

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG ASRAMA PRESIDENT UNIVERSITY CIKARANG MENGGUNAKAN *HEXAGONAL CASTELLATED BEAM* DAN KOLOM *CONCRETE FILLED STEEL TUBE*

Syauqy Ribhan, dan Budi Suswanto, Heppy Kristijanto

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: budi_suswanto@ce.its.ac.id, heppy@ce.its.ac.id

Abstrak-President University merupakan perguruan tinggi swasta yang terletak di Jl. Ki Hajar Dewantara, Kota Jababeka, Cikarang Baru, Bekasi. Kampus ini menggunakan sistem student boarding house. Jumlah asrama President University masih belum sebanding dengan jumlah mahasiswanya. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan pembangunan asrama baru. Untuk perencanaan gedung baru, dilakukan modifikasi ulang menggunakan struktur baja 10 lantai dengan menggunakan *hexagonal castellated beam* dan kolom *concrete filled steel tube*.

Dalam perencanaan ini, peraturan yang akan digunakan yaitu AISC-LRFD 2010, SNI 1729:2015 untuk menghitung struktur dari baja, SNI 1727:2013 dan PPIUG 1987 untuk menghitung pembebanan struktur, SNI 1726:2012 untuk menghitung beban gempa, dan SNI 2847:2013 untuk menghitung struktur beton.

Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil untuk tower G dan H, yaitu: tebal pelat atap 9 cm, dan pelat asrama 10 cm. Dimensi balok anak CB 437,5.175.7.11; CB 495.200.7.11 ; WF 250.125.5.8 dan WF 250.175.7.11. Dimensi balok induk bentang 8 m CB 625.200.10.16 ; CB 550.300.11.18 ; CB 487,5.300.10.16 dan CB 437,5.175.7.11. Dimensi kolom lantai 1-3 HSS800.800.25.25, lantai 4-6 HSS700.700.22.22, lantai 7- Atap HSS600.600.16.16. Tebal plat spsw 4mm, dan balok spsw menggunakan WF 800.300.16.30. Sambungan struktur utama direncanakan dengan baut A325. Pondasi menggunakan tiang pancang spun pile diameter 50cm kedalaman 16m. Sloof ukuran 40x60 cm dengan tulangan utama tarik dan tekan 4D22 dan tulangan geser Ø10-250.

Kata Kunci : Student Boarding House, *Hexagonal Castellated beam*, *Concrete filled steel tube*.

I. PENDAHULUAN

President University merupakan perguruan tinggi swasta yang terletak di Jl. Ki Hajar Dewantara, Kota Jababeka, Cikarang Baru, Bekasi. Kampus ini menggunakan sistem student boarding house. Jumlah asrama President University masih belum sebanding dengan jumlah mahasiswanya. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan pembangunan asrama baru.

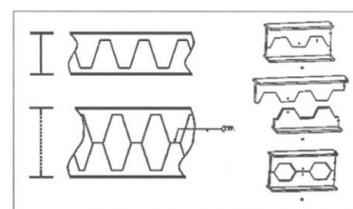
Banyak metode struktur yang dapat kita gunakan dalam merencanakan gedung seperti beton cast in situ (konvensional), pracetak, dan struktur baja. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Asrama President University sebelumnya menggunakan struktur beton bertulang. Untuk perencanaan gedung baru, dilakukan modifikasi ulang dengan menggunakan struktur baja 10 lantai. Struktur baja dipilih karena memiliki beberapa

keunggulan, antara lain mempunyai kekuatan yang tinggi, keseragaman dan keawetan yang tinggi, sifat elastis dan daktail.^[1]

Perencanaan gedung asrama President University ini menggunakan sistem struktur *steel plate shear wall* (SPSW), *castellated beam*, dan kolom *concrete filled steel tube* (CFT). Sistem struktur SPSW terdiri dari baja tipis dengan dua kolom dan dua balok lantai horizontal yang digunakan sebagai penahan beban lateral untuk bangunan tahan gempa.^[2] Pada struktur balok kebanyakan struktur bangunan konstruksi baja menggunakan profil baja solid. Profil ini sudah digunakan sejak awal perkembangan era struktur baja. Seiring dengan perkembangannya dan mulai ditemukannya *castellated beam*, profil baja mulai lebih beragam. Dibandingkan dengan profil baja solid, profil castellated bisa menjadi solusi praktis dalam pengerjaan konstruksi, karena karakteristiknya yang cukup menguntungkan.^[3] Ada berbagai macam jenis kolom komposit dari berbagai penampang, tetapi yang paling umum digunakan dan dipelajari adalah tabung baja berintikan beton. *Concrete filled steel tube* (CFT) dibentuk dengan mengisi tabung baja dengan beton. Hal ini juga diketahui bahwa tabung baja berintikan beton (CFT) saat ini semakin digunakan dalam konstruksi bangunan karena memiliki sifat statis dan tahan gempa yang sangat baik, seperti kekuatan tinggi, duktilitas tinggi, kapasitas penyerapan energi yang besar, kekakuan lentur, dan lain-lain.^[4]

II. TINJAUAN PUSTAKA

Profil baja castellated adalah profil baja I, H, atau U yang pada bagian badannya dipotong memanjang dengan pola zig-zag. Kemudian bentuk dasar baja diubah dengan cara menggeser atau membalik setengah bagian profil baja yang telah dipotong seperti gambar 2.1. Penyambungan setengah bagian profil dengan cara dilas pada bagian ‘gigi-gigi’nya. Sehingga terbentuk profil baru dengan lubang berbentuk segi enam (*hexagonal*), segi delapan (*octogonal*), dan lingkaran (*circular*).^[5]

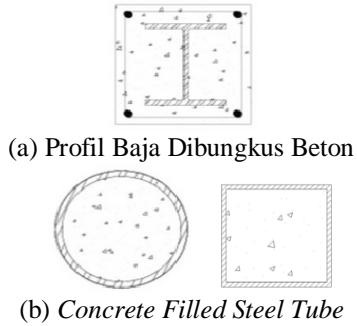


Gambar 2.1 Profil Baja *Castellated Beam*

Ada beberapa keuntungan dari profil castellated, yaitu momen inersia dan modulus section yang lebih besar sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan profil asalnya, mampu memikul momen lebih besar dengan

tegangan ijin yang lebih kecil, bahan ringan, kuat serta mudah dipasang, profil *Castellated beam* ini juga cocok untuk bentang panjang^[6].

Kolom komposit didefinisikan sebagai kolom baja yang dibuat dari potongan baja giling (rolled) built-up dan di cor didalam beton struktural atau terbuat dari tabung atau pipa baja dan diisi dengan beton structural^[7]. Ada dua kolom tipe komposit, yaitu : 1) Kolom komposit yang terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton di sekelilingnya (kolom baja berselubung beton), seperti Gambar 2.2(a). 2) Kolom komposit terbuat dari penampang baja berongga (kolom baja berintikan beton), seperti Gambar 2.2(b),(c)^[8].

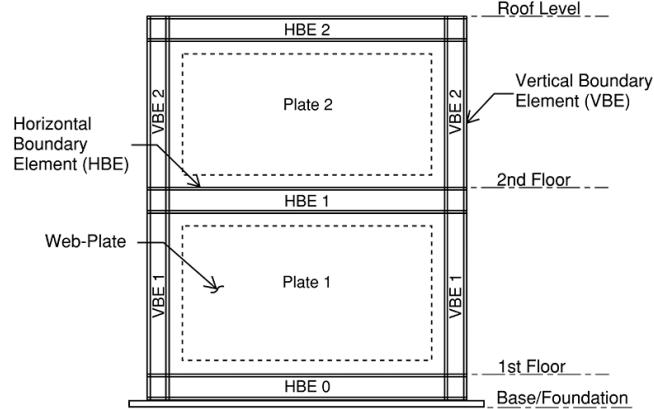


Gambar 2.2 Penampang Kolom Komposit

Dinding geser merupakan dinding yang dirancang untuk menahan gaya lateral akibat gempa bumi. Dinding geser yang efektif adalah yang bersifat kaku dan kuat^[2].

Dinding geser tidak hanya terbuat dari material beton saja tetapi dewasa ini sudah berkembang dinding geser yang terbuat dari plat baja. Kedua jenis dinding geser ini memiliki karakter dan sifat yang berbeda dan hanya diterapkan pada struktur yang sama dengan material masing-masing^[2].

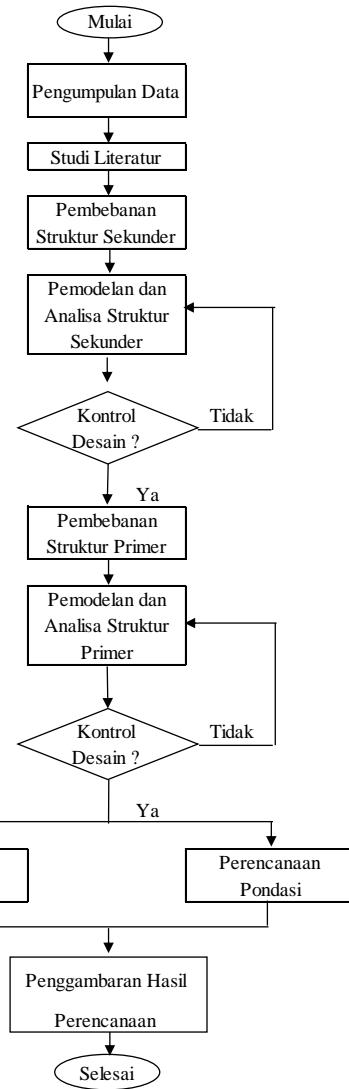
Fungsi utama dari dinding geser pelat baja adalah untuk menahan gaya geser horizontal dan momen guling akibat beban lateral. Secara umum, dinding geser pelat baja terdiri dari pelat dinding baja, dua batas kolom dan balok lantai horizontal seperti terlihat pada gambar 2.3^[10].



Gambar 2.3 Dinding Geser Plat Baja

III. METODELOGI

Urutan pekerjaan penyelesaian Tugas Akhir dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:



Gambar 3.1. Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Dalam perancangan modifikasi ini juga dibutuhkan data umum bangunan sebagai berikut :

1. Nama Bangunan : Gedung Asrama President University
2. Lokasi Bangunan : Cikarang, Jawa Barat
3. Fungsi Bangunan : Gedung asrama
4. Jumlah Lantai : 10 Lantai
5. Tinggi Gedung : 40 meter
6. Zona Gempa : Cikarang, Jawa Barat
7. Struktur Utama : *Castellated beam* dan Kolom *Concrete filled steel tube* (BJ 41, $f_y = 250 \text{ MPa}$, $f_u = 410 \text{ MPa}$)
8. Sistem Struktur : Sistem *steel plate shear wall*

IV. PERHITUNGAN STRUKTUR SEKUNDER

4.1 Pelat Lantai

Perencanaan lantai pada gedung ini menggunakan Bondek dengan tabel perencanaan praktis yang ada dari *Super Floor Deck*. Struktur lantai direncanakan dengan menggunakan satu baris penyangga (one row props) selama proses pengerasan pelat beton. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Bondex menggunakan Tebal 0,75 mm
- Besi tulangan menggunakan besi Ø10, U48
- Beton menggunakan mutu K-225 kg/cm²

Tabel 4.1 Dimensi dan Penulangan Pelat

Elemen Pelat	Beban Berguna (kg/m ²)	Bentang (m)	Tebal Pelat (cm)	Tulangan Negatif (cm ² /m)	Tulangan
Atap	200	3	9	2,51	Ø10-200
Lantai	400	3	10	3,25	Ø10-150

4.2 Perencanaan Balok Sekunder

Fungsi dari balok sekunder adalah menerima beban dari pelat lantai lalu meneruskan serta membagi beban yang dipikul ke balok utama. Balok sekunder direncanakan *castellated beam* dan wide flange BJ-41. Hasil perhitungan balok sekunder tersaji pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Dimensi Balok Sekunder

Lantai	Bentang (m)	Profil yang Digunakan							
Atap (BA 1)	9	CB	437,5	x	175	x	7	x	11
Atap (BA 2)	4,4	WF	250	x	125	x	5	x	8
Asrama (BA 1)	9	CB	495	x	200	x	7	x	11
Asrama (BA 2)	4,4	WF	250	x	175	x	7	x	11

4.3 Perencanaan Tangga dan Bordes

Tangga adalah sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungi dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain.

Data Teknis Tangga

- Mutu baja = BJ-41
- Tinggi antar lantai = 400 cm
- Tinggi bordes = 200 cm
- Panjang tangga = 300 cm
- Lebar tangga = 175 cm
- Lebar bordes = 150 cm
- Lebar antrede (i) = 30 cm
- Lebar pegangan tangga = 50 cm

Tabel 4.3 Dimensi Tangga

No	Jenis Struktur	Profil / Material
1	Pengaku Anak Tangga	L 65x65x6
2	Pelat Bordes	Pelat 5 mm
3	Balok Bordes	WF 100x50x5x7
4	Balok Utama Tangga	WF 200x100x4,5x7
5	Balok Penumpu Tangga	WF 200x100x5,5x8

4.4 Perencanaan Balok Penggantung Lift 3 Car

Pada perencanaan balok lift meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang dengan data-data sebagai berikut:

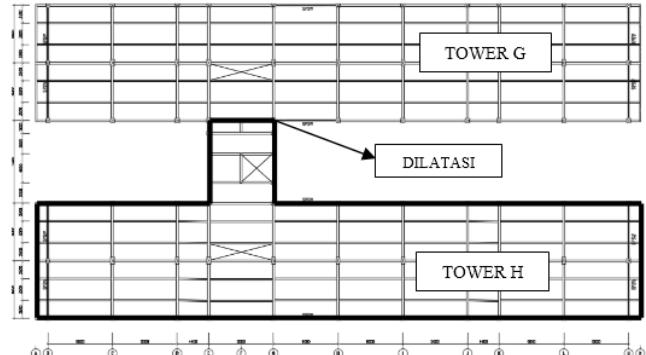
1. Tipe lift : *Passenger Elevators*
2. Merek : HYUNDAI
3. Kapasitas : 24 Orang / 1600 kg
4. Lebar pintu (*opening width*) : 1100 mm
5. Dimensi ruang luncur 3 Car : 8300 x 2280 mm²
6. Dimensi sangkar Internal : 2150 x 1600 mm²
7. Dimensi sangkar Eksternal : 2250 x 1770 mm²
8. Dimensi ruang mesin (3 Car) : 8700 x 4200 mm²
9. Beban reaksi ruang mesin :

$$R_1 = 8500 \text{ kg}$$

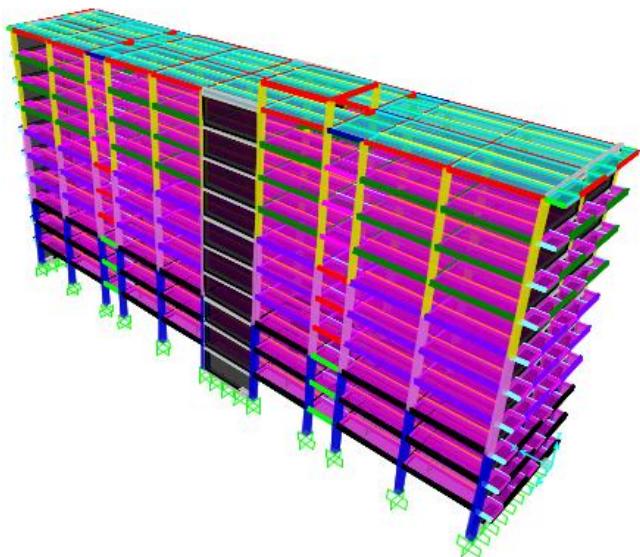
$$R_2 = 6800 \text{ kg}$$

10. Balok Penggantung : WF 400x200x8x13

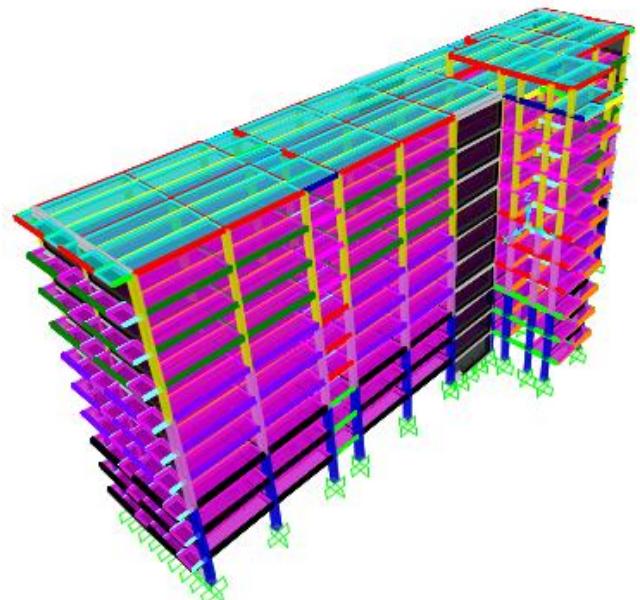
V. KONTROL HASIL ANALISIS STRUKTUR



Gambar 5.1 Denah Struktur Modifikasi Gedung Asrama President University



Gambar 5.2 Model 3 Dimensi Struktur Gedung Asrama President University Tower G



Gambar 5.3 Model 3 Dimensi Struktur Gedung Asrama President University Tower H

5.1 Kontrol Partisipasi Massa

Partisipasi massa harus menyertakan jumlah ragam terkombinasi minimal 90% dari massa aktual yang berasal dari masing-masing arah horizontal orthogonal yang ditinjau.

Tabel 5.1 Rasio Partisipasi Massa Tower G

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
OutputCase	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	11	0,147	0,865	0,941
MODAL	12	0,129	0,954	0,941

Tabel 5.2 Rasio Partisipasi Massa Tower H

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
OutputCase	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	11	0,153	0,861	0,939
MODAL	12	0,136	0,951	0,939

5.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah pengunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 03-1726-2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari

$$Ta = Ct \cdot hn^x$$

$$Ct = 0,0488$$

$$x = 0,75$$

$$hn = 40 \text{ m}$$

$$Ta = 0,0488 \times 40^{0,75} = 0,776 \text{ s}$$

Dengan nilai SD1 = 0,32, maka $Cu = 1,4$ sehingga periode struktur yang diijinkan adalah :

$$T = Ta \cdot Cu = 1,4 \cdot 0,776 = 1,08 \text{ detik}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapat,

Tabel 5.3 Periode dan Frekuensi Struktur Tower G

TABLE: Modal Periods And Frequencies		
OutputCase	StepNum	Period
Text	Unitless	Sec
MODAL	1	0,938
MODAL	2	0,929

Tabel 5.4 Periode dan Frekuensi Struktur Tower H

TABLE: Modal Periods And Frequencies		
OutputCase	StepNum	Period
Text	Unitless	Sec
MODAL	1	0,938
MODAL	2	0,935

Dari tabel di atas didapat T tower G dan H sebesar 0,938 s. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T masih lebih kecil dari $Cu \cdot T$. Jadi analisis struktur gedung masih memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.

5.3 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (Drift)

Gempa menyebabkan struktur bertingkat rawan terhadap terjadinya simpangan horizontal (Drift). Dan apabila simpangan horizontal ini melebihi syarat aman yang telah ditentukan maka gedung akan mengalami keruntuhan.

Tabel 5.5 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah -X Tower G

Lantai	hi	δxe (mm)	δx (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	$\Delta a/p$ (mm)	$\Delta \leq \Delta a/p$ (mm)
Lantai Atap	4000	25,04	150,24	12,24	80	80	OK
Lantai 9	4000	23,00	138,00	14,16	80	80	OK
Lantai 8	4000	20,64	123,84	16,26	80	80	OK
Lantai 7	4000	17,93	107,58	16,92	80	80	OK
Lantai 6	4000	15,11	90,66	16,62	80	80	OK
Lantai 5	4000	12,34	74,04	17,28	80	80	OK
Lantai 4	4000	9,46	56,76	17,88	80	80	OK
Lantai 3	4000	6,48	38,88	16,80	80	80	OK
Lantai 2	4000	3,68	22,08	14,10	80	80	OK
Lantai 1	4000	1,33	7,98	7,98	80	80	OK

Tabel 5.6 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah -Y Tower G

Lantai	hi	δxe (mm)	δx (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	$\Delta a/p$ (mm)	$\Delta \leq \Delta a/p$ (mm)
Lantai Atap	4000	17,92	107,52	8,64	80	80	OK
Lantai 9	4000	16,48	98,88	9,54	80	80	OK
Lantai 8	4000	14,89	89,34	10,74	80	80	OK
Lantai 7	4000	13,10	78,60	11,40	80	80	OK
Lantai 6	4000	11,20	67,20	11,34	80	80	OK
Lantai 5	4000	9,31	55,86	12,54	80	80	OK
Lantai 4	4000	7,22	43,32	13,80	80	80	OK
Lantai 3	4000	4,92	29,52	13,44	80	80	OK
Lantai 2	4000	2,68	16,08	9,66	80	80	OK
Lantai 1	4000	1,07	6,42	6,42	80	80	OK

Tabel 5.7 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah -X Tower H

Lantai	hi	δxe (mm)	δx (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	$\Delta a/p$ (mm)	$\Delta \leq \Delta a/p$ (mm)
Lantai Atap	4000	28,14	168,84	14,58	80	80	OK
Lantai 9	4000	25,71	154,26	16,56	80	80	OK
Lantai 8	4000	22,95	137,70	18,36	80	80	OK
Lantai 7	4000	19,89	119,34	19,08	80	80	OK
Lantai 6	4000	16,71	100,26	19,32	80	80	OK
Lantai 5	4000	13,49	80,94	20,16	80	80	OK
Lantai 4	4000	10,13	60,78	20,10	80	80	OK
Lantai 3	4000	6,78	40,68	17,76	80	80	OK
Lantai 2	4000	3,82	22,92	14,70	80	80	OK
Lantai 1	4000	1,37	8,22	8,22	80	80	OK

Tabel 5.8 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah -Y Tower H

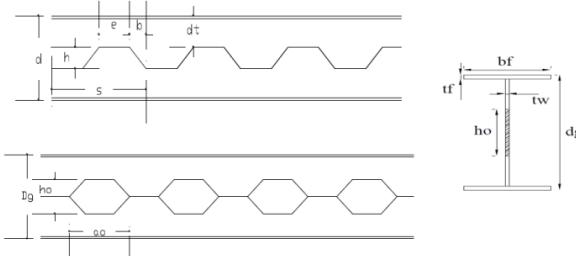
Lantai	hi	δxe (mm)	δx (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	$\Delta a/p$ (mm)	$\Delta \leq \Delta a/p$ (mm)
Lantai Atap	4000	18,95	113,70	9,54	80	80	OK
Lantai 9	4000	17,36	104,16	10,38	80	80	OK
Lantai 8	4000	15,63	93,78	11,58	80	80	OK
Lantai 7	4000	13,70	82,20	12,12	80	80	OK
Lantai 6	4000	11,68	70,08	12,00	80	80	OK
Lantai 5	4000	9,68	58,08	13,26	80	80	OK
Lantai 4	4000	7,47	44,82	14,46	80	80	OK
Lantai 3	4000	5,06	30,36	13,56	80	80	OK
Lantai 2	4000	2,80	16,80	9,90	80	80	OK
Lantai 1	4000	1,15	6,90	6,90	80	80	OK

VI. PERHITUNGAN STRUKTUR PRIMER

6.1 Balok

Balok induk lantai 1-3 tower H direncanakan menggunakan profil WF 500x200x10x16 dirubah menjadi profil *castellated beam* 625x200x10x16 seperti gambar 6.1. Hasil dari output SAP2000 diperoleh gaya dalam dan dibandingkan dengan perhitungan sebesar :

- Solid : $\Phi Mn > Mu = 63628,3 > 34083,2 \text{ kg.m}$ (OKE)
- Lubang : $\Phi Mn > Mu = 56597,01 > 34083,2 \text{ kg.m}$ (OKE)
- Kontrol kuat geser : $\Phi Vn > Vu = 27073 > 23036 \text{ kg}$ (OKE)
- Kontrol Interaksi : $0,83 < 1,00$ (OKE)
- Kontrol lendutan : $0,43 < 2,22 \text{ cm}$ (OKE)



Gambar 6.1 Detail Potongan Castellated Beam

Dimensi profil castellated beam:

- $\emptyset = 60^\circ$
- $\tan \emptyset = 1,73$
- $h = d(K_1 - 1) = 500 \times (1,25 - 1) = 125 \text{ mm}$
- $dg = d + h = 500 + 125 = 625 \text{ mm}$
- $b = \frac{h}{\tan \emptyset} = 72,2 \text{ mm}$
- $dt = st = \frac{dg - 2tf}{2} - h = 171,5 \text{ mm}$
- $e = 2h = 2 \times 125 = 250 \text{ mm}$
- $a_o = 2b + e = 2 \times 72,2 + 250 = 394,34 \text{ mm}$
- $h_o = 2h = e = 250 \text{ mm}$

Hasil perhitungan balok induk tower G dan H tersaji pada tabel 6.1.

Tabel 6.1 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Balok Induk Tower G dan H

Jenis Balok	L (m)	Profil Balok							
BI 1 Lt. 1-3	8	CB	625	x	200	x	10	x	16
BI 1 Lt. 4-6	8	CB	550	x	300	x	11	x	18
BI 1 Lt. 7-9	8	CB	487,5	x	300	x	10	x	16
BI 1 Lt. ATAP	8	CB	437,5	x	175	x	7	x	11
BI 2 Lt. 1-3	4,4	WF	350	x	175	x	7	x	11
BI 2 Lt. 4-6	4,4	WF	300	x	200	x	9	x	14
BI 2 Lt. 7-9	4,4	WF	250	x	175	x	7	x	11
BI 2 Lt. ATAP	4,4	WF	250	x	125	x	5	x	8
BI 3 Lt. 1-3	1,8	WF	350	x	175	x	7	x	11
BI 3 Lt. 4-6	1,8	WF	300	x	200	x	9	x	14
BI 3 Lt. 7-9	1,8	WF	250	x	175	x	7	x	11
BI 3 Lt. ATAP	1,8	WF	250	x	125	x	5	x	8

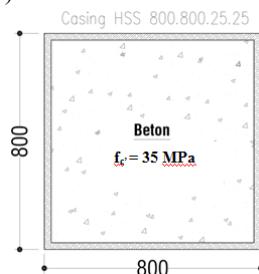
6.2 Kolom

Kolom lantai 1-3 tower H direncanakan menggunakan profil HSS 800x800x25x25 seperti gambar 6.2 dengan kontrol berikut:

Momen nominal: $\emptyset b.M_n > M_u = 506947,5 \geq 49040,8$ (OKE)

Kontrol Interaksi:

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{nx}}{M_{ex}} + \frac{M_{ny}}{M_{ey}} \right) \leq 1,0$$

 $0,4 \leq 1,0$ (OKE)

Gambar 6.2 Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS 800x800x25x25

Hasil perhitungan kolom tersaji pada tabel 6.2.

Tabel 6.2 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kolom Tower G dan H

Jenis Kolom	L (m)	Profil Concrete Filled Steel Tube						Interaksi < 1	
		mm	mm	mm	mm	mm	mm		
Kolom Lantai 1-3	4	HSS	800	x	800	x	25	x	25
Kolom Lantai 4-6	4	HSS	700	x	700	x	22	x	22
Kolom Lantai 7-Atap	4	HSS	600	x	600	x	16	x	16

6.3 Steel Plate Shear Wall

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan gaya pada dinding geser yaitu:

$$V_u = 48403,2 \text{ kg}$$

Bahan :

$$BJ 41, f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 ; f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Dimensi : $L \times h = 3 \text{ m} \times 4 \text{ m}$

a. Tebal dinding geser

$$\varphi V_n = 0.90 \times 0.42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

 $t_w = 0,2 \text{ cm}$ digunakan $t_{w \min} = 0,4 \text{ cm}$

b. Sudut tarik aktual sesuai ketebalan SPSW

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt{\frac{\frac{t_w L}{2A_c}}{1 + t_w h \left[\frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 I_c L} \right]}}$$

$$30^\circ < \alpha < 55^\circ = 30^\circ < 41,98^\circ < 55^\circ \text{ (OKE)}$$

c. Kekuatan geser aktual SPSW

$$\varphi V_n = 0.90 \times 0.42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$\varphi V_n = 112773,33 \text{ kg} > V_u = 48403,2 \text{ kg} \text{ (OKE)}$$

d. Boundary Element

HBE : WF 800 x 300 x 16 x 30

Interaksi : $0,9 < 1$ (OKE)

VBE : HSS 800 x 800 x 25 x 25

Interaksi : $0,32 < 1$ (OKE)

VII. PERENCANAAN SAMBUNGAN

7.1 Sambungan Struktur Sekunder

Pada perencanaan sambungan, direncanakan baut dengan mutu $f_u^b = 5000 \text{ kg/cm}^2$ dan pelat penyambung profil siku dengan mutu BJ-41. Baut direncanakan hanya memikul beban geser yang berasal dari struktur sekunder. Sehingga pada perhitungannya sambungan dianggap sebagai sendi. Hasil perhitungan sambungan struktur sekunder tersaji pada tabel 7.1.

Tabel 7.1 Sambungan Struktur Sekunder

Elemen	Profil Siku	D (mm)	n (bh)
Balok anak - balok induk Lantai Atap	Badan B.Anak	L60.60.6	12
	Badan B.Induk	L60.60.6	12
Balok anak - balok induk Lantai Asrama	Badan B.Anak	L60.60.6	12
	Badan B.Induk	L60.60.6	12
Balok utama tangga - penumpu tangga	Badan B.Utama Tangga	L40.40.4	8
	Badan B.Penumpu Tangga	L40.40.4	8
Balok penumpu tangga - kolom	Badan B.Penumpu Tangga	Pelat sambung 5 mm	8
	Kolom dan plat sambung	digunakan	T las 4 mm

7.2 Sambungan Struktur Primer

Pada perencanaan sambungan struktur primer, direncanakan dengan baut A325 $f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2$, las F_e100XX dan pelat penyambung profil siku dengan mutu BJ-41.

VIII. PERHITUNGAN PONDASI

8.1 Pondasi Tiang Pancang

Pondasi yang digunakan pada perencanaan gedung asrama yaitu jenis spun pile dengan penampang bulat berongga dari produk dari PT. Jaya Beton dengan spesifikasi adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang : 500 mm
- Tebal tiang : 90 mm
- Kedalaman tiang : 16 m
- Concrete cross section : 1159 cm²
- Allowable axial load : 178 tm

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah

$$P_{ijin\ 1\ tiang} = \frac{Qu}{SF} = \frac{73,4 + 186}{2} = 129,7\ ton$$

Kontrol Pondasi (P1)

$$P_{max} = 92,64\ ton < P_{ek} = 0,73x129,7\ ton$$

$$P_{max} = 92,64\ ton < P_{ek} = 94,28\ ton\ (OKE)$$

Kontrol Pondasi (P2)

$$P_{max} = 92,64\ ton < P_{ek} = 0,79x129,7\ ton$$

$$P_{max} = 92,64\ ton < P_{ek} = 103,13\ ton\ (OKE)$$

Kontrol Pondasi (P3)

$$P_{max} = 92,64\ ton < P_{ek} = 0,73x129,7\ ton$$

$$P_{max} = 92,64\ ton < P_{ek} = 94,28\ ton\ (OKE)$$

8.2 Perencanaan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Dan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer.

Tulangan tarik yang dibutuhkan untuk poer P1, P2, P3 tower G dan H :

Penulangan Arah X dan Y :

$$As = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 1000 \times 916 = 3206\ mm^2$$

Digunakan tulangan lentur atas D28-150 mm

$$A_s = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{150}$$

$$= 4102\ mm^2 > 3206\ mm^2\ (OKE)$$

8.3 Perencanaan Kolom Pedestal

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil analisis SAP 2000 adalah:

$$Pu = 692771,6\ kg$$

$$Vu = 9656,28\ kg$$

$$Mu = 49040,76\ kgm$$

Dimensi kolom pedestal 1500 mm x 1500 mm.

$$As = 0,0073 \times 1500 \times 1025,5 = 15609,2\ mm^2$$

Dipasang tulangan 32 D25, As = 15700 mm² merata 4 sisi dengan sengkang Ø10 – 200.

8.4 Perencanaan Sloof

Sloof direncanakan menggunakan tulangan baja, hal tersebut dilakukan karena sloof menerima kombinasi beban aksial tekan dan lentur.

$$\text{Gaya aksial kolom} = 692771,6\ kg$$

$$P_u = 10\% \times 692771,6\ kg = 69277,16\ kg$$

Beban yang diterima sloof 40/60:

$$\begin{aligned} - \text{berat sendiri} &= 0,40 \times 0,60 \times 2400 = 576\ kg/m \\ - \text{berat dinding} &= 4 \times 100 = 400\ kg/m \\ &\quad + \\ &\quad qd = 976\ kg/m \end{aligned}$$

Dari analisis PCACOL didapat $\rho = 0,0129$

Dipasang tulangan = 8 D 22 ($A_s = 3039,52\ mm^2$) dan sengkang Ø10 – 250 mm

IX. KESIMPULAN DAN SARAN

9.1 Kesimpulan

Sesuai dengan tujuan penulisan tugas akhir ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan yang dilakukan pada struktur sekunder telah memenuhi syarat SNI 1729:2015.
2. Dari kontrol yang dilakukan (kontrol nilai akhir respon spektrum, kontrol partisipasi massa, kontrol waktu getar alami fundamental, kontrol simpangan (*drift*)) struktur yang direncanakan berada di kota Cikarang telah memenuhi syarat.
3. Hasil analisa struktur primer yang dilakukan telah memenuhi syarat SNI 1729:2015 dan AISC 2010.
4. Hasil perhitungan yang dilakukan pada struktur bawah telah memenuhi syarat SNI 03-2387-2013.

9.2 Saran

Sebaiknya dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur *castellated beam* dan kolom *concrete filled steel tube* lebih lanjut terhadap standard yang telah ditetapkan baik itu SNI maupun AISC. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi sesungguhnya di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setiawan, Agus. 2008. “Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD”. Semarang : Penerbit Erlangga
- [2] Suryani, Fran Sinta. 2012. “Analisa Perbandingan Berbagai Penampang Dinding Geser Komposit Akibat Beban Lateral.” Jurnal Teknik POMITS Vol. 1 : 1-6.
- [3] Malada, Anggry. 2012. “Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung PT. Perusahaan Gas Negara Surabaya Menggunakan Hexagonal Castellated beam Pada Balok Anak”. Surabaya : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Shah, Darishka, K., Vakil, M.D., dan Patel, M.N. 2014. “Parametric Study of Concrete filled steel tube Column”. IJEDR. Volume 2, Issue 2. ISSN : 2321-9939.
- [5] Amayreh, L., dan Saka, M.P. 2005. “Failure Load Prediction Of Castellated beams Using Artificial Neural Networks”. Asian Journal Of Civil Engineering (Building and Housing) Vol. 6 Hal. 35-54.
- [6] Megharief, J.D. 1997. “Behaviour of Composite Castellated beams”. Canada : McGill University, Montreal.
- [7] Salmon, Charles G., dan Johnson, John E. 1996. “Struktur Baja Desain Dan Perilaku”. Jilid 1 Edisi Kedua. Diterjemahkan oleh: Ir. Wira M.S.CE. Jakarta: Erlangga. [8] Engelhardt, Michael D., Popov, Egor P. 1992. Experimental Performance of Long Link in Eccentrically Braced Frames
- [8] Morino., Shosuken., Thusada., dan Keigo. 2001. “Design and Construction of Concrete filled steel tube Column System in Japan”. Departement of Environmental Space Design, University of Kitakyusu.
- [9] Astaneh-asl, A. 2000. “Steel plate shear walls”. Proceedings Partnership for Advanced Steel Structures. U.S-Japan : Workshop on Seismic Fracture issues in Steel Structures