\&= 765,399 \times 0,85 \times (-0,6) - 765,399 \times\end{aligned}$$



$$\begin{aligned} & 0,55 \\ & = -811,323 \text{ N/m}^2 = -0,811 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Luas bidang tegak lurus} & = \text{Jarak antar kuda-kuda} \times \text{panjang kaki} \\ & \text{kuda- kuda} \\ & = 4,333 \text{ m} \times 10,295 \text{ m} \\ & = 44,608 \text{ m}^2 \\ \text{Beban angin minimal} & = 0,38 \text{ kN/m}^2 \times \text{Luas bidang tegak lurus} \\ & = 0,38 \text{ kN/m}^2 \times 44,608 \text{ m}^2 \\ & = 16,951 \text{ kN} \\ \text{Beban tegak lurus} & = \text{Beban angin} \times \text{Panjang kaki kuda-kuda} \\ & \times \text{Jarak kuda-kuda} \\ & = -0,616 \text{ kN/m}^2 \times 10,295 \text{ m} \times 4,333 \text{ m} \\ & = -27,478 \text{ kN} \\ \text{Beban angin yang dipakai} & = 16,951 \text{ kN} < 27,478 \text{ kN} \\ & = 16,951 \text{ kN} \\ \text{Beban tegak lurus angin pergi} & = \text{Beban angin} \times \text{Panjang kaki kuda-kuda} \\ & \times \text{Jarak kuda-kuda} \\ & = -0,811 \times 10,295 \times 4,333 \\ & = -36,177 \text{ kN} \\ \text{Beban angin pergi yang dipakai} & = 16,951 \text{ kN} < 36,177 \text{ kN} \\ & = 16,951 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. Beban mati

Pada struktur bangunan beban mati meliputi:

1. Beban tangga

Adapun beban tangga yang *diinput* pada bangunan adalah beban anak tangga dengan nilai berat jenis sesuai Tabel 2.3 dihitung sebagai berikut:

$$q = \text{Berat jenis beton bertulang} \times \text{Tebal tegak lurus anak tangga} \times 0,5$$

$$q = 23,6 \text{ kN/m}^3 \times 0,146 \text{ m} \times 0,5$$

$$q = 1,72 \text{ kN/m}^2$$

2. Beban keramik

Nilai beban keramik yang *diinput* berdasarkan Tabel 2.2 sebesar 0,77





kN/m<sup>2</sup>

### 3. Beban dinding

Nilai berat jenis yang digunakan sesuai Tabel 2.4, pada lantai 1 bangunan memiliki tinggi yang berbeda dengan lantai berikutnya yang dapat dihitung sebagai berikut:

$$q = \text{Berat jenis dinding} \times h_1$$

$$q = 200 \text{ kg/m}^2 \times 3,5 \text{ m}$$

$$q = 700 \text{ kg/m}$$

$$q = \text{Berat jenis dinding} \times h_2$$

$$q = 200 \text{ kg/m}^2 \times 4 \text{ m}$$

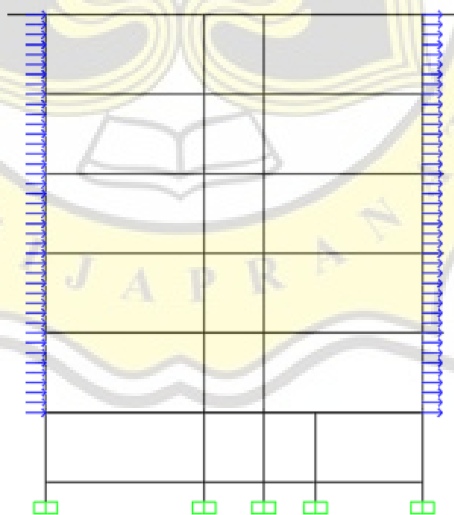
$$q = 800 \text{ kg/m}$$

### c. Beban hidup

Sesuai Tabel 2.5 = 4,79 kN

### d. Beban angin

Perhitungan beban angin pada bangunan mengacu pada SNI 1727:2020 Pasal 27.3.1. Distribusi beban angin pada bangunan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Distribusi Beban Angin Pada Bangunan

$$K_h = 0,918 \text{ (interpolasi linier nilai pada Tabel 3.7)}$$

$$K_z = 0,948 \text{ (interpolasi linier nilai pada Tabel 3.7)}$$

$$K_{zt} = 1$$

$$K_d = 0,85 \text{ (sesuai Tabel 3.8)}$$





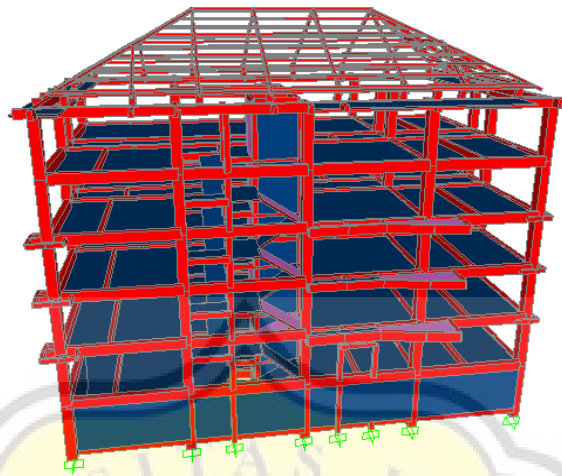
$$\begin{aligned}K_e &= 1 \\V &= 40 \text{ m/s} \\q_h &= 0,613 \times K_h \times K_{zt} \times K_d \times K_e \times V^2 \\&= 0,613 \times 0,918 \times 1 \times 0,85 \times 1 \times 40^2 \\&= 765,399 \text{ N/m}^2 \\q_z &= 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times K_e \times V^2 \\&= 0,613 \times 0,948 \times 1 \times 0,85 \times 1 \times 40^2 \\&= 789,953 \text{ N/m}^2 \\G &= 0,85 \\C_p \text{ angin datang} &= 0,8 \text{ (sesuai dengan Tabel 3.5)} \\C_p \text{ angin pergi} &= -0,3 \text{ (sesuai dengan Tabel 3.5)} \\GC_{pi} &= 0,55 \\P \text{ angin datang} &= qGC_p - q_i(GC_{pi}) \\&= 789,953 \times 0,85 \times 0,8 - 789,953 \times 0,5 \\&= 971,643 \text{ N/m}^2 = 0,972 \text{ kN/m}^2 \\P \text{ angin pergi} &= qGC_p - q_i(GC_{pi}) \\&= 765,399 \times 0,85 \times (-0,3) - 765,399 \times 0,55 \\&= -616,146 \text{ N/m}^2 = -0,616 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

## 4.2 Komputasi Numerik

Pembahasan pada subbab komputasi numerik meliputi pemodelan struktur bangunan menggunakan *software* SAP2000 dan analisis ketahanan gedung akibat pembebanan hasil LRFD.

### 4.2.1 Pemodelan struktur bangunan (struktur beton bertulang)

Pemodelan bangunan beton bertulang dimulai dengan menggambar *grid* sesuai dengan gambar kerja, dilanjutkan dengan *input* material beton bertulang dan baja tulangan dengan memperhatikan nilai berat jenis material, modulus elastisitas, nilai *poisson ratio* dan juga koefisien termal perlu disesuaikan dengan nilai yang ada pada SNI 1729:2020. Setelah itu dilanjutkan dengan *input* elemen struktur seperti balok, kolom, pelat. Kemudian menggambar *frame* pada *grid* 3 dimensi yang telah sehingga muncul hasil yang dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hasil Gambar 3D Pada SAP2000 Beton Bertulang

Setelah pemodelan pada bangunan beton bertulang selesai dilakukan akan diperoleh hasil *output* yaitu gaya dalam berupa gaya aksial, momen lentur dan juga gaya geser.

#### 4.2.2 Analisis ketahanan bangunan beton akibat LRFD

Pada tahap ini akan dilakukan analisis pada struktur bangunan menggunakan *software* SAP2000 yang akan diperoleh hasil *output* yaitu gaya dalam pada bangunan yang dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan 4.7.

Tabel 4.6 Hasil *Output* Balok Beton Bertulang Pada SAP2000

Balok	Output Pemodelan SAP 2000		
	Gaya Aksial (N)	Gaya Geser (N)	Momen (N.mm)
S1	94.863,96	-60.971,29	-82.063.640
S2	39.918,26	3.384,96	-1.955.730,8
B1	140.738,57	248.772,96	-397.349.708
B2	-106.811,99	-244.521,22	-269.044.572
B3	-82.088,41	191.391,43	220.785.676
B4	69.451,37	-124.001,01	-152.627.223
B5	56.043,07	50.290,36	-44.154.316
B6	74.757,65	154.894,29	-116.079.032
B6S	17.374,6	-7.083,87	-7.376.408,53
BK1	13.416,87	-47.324,63	-57.026.429
BK2	15.275,88	-72.540,26	-88.456.762
RB	-55.405,75	-2.268,31	-2.887.314,69



S = Sloof

B6S = Balok *separator lift*

BK = Balok kantilever

RB = Ring balok

Tabel 4.7 Hasil *Output* Kolom Beton Bertulang Pada SAP2000

Kolom	Output Pemodelan SAP 2000		
	Gaya Aksial (N)	Gaya Geser (N)	Momen (N.mm)
K1	-4.663.677,93	342.904,46	-307.892.564
K2	-2.491.355,19	91.856,97	-47.067.698
K3	-757.681,75	9.588,32	-19.292.977,4
K4	-105.832,64	96.570,67	86.889.015,77
K5	-154.676,29	343,14	901.175,37
K5A	-11.358,39	280,18	-714.712,1

K5A = Kolom pintu masuk gedung

Berdasarkan hasil *output* pada Tabel 4.6 nilai momen terbesar ada pada balok B1 yaitu sebesar -397.349.708 N.mm. Nilai momen terbesar terjadi pada kombinasi beban 1,2 D + 1,6 L. Hal ini karena berat struktur bangunan cukup besar. Sedangkan pada kolom dapat dilihat pada Tabel 4.7 nilai gaya geser terbesar terdapat pada kolom K1 yaitu sebesar 342.904,46 N.mm yang diakibatkan kombinasi beban 1,2 D +  $E_{h(x)}$  + L. Untuk nilai aksial terbesar juga terdapat pada kolom K1 sebesar -4.663.677,93 N, hal ini dipengaruhi oleh kombinasi beban 1,2 D + 1,6 L. Pada perencanaan struktur baja digunakan hasil *output* gaya dalam tanpa memperhitungkan berat sendiri struktur yang dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan 4.9.

Tabel 4.8 Hasil *Output* Balok Beton Bertulang Pada SAP2000 (Tanpa Berat Sendiri Struktur)

Balok	Output Pemodelan SAP 2000		
	Gaya Aksial (N)	Gaya Geser (N)	Momen (N.mm)
S1	58.365,84	36.989,31	49.971.634
S2	19.979,9	233,85	493.143,14
B1	91.339,5	201.750,28	314.548.807
B2	59.831,69	111.503,61	158.792.832



Tabel 4.8 Hasil *Output* Balok Beton Bertulang Pada SAP2000 (Tanpa Berat Sendiri Struktur) (Lanjutan)

Balok	Output Pemodelan SAP 2000		
	Gaya Aksial (N)	Gaya Geser (N)	Momen (N.mm)
B3	67.689,12	62.468,03	65.110.515,1
B4	57.293,53	108.709,52	132.666.522
B5	37.302,37	36.066,62	32.496.462
B6	40.244,83	99.353,49	72.493.316
B6S	11.852,31	2.050,94	3.893.251,53
BK1	13.027,2	17.955,1	16.724.128,5
BK2	15.068,97	26.187,24	24.222.969,3
RB	27.670,6	597,31	1.194.623,54

Tabel 4.9 Hasil *Output* Kolom Beton Bertulang Pada SAP2000 (Tanpa Berat Sendiri Struktur)

Kolom	Output Pemodelan SAP 2000		
	Gaya Aksial (N)	Gaya Geser (N)	Momen (N.mm)
K1	2.558.892,75	229.432,15	188.236.240,1
K2	1.236.856,59	66.071,65	31.062.891,9
K3	466.037,21	7.811,13	15.680.059,1
K4	85.551,6	80.093,05	70.883.769,08
K5	57.335,53	75,91	710.453,09
K5A	11,26	142,63	352.423,31

Pada perencanaan balok digunakan nilai momen dan gaya geser, sedangkan untuk kolom digunakan nilai gaya aksial.

### 4.3 Perencanaan Struktur Baja

Perencanaan struktur baja akan dimulai setelah analisis LRFD selesai dilakukan. Hasil pemodelan berupa momen, gaya geser dan gaya aksial akan digunakan dalam perencanaan. Untuk mutu baja yang digunakan adalah BJ 37 ( $f_y = 240$  MPa,  $f_u = 370$  MPa). Profil baja yang digunakan mengacu pada profil PT Gunung Garuda. Adapun perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

#### 4.3.1 Perencanaan balok

Data yang digunakan pada perencanaan balok adalah momen dan gaya geser yang diperoleh dari hasil pemodelan bangunan beton bertulang. Perhitungan untuk



perencanaan balok dapat dilihat sebagai berikut:

### 1. Momen lentur

Perhitungan mengacu pada SNI 1729:2020 Pasal F2.1. Contoh perhitungan dilakukan pada balok S2 dan untuk selanjutnya akan diperlihatkan pada Tabel 4.10, dengan nilai momen pada balok yang dihitung diperoleh dari hasil pemodelan beton bertulang sebesar 493143,14 N.mm.

$$\begin{aligned}M_u &= \phi_b M_n \\493.143,14 \text{ N.mm} &= 0,9 \times (Z_x \cdot f_y) \\493.143,14 \text{ N.mm} &= 0,9 \times (Z_x \cdot 240 \text{ MPa}) \\Z_x &= \frac{493.143,14 \text{ N.mm}}{0,9 \times 240 \text{ MPa}} \\Z_x &= 2.283,07 \text{ mm}^3 = 2,283 \text{ cm}^3 \text{ (Nilai digunakan sebagai} \\&\text{batas minimum } Z_x \text{ pada profil baja)}\end{aligned}$$

### 2. Defleksi

Perhitungan mengacu pada SNI 1729-2002 Pasal 6.4.3, dengan menggunakan nilai bentang terpanjang sebesar 8 m.

$$\begin{aligned}\Delta_{ijin} &= L / 360 \\ \Delta_{ijin} &= \frac{8.000 \text{ mm}}{360} \\ \Delta_{ijin} &= 22,2 \text{ mm} \\ \Delta &= \frac{5 M L^2}{48 E I} \\ 22,2 \text{ mm} &= \frac{5 \cdot 493.143,14 \text{ N.mm} \cdot (8.000 \text{ mm})^2}{48 \cdot 200.000 \text{ MPa} \cdot I} \\ I &= \frac{5 \cdot 493.143,14 \text{ N.mm} \cdot (8.000 \text{ mm})^2}{48 \cdot 200.000 \text{ MPa} \cdot 22,2 \text{ mm}} \\ I &= 739.714,71 \text{ mm}^4 = 73,972 \text{ cm}^4 \text{ (Nilai digunakan sebagai} \\ &\text{batas minimum } I_x \text{ pada profil baja)}\end{aligned}$$

### 3. Kuat geser

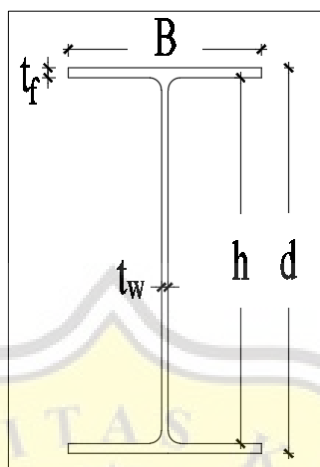
Kontrol kuat geser akan mengacu pada SNI 1729:2020 Pasal G2.1 dan G2.3. Nilai gaya geser yang diperoleh dari hasil pemodelan sebesar 36989,31 N.

Dicoba menggunakan profil baja IWF 150 × 75 × 5 × 7 yang dapat dilihat pada Gambar 4.6, sehingga dihitung sebagai berikut:

$$Z_x \text{ profil} = 88,8 \text{ cm}^3$$



$$I_{\text{profil}} = 666 \text{ cm}^3$$



Gambar 4.6 Penampang IWF (I Wide Flange)

$$\begin{aligned} h / t_w &\leq 2,46 \sqrt{E/f_y} \\ \frac{(150 \text{ mm} - 2 \times 7 \text{ mm})}{5 \text{ mm}} &\leq 2,46 \sqrt{200.000 \text{ MPa}/240 \text{ MPa}} \\ 27,2 &\leq 71,014 \text{ (Sesuai dengan ketentuan pada SNI 1729:2020} \\ &\text{Pasal G2.3 profil tidak membutuhkan pengaku} \\ &\text{transversal, sehingga nilai } k_v = 5,24). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h / t_w &\leq 1,10 \sqrt{k_v E / f_y} \\ 136 \text{ mm} / 5 \text{ mm} &\leq 1,10 \sqrt{5,24 \cdot 200000 \text{ MPa} \cdot 240 \text{ MPa}} \\ 27,2 &\leq 72,689 \end{aligned}$$

Sehingga nilai  $C_{v1}$  adalah 1,0

$$\begin{aligned} V_n &= \phi_v 0,6 f_y A_w C_{v1} \\ 233,85 \text{ N} &= 1 \times 0,6 \times 240 \text{ MPa} \times A_w \times 1,0 \end{aligned}$$

$$A_w = \frac{233,85 \text{ N}}{1 \times 0,6 \times 240 \times 1,0}$$

$$A_w = 1,624 \text{ mm}^2$$

Cek nilai  $A_w$  pada profil

$$A_w = d \cdot t_w$$

$$A_w = 150 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm}$$

$$A_w = 750 \text{ mm}^2 > 1,624 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$





Hasil perhitungan untuk perencanaan balok lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Perencanaan Balok Struktur Baja

Balok	Momen (N.mm)	Gaya geser (N)	Z <sub>x</sub> hitung (cm <sup>3</sup> )	I hitung (cm <sup>4</sup> )	A <sub>w</sub> hitung (mm <sup>2</sup> )	Dicoba profil (mm)	Z <sub>x</sub> profil (cm <sup>3</sup> )	I profil (cm <sup>4</sup> )	A <sub>w</sub> profil (mm <sup>2</sup> )	Cek
S1	49.971.634	36.989,31	231,35	7.495,745	256,87	HC 372 × 124 × 5 × 8	440,3	8.189,6	18.600	OK
B1	314.548.80 7	201.750,2 8	1.456,24 4	47.182,321	1.401,0 44	HC 450 × 200 × 10 × 16	2.126,9	47.854,8	4.500	OK
B2	158.792.83 2	111.503,6 1	735,152	23.818,925	774,331	HC 375 × 250 × 9 × 14	1.358,8	25.477,5	3.375	OK
B3	65.110.515, 1	62.468,03	301,438	9.766,577	433,806	HC 300 × 200 × 8 × 12	742,6	11.139	2.400	OK
B4	132.666.52 2	108.709,5 2	614,197	19.899,978	754,927	HC 375 × 250 × 9 × 14	1.358,8	25.477,5	3.375	OK
B5	32.496.462	36.066,62	150,447	4.874,469	250,463	HC 372 × 124 × 5 × 8	440,3	8.189,6	18.600	OK
B6	72.493.316	99.353,49	335,617	10.873,997	689,955	HC 300 × 200 × 8 × 12	742,6	11.139	2.400	OK
B6S	3.893.251,5 3	2.050,94	18,024	583,988	14,243	150 × 75 × 5 × 7	88,8	666	750	OK
BK1	16.724.128, 5	17.955,1	77,427	2.508,619	124,688	200 × 150 × 6 × 9	271	2.630	1.200	OK
BK2	24.222.969, 3	26.187,24	112,143	3.633,445	181,856	250 × 125 × 6 × 9	324	4.050	1.500	OK
RB	1.194.623,5 4	597,31	5,531	179,194	4,148	150 × 75 × 5 × 7	88,8	666	750	OK

HC = Honey Comb

Dalam perencanaan kuat geser balok baja walaupun hasil profil yang diperoleh tidak membutuhkan pengaku transversal tetapi pada pelaksanaan tetap dipasang pengaku transversal dengan ketebalan yang disamakan dengan tebal *flange*, hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya tekuk lokal (*local buckling*).

### 4.3.2 Perencanaan kolom

Perhitungan pada perencanaan kolom mengacu pada SNI 1729:2020 Pasal E3,





contoh perhitungan dilakukan pada kolom K1 dan untuk selanjutnya akan diperlihatkan pada Tabel 4.11, perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

Profil baja dicoba menggunakan profil baja tipe *king cross*  $400 \times 200 \times 8 \times 13$  yang dapat dilihat pada Gambar 4.7.

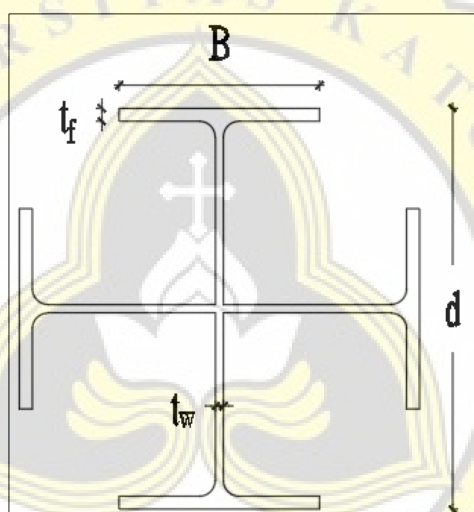
$$A_g \text{ profil} = 126,28 \text{ cm}^2$$

$$r = 16 \text{ cm} = 160 \text{ mm}$$

$$L = 4 \text{ m} = 4.000 \text{ mm}$$

$$k = 0,7 \text{ (sesuai dengan Gambar 3.7 menggunakan tumpuan jepit sendi)}$$

$$P = 2.558.892,75 \text{ N (Berdasarkan hasil pada Tabel 4.9)}$$



Gambar 4.7 Penampang *King Cross*

Cek kondisi nilai tegangan kritis, ( $F_{cr}$ ), yaitu:

$$\frac{kL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{0,7 \cdot 4000 \text{ mm}}{160 \text{ mm}} \leq 4,71 \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{240 \text{ MPa}}}$$

$$17,5 \leq 135,966$$

Karena  $\frac{kL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$  maka nilai  $f_{cr} = (0,658 \frac{f_y}{f_e}) f_y$

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{kL}{r}\right)^2}$$



$$f_e = \frac{\pi^2 \times 200.000 \text{ MPa}}{\left(\frac{0,7 \times 4.000 \text{ mm}}{160 \text{ mm}}\right)^2}$$
$$f_e = 6.445,46 \text{ MPa}$$
$$f_{cr} = (0,658 \frac{240 \text{ MPa}}{6.445,46 \text{ MPa}}) 240 \text{ MPa}$$
$$f_{cr} = 236,289 \text{ MPa}$$

Sehingga akan dihitung dengan persamaan:

$$P_n = F_{cr} A_g$$
$$2.558.892,75 \text{ N} = 236,289 \text{ MPa} \times A_g$$
$$A_g = \frac{2.558.892,75 \text{ N}}{236,289 \text{ MPa}}$$
$$A_g = 10.829,5 \text{ mm}^2 = 108,295 \text{ cm}^2$$

Cek nilai  $A_g$  pada profil

$$A_g \leq A_{g \text{ profil}} = 108,295 \text{ cm}^2 \leq 126,28 \text{ cm}^2 \text{ (OK)}$$

Hasil perhitungan kolom selanjutnya akan diperlihatkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Perencanaan Kolom Struktur Baja

Kolom	Coba profil (mm)	r (mm)	$P_n$ (N)	$f_e$	$f_{cr}$	$A_g$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{g \text{ profil}}$ (cm <sup>2</sup> )	Cek
K2	KC 248 × 124 × 5 × 8	120	1.236.856,59	3.625,569	233,442	52,984	65,36	OK
K3	KC 150 × 75 × 5 × 7	80	466.037,21	1.611,364	225,495	20,667	35,7	OK
K4	KC 150 × 75 × 5 × 7	80	85.551,6	1.611,364	225,495	3,794	35,7	OK
K5	KC 150 × 75 × 5 × 7	80	57.335,53	1.611,364	225,495	2,543	35,7	OK
K5S	KC 150 × 75 × 5 × 7	80	11,26	1.611,364	225,495	0,000499	35,7	OK

KC = *King Cross*

### 4.3.3 Perencanaan sambungan

Pada tahap perencanaan sambungan dibagi menjadi dua yaitu sambungan baut dan juga sambungan las.

#### 1. Sambungan baut



Sambungan baut digunakan pada kolom dan balok induk serta balok induk dan balok anak.

a. Kolom dan balok induk

Pada perhitungan ini yang digunakan adalah kolom K1 dan balok B1, yaitu:

Mutu baut = A307 (dengan ulir di bidang geser)

Diameter = 16 mm

$F_{nt}$  = 310 MPa (Sesuai Tabel 2.8)

$F_{nv}$  = 186 MPa (Sesuai Tabel 2.8)

Gaya geser = 229.432,15 N (Sesuai Tabel 4.9 digunakan nilai terbesar)

Cek kuat tarik baut:

$$R_{nt} = \phi F_{nt} A_b$$

$$R_{nt} = 0,75 \times 310 \text{ MPa} \times \frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2$$

$$R_{nt} = 46.746,9 \text{ N/baut}$$

Cek kuat geser baut:

$$R_{nv} = \phi F_{nv} A_b$$

$$R_{nv} = 0,75 \times 186 \text{ MPa} \times \frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2$$

$$R_{nv} = 28.048,14 \text{ N/baut}$$

Dari perhitungan tersebut digunakan nilai tahanan terkecil untuk menentukan jumlah baut sehingga:

$$n = \frac{\text{Gaya geser}}{R_n}$$

$$n = \frac{229.432,15 \text{ N}}{28.048,14 \text{ N/baut}}$$

$$n = 8,18 \text{ baut} \approx 10 \text{ baut}$$

Tebal profil penyambung

Untuk menentukan tebal profil penyambung digunakan profil baja B1 yang telah dihitung pada Tabel 4.4. Perhitungan mengacu pada SNI 03-1729-2002 Pasal 15.7.3.

$$t \geq \frac{(h + b)}{90}$$

$$t \geq \frac{(468 \text{ mm} + 200 \text{ mm})}{90}$$



$$t \geq 7,422 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

Jarak antar baut

Penentuan jarak antar baut mengacu pada SNI Pasal J3.

$$3d_b \leq s \leq 12t_p$$

$$3 \times 16 \text{ mm} \leq s \leq 12 \times 10 \text{ mm}$$

$$48 \text{ mm} \leq s \leq 120 \text{ mm}, \text{ maka nilai } s = 100 \text{ mm}$$

Sedangkan jarak minimum pusat baut ke tepi pelat sesuai dengan SNI 1729-2020 Tabel J3.4m adalah 22 mm.

b. Balok dan balok anak

Pada perhitungan ini yang digunakan adalah balok B1 dan balok B4, yaitu:

Mutu baut = A307 (dengan ulir di bidang geser)

Diameter = 16 mm

$F_{nt}$  = 310 MPa (Sesuai Tabel 2.8)

$F_{nv}$  = 186 MPa (Sesuai Tabel 2.8)

Gaya geser = 108.709,52 N (Sesuai Tabel 4.6)

Cek kuat tarik baut:

$$R_{nt} = \phi F_{nt} A_b$$

$$R_{nt} = 0,75 \times 310 \text{ MPa} \times \frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2$$

$$R_{nt} = 46.746,9 \text{ N/baut}$$

Cek kuat geser baut:

$$R_{nv} = \phi F_{nv} A_b$$

$$R_{nv} = 0,75 \times 186 \text{ MPa} \times \frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2$$

$$R_{nv} = 28.048,14 \text{ N/baut}$$

Dari perhitungan tersebut digunakan nilai tahanan terkecil untuk menentukan jumlah baut sehingga:

$$n = \frac{\text{Gaya geser}}{R_n}$$

$$n = \frac{108.709,52 \text{ N}}{28.048,14 \text{ N/baut}}$$

$$n = 3,88 \text{ baut} \approx 6 \text{ baut}$$



### Tebal profil penyambung

Untuk menentukan tebal profil penyambung digunakan profil baja B4 yang telah dihitung pada Tabel 4.4. Perhitungan mengacu pada SNI 03-1729-2002 Pasal 15.7.3.

$$t \geq \frac{(h+b)}{90}$$

$$t \geq \frac{(332 \text{ mm} + 175 \text{ mm})}{90}$$

$$t \geq 5,63 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

### Jarak antar baut

Penentuan jarak antar baut mengacu pada SNI Pasal J3.

$$3d_b \leq s \leq 12t_p$$

$$3 \times 16 \text{ mm} \leq s \leq 12 \times 10 \text{ mm}$$

$$48 \text{ mm} \leq s \leq 120 \text{ mm, maka nilai } s = 100 \text{ mm}$$

Sedangkan jarak minimum pusat baut ke tepi pelat sesuai dengan SNI 1729-2020 Tabel J3.4m adalah 22 mm.

## 2. Sambungan las

Sambungan las digunakan untuk menghubungkan baja profil terhadap pelat lekat sebelum disambung dengan baut. Panjang las dihitung berdasarkan daerah yang dilas.

Mutu logam las BJ 37

$$F_{nw} = 370 \text{ MPa}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{Ukuran minimum las} = 5 \text{ mm (Berdasarkan Tabel 2.6)}$$

$$\text{Ukuran maksimum las} = 8 \text{ mm}$$

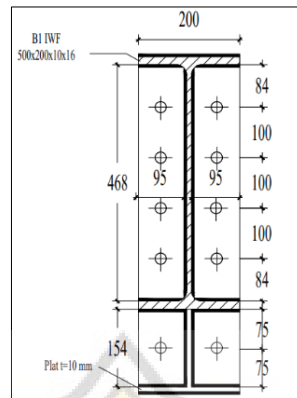
$$\text{Ukuran las diambil} = 5 \text{ mm}$$

$$t_e = 0,707 \times 5 = 3,535 \text{ mm}$$

Perhitungan las dapat dilihat sebagai berikut:

### a. Kolom dan balok induk

Panjang daerah las dapat dilihat pada Gambar 4.8.

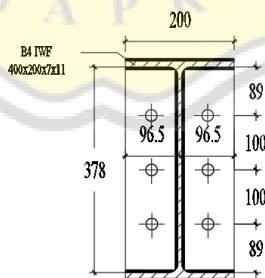


Gambar 4.8 Daerah Las Kolom Dan Balok Induk

$$\begin{aligned}
 L_{w1} &= (200 \text{ mm} \times 2) + (95 \text{ mm} \times 8) \\
 &= 1.160 \text{ mm} \\
 L_{w2} &= (468 \text{ mm} \times 2) + (154 \text{ mm} \times 2) \\
 &= 1.244 \text{ mm} \\
 L_w &= L_{w1} + L_{w2} \\
 &= 1.160 \text{ mm} + 1.244 \text{ mm} = 2.404 \text{ mm} \\
 R_n &= \phi F_{nw} A_{we} \\
 &= 0,75 \times 370 \text{ MPa} \times 3,535 \text{ mm} \times 2.404 \text{ mm} \\
 &= 2.358.233,85 \text{ N} > V_u = 229.432,15 \text{ N} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

b. Balok induk dan balok anak

Panjang las dihitung berdasarkan daerah las yang diperlihatkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Daerah Las Balok Induk Dan Balok Anak

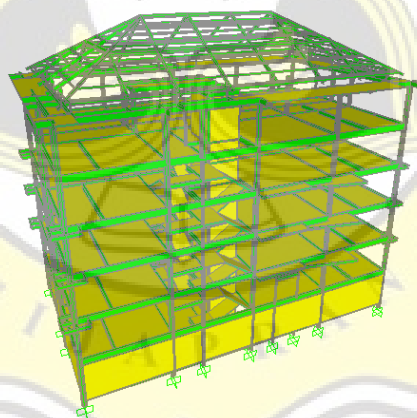
$$\begin{aligned}
 L_{w1} &= (200 \text{ mm} \times 2) + (96,5 \text{ mm} \times 4) \\
 &= 786 \text{ mm} \\
 L_{w2} &= 378 \text{ mm} \times 2
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} &= 756 \text{ mm} \\ L_w &= L_{w1} + L_{w2} \\ &= 786 \text{ mm} + 756 \text{ mm} \\ &= 1.542 \text{ mm} \\ \phi R_n &= \phi F_{nw} A_{we} \\ &= 0,75 \times 370 \text{ MPa} \times 3,535 \text{ mm} \times 1.542 \text{ mm} \\ &= 1.512.644,18 \text{ N} > V_u = 201.750,28 \text{ N} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

#### 4.3.4 Pemodelan dan analisis LRFD bangunan baja

Setelah diperoleh hasil perencanaan struktur baja dari perhitungan, pemodelan akan diawali dengan menginput material baja sesuai dengan mutu baja yang digunakan. Sifat teknis baja perlu disesuaikan dengan ketentuan yang ada pada SNI 1729:2020. Untuk profil pada elemen struktur perlu disesuaikan dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada balok dan kolom. Untuk hasil struktur yang telah digambar dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Hasil Gambar 3D Pada SAP2000 Baja

Setelah pemodelan pada struktur baja telah selesai maka akan diperoleh gaya dalam pada bangunan baja yang dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan 4.13.

Tabel 4.12 Hasil *Output* Balok Baja Pada SAP2000

Balok	Output Pemodelan SAP 2000		
	Gaya Aksial (N)	Gaya Geser (N)	Momen (N.mm)
S1	34.246,18	38.271,98	-51.752.496





Tabel 4.12 Hasil *Output* Balok Baja Pada SAP2000 (Lanjutan)

Balok	Output Pemodelan SAP 2000		
	Gaya Aksial (N)	Gaya Geser (N)	Momen (N.mm)
S2	16.982,95	320,04	-185.622,52
B1	104.262,7	205.537,38	-324.335.866
B2	-88.428,43	-207.525,85	-226.949.508
B3	-98.230,9	176.352,12	256.102.803,7
B4	146.642,89	-124.775,91	193.288.520,8
B5	62.926,43	64.782,33	-72.447.708
B6	67.827,54	-83.706,19	-129.350.660
B6S	15.039,36	-1.522,77	-2.669.741,26
BK1	9.355,11	-74.904,33	-89.046.380
BK2	8.686,36	-76.199,61	-92.650.885
RB	45.392,36	-4.903,84	-9.402.198,81

Tabel 4.13 Hasil *Output* Kolom Baja Pada SAP2000

Kolom	Output Pemodelan SAP 2000		
	Gaya Aksial (N)	Gaya Geser (N)	Momen (N.mm)
K1	-3.702.104,48	-316.462,34	-220.401.701
K2	-283.1815,25	96.291,49	-56.607.645
K3	-476.807,33	1.916,94	1.147.887,87
K4	-130.931,39	-108.277,44	-59.842.101
K5	-96.700,92	128,96	321.270,02
K5A	-1.860,57	137,35	-236.293,44

Berdasarkan hasil *output* pada Tabel 4.12 dan 4.13 diperoleh hasil nilai gaya aksial maksimal sebesar -3.702.104,48 N akibat kombinasi beban 1,2 D + 1,6 L dengan gaya geser sebesar -316.462,34 N pada kolom K1 akibat kombinasi beban 1,2 D +  $E_{h(x)}$  + L terdapat pada kolom K1, untuk momen diperoleh nilai sebesar -324.335.866 N.mm akibat kombinasi beban 1,2 D + 1,6 L yang terjadi pada balok B1.

#### 4.4 Analisis Perilaku Struktur

Perilaku struktur beton bertulang dan struktur baja yang diperoleh dari hasil *output* program SAP2000 terdiri dari gaya dalam struktur, perpindahan (*displacement*), dan gaya geser dasar (*base shear*) yang akan dijelaskan sebagai berikut.



#### 4.4.1 Gaya dalam struktur

Gaya dalam struktur merupakan *output* struktur yang dihasilkan dari pembebanan yang diberikan kepada struktur. Nilai gaya dalam dipengaruhi oleh jenis dan nilai beban yang diberikan serta berat sendiri struktur tersebut. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada struktur beton bertulang dan baja, nilai gaya dalam pada struktur beton bertulang lebih besar jika dibandingkan dengan struktur baja. Perbedaan nilai gaya dalam dipengaruhi oleh berat struktur beton bertulang yang lebih besar dibandingkan berat struktur baja. Dimensi serta penampang dari kedua struktur juga akan mempengaruhi besaran nilai gaya dalam yang dihasilkan. Komponen struktur K1 sebagai kolom utama menerima beban yang dialirkan dari berat struktur di atasnya menghasilkan gaya aksial berdasarkan kombinasi beban  $1,2 D + 1,6 L$ . Kolom K1 juga menerima beban gempa respon spektrum sehingga menghasilkan nilai gaya geser maksimal sesuai dengan kombinasi beban  $1,2 D + E_{h(x)} + L$ . Pada komponen struktur balok B1 menerima berat struktur pelat lantai serta beban dinding yang berada di atas balok sehingga menghasilkan momen terbesar dengan kombinasi beban  $1,2 D + 1,6 L$ .

#### 4.4.2 Perpindahan (*displacement*)

Nilai perpindahan yang disebabkan oleh gaya lateral yang berasal dari beban angin maupun beban gempa respon spektrum terjadi pada struktur beton bertulang arah x dan y berdasarkan *output* dari program SAP2000 diperlihatkan pada Tabel 4.14 dan 4.15. Nilai tersebut perlu di kontrol terhadap simpangan ijin yang dihitung dengan Persamaan 2.49 yaitu:

$$\Delta_{ijin} = \frac{0,03}{R} \times h$$

$$\Delta_{ijin} = \frac{0,03}{8} \times 3,5 \text{ m} = 0,013125 \text{ m} = 13,125 \text{ mm}$$

Tabel 4.14 *Displacement* Pada Struktur Beton Bertulang

Lantai	Tinggi Tingkat (mm)	<i>Displacement</i> arah x (mm)	Simpangan antar lantai arah x (mm)	<i>Displacement</i> arah y (mm)	Simpangan antar lantai arah y (mm)
1	3500	-0,157	-0,157	-0,139	-0,139
2	4000	-0,374	-0,217	-0,274	-0,135
3	4000	-3,708	-3,334	4,486	4,76
4	4000	-7,458	-3,75	9,748	5,262



Tabel 4.14 *Displacement* Pada Struktur Beton Bertulang (Lanjutan)

Lantai	Tinggi Tingkat (mm)	<i>Displacement</i> arah x (mm)	Simpangan antar lantai arah x (mm)	<i>Displacement</i> arah y (mm)	Simpangan antar lantai arah y (mm)
5	4000	11,089	18,547	14,416	4,668
6	4000	14,224	3,135	18,025	3,609
Lantai Atap	0	16,992	2,768	20,924	2,899

Berdasarkan data dari Tabel 4.14 Nilai perpindahan maksimal dari struktur beton bertulang arah x yaitu sebesar 16,992 mm dan untuk arah y sebesar 20,924 mm. Nilai perpindahan pada struktur baja arah x dan y dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 *Displacement* Pada Struktur Baja

Lantai	Tinggi Tingkat (mm)	<i>Displacement</i> arah x (mm)	Simpangan antar lantai arah x (mm)	<i>Displacement</i> arah y (mm)	Simpangan antar lantai arah y (mm)
1	3500	0,546	0,546	0,146	0,146
2	4000	-0,489	-1,035	0,399	0,253
3	4000	-6,164	-5,675	-6,149	-6,548
4	4000	-13,323	-7,159	-13,326	-7,177
5	4000	-18,291	-4,968	-19,605	-6,279
6	4000	-24,493	-6,202	-24,139	-4,534
Lantai Atap	0	-31,154	-6,661	-28,192	-4,053

Berdasarkan data dari Tabel 4.15 nilai perpindahan maksimal dari struktur baja arah x yaitu sebesar 31,154 mm dan untuk arah y sebesar 28,192 mm. Dari perhitungan diperoleh nilai simpangan ijin sebesar 13,125 mm, sehingga nilai simpangan antar lantai pada struktur baja masih memenuhi nilai simpangan ijin. Sedangkan nilai simpangan antar lantai pada struktur beton bertulang pada lantai 5 tidak memenuhi syarat simpangan ijin. Hal tersebut berpotensi terjadinya keruntuhan pada lantai itu. Nilai perpindahan dari struktur baja yang lebih besar dari nilai perpindahan struktur beton bertulang mengindikasikan struktur baja mempunyai kemampuan untuk bergerak secara lateral saat terkena beban gempa dan struktur baja mempunyai sifat yang lebih *ductile* serta lebih fleksibel. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Pratama dkk, (2021) dengan meningkatkan kekakuan pada struktur bangunan akan mengurangi nilai perpindahan (*displacement*) yang terjadi. Selain itu karena nilai simpangan antar lantai yang melebihi simpangan ijin pada struktur beton bertulang



mengindikasikan struktur mengalami keruntuhan.

#### 4.4.3 Gaya geser dasar (*base shear*)

Nilai gaya geser dasar dari struktur beton bertulang dan struktur baja berdasarkan *output* program SAP2000 dapat dilihat pada Tabel 4.16.

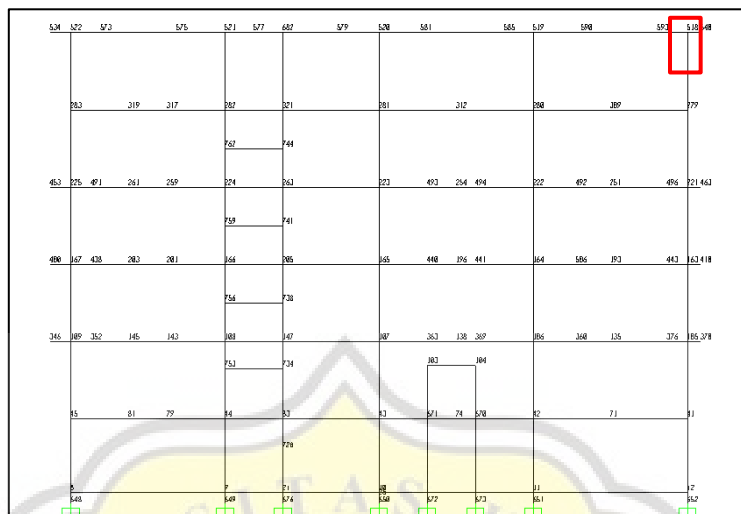
Tabel 4.16 Hasil Gaya Geser Dasar

Jenis Struktur	Gaya Geser dasar		
	Global FX (N)	Global FY (N)	Global FZ (N)
Beton Bertulang	2.495.278,05	-1.101.084,3	85.688.754,76
Baja	1.149.996,1	-953.474,22	67.480.116,82

Berdasarkan Tabel 4.16 diperoleh hasil nilai gaya geser tertinggi berada di arah Z, hal ini disebabkan karena adanya gelombang gempa *s-wave* yang menghasilkan gaya arah tegak lurus terhadap arah rambat gelombang. Gelombang gempa terjadi di bagian dalam bumi dan permukaan bumi. Pada kasus kali ini, gelombang gempa terjadi di dalam bumi (*body wave*). *Body wave* dibagi menjadi dua yaitu primer (P) yang memiliki arah searah dengan arah rambatan dan sekunder (S) yang memiliki arah tegak lurus terhadap arah dengan arah rambatan dan memiliki dampak kerusakan yang lebih besar (Wahyuni dkk, 2017). Nilai gaya geser dasar struktur beton bertulang lebih besar dari pada struktur baja karena dipengaruhi nilai berat struktur beton bertulang yang lebih besar dari pada berat struktur baja. Hal ini didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Hilmi dkk, (2019) yang menyatakan bahwa gaya geser pada suatu struktur bangunan disebabkan oleh berat struktur bangunan tersebut. Selain itu gaya geser dasar juga dipengaruhi oleh kekakuan dari struktur tersebut, nilai kekakuan yang tinggi akan mengakibatkan peningkatan pada gaya geser dasar struktur bangunan (Pratama dkk, 2021).

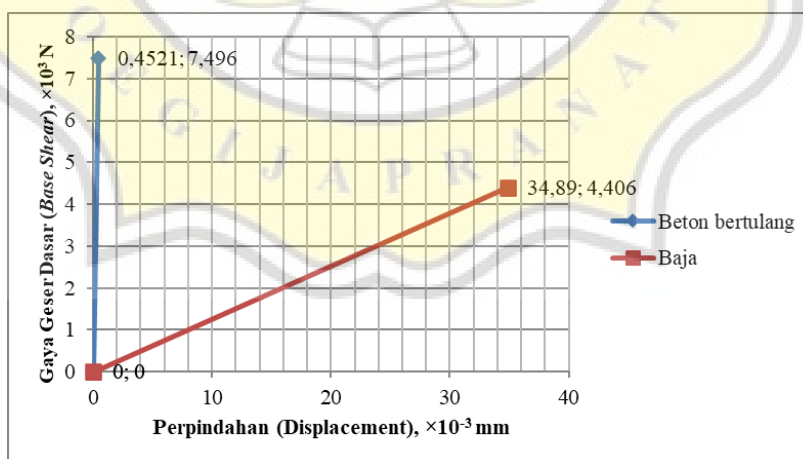
#### 4.4.4 Hubungan gaya geser dasar dan perpindahan pada struktur beton bertulang dan struktur baja

Berdasarkan data perilaku struktur beton bertulang dan struktur baja dari *software* SAP2000, akan diperoleh kurva hubungan antara gaya geser dasar dan perpindahan. Nilai gaya geser dasar dan perpindahan ditinjau pada *joint* yang sama karena nilai perpindahan maksimal kedua struktur bangunan terjadi pada titik tersebut yang ditinjau pada *joint* 518 yang dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Lokasi *Joint* Yang Ditinjau Pada Hubungan Perilaku Struktur

Grafik ditinjau terhadap perpindahan arah Y karena pada kedua struktur arah perpindahannya sama. Berdasarkan hubungan tersebut, nilai gaya geser dasar mempengaruhi besarnya perpindahan yang terjadi pada kedua struktur bangunan. Dengan meningkatnya nilai gaya geser dasar, akan mengakibatkan peningkatan pada nilai perpindahan di kedua struktur bangunan. Kurva hubungan gaya geser dasar dan perpindahan dari kedua struktur bangunan dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Grafik Hubungan Gaya Geser Dasar Dan Perpindahan Pada Struktur Beton Bertulang Dan Baja

Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Putri dkk, (2022) yang mendapatkan hasil hubungan antara gaya geser dasar dan perpindahan yang





bersifat linier. Pada grafik di atas juga diperlihatkan nilai perpindahan maksimal yang dialami baja lebih besar dibandingkan perpindahan pada beton, hal ini dipengaruhi oleh sistem sambungan baja yang bersifat lebih fleksibel sehingga memungkinkan terjadinya simpangan pasca elastis secara berulang-ulang pada struktur baja ketika menerima beban gempa, hal ini menyebabkan struktur baja memiliki sifat lebih *ductile* jika dibandingkan dengan struktur beton bertulang. Nilai gaya geser dasar berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa gaya geser dasar yang dihasilkan oleh struktur beton bertulang lebih tinggi bila dibandingkan dengan gaya geser dasar pada struktur baja. Nilai gaya geser dasar dipengaruhi langsung oleh berat struktur beton bertulang yang lebih tinggi dibandingkan dengan berat struktur baja.

