

Desain Struktur Utama *Suspension Building* Menggunakan Balok Pelat Berdinding Penuh (Pelat Girder)

Antok Nopendrianto¹⁾

Bayzoni²⁾

Hasti Riakara Husni³⁾

Abstract

Plate girder is a flexible structural component that composed from several plate elements. Basically, plate girder is a beam with a large cross-sectional size and a long span. Plate girder is an alternative if the largest hot rolled steel profile is insufficient to carry the working load due to its long span.

This research will plan the main structure, that is girder plate for a multi-storey building with a hanging system (suspension building), and also plan the complementary components. Generally, the implementation steps of the process are collecting planning data, calculating loading, calculating the forces those worked on the structure using SAP2000, after that, designing the girder plate profile, and other components such as joint design and stiffener design, so that safe structural details are obtained.

In the design that has been done, the column dimensions are obtained ($h = 1500$, $bf = 500$, $tw = 8$, $tf = 30$) mm, beam ($h = 1500$, $bf = 450$, $tw = 8$, $tf = 30$) mm, transverse stiffener ($bp = 120$, $tp = 8$, $h = 1440$) mm, column-beam joints ($Db = 24$ mm, $n1 = 36$ bh, $n2 = 78$ bh), beam-beam joints ($Db = 24$ mm, $n1 = 32$ bh, $n2 = 70$ bh), splice joints ($Db = 24$ mm, $n1 = 26$ bh, $n2 = 16$ bh), and base plate connections ($Db = 24$ mm, $n1 = 10$ bh). Based on the design, the profile and components are quite safe to use.

Keywords : Girder Plate Beam, Steel Structure, Building Structure Design, Suspension Building.

Abstrak

Pelat girder merupakan komponen struktur lentur yang tersusun dari beberapa elemen pelat. Pada dasarnya pelat girder adalah sebuah balok dengan ukuran penampang melintang yang besar serta bentang yang panjang. Pelat girder merupakan salah satu alternatif jika profil baja gilas panas yang terbesar masih kurang cukup untuk memikul beban yang bekerja akibat panjangnya bentang.

Pada penelitian ini akan direncanakan struktur utama yaitu pelat girder untuk bangunan bertingkat dengan sistem gantungan (*suspension building*), dan juga akan di rencanakan komponen-komponen pelengkapannya. Secara garis besar langkah pelaksanaan pengerjaannya adalah pengumpulan data perencanaan, menghitung pembebanan, menghitung gaya-gaya yang bekerja pada struktur menggunakan SAP2000, setelah itu mendesain profil pelat girder, dan komponen lainnya seperti desain sambungan dan desain pengaku, sehingga didapatkan detail struktur yang aman.

Dalam desain yang telah dilakukan diperoleh dimensi kolom ($h=1500$, $bf=500$, $tw=8$, $tf=30$)mm, balok ($h=1500$, $bf=450$, $tw=8$, $tf=30$)mm, pengaku transversal ($bp=120$, $tp=8$, $h=1440$)mm, sambungan kolom-balok ($Db=24$ mm, $n1=36$ bh, $n2=78$ bh), sambungan balok-balok ($Db=24$ mm, $n1=32$ bh, $n2=70$ bh), sambungan *Splice* ($Db=24$ mm, $n1=26$ bh, $n2=16$ bh), dan sambungan *base plate* ($Db=24$ mm, $n1=10$ bh). Berdasarkan desain profil dan komponen-komponen tersebut cukup aman untuk di gunakan.

Kata kunci : Balok Pelat Girder, Struktur Baja, Desain Struktur Gedung, *Suspension Building*.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

1. PENDAHULUAN

Struktur merupakan item yang sangat penting dan tidak bisa ditinggalkan dalam suatu gedung. Desain gedung terkadang memiliki konsep yang mengutamakan keindahan dalam segi arsitektural dan juga dalam pengoptimalisasian ruangan yang ada. Sehingga diperlukan perencanaan struktur yang matang untuk mengimbangi konsep – konsep tersebut.

Pemilihan jenis struktur dan bahan pembangun struktur merupakan tahap yang sangat penting dalam merencanakan suatu struktur bangunan. Suatu sistem struktur harus mampu menahan beban-beban yang diterima oleh gedung seperti beban mati, beban hidup, beban gempa, beban angin dan lain-lain. Jika terjadi kegagalan pada sistem struktur maka dapat berdampak serius pada gedung tersebut, dampak terburuk adalah terjadi keruntuhan pada gedung tersebut dan dapat menyebabkan korban jiwa. Oleh karena itu sistem struktur haruslah kuat dan stabil .

Salah satu konsep desain gedung yang unik adalah gedung dengan konsep gantungan (*suspension building*), yang dapat meminimalkan penggunaan kolom pada gedung tersebut, sehingga fungsi ruangan dapat dioptimalkan tanpa terhalang oleh kolom struktur gedung tersebut. Sebagai contoh adalah gedung museum yang bernama “*Sao Paulo Museum of Art*”, yang berlokasi di Brazil.

Salah satu sistem struktur yang sudah dikenal di dalam dunia konstruksi adalah Balok Pelat Berdinding Penuh (Pelat Girder). Pelat girder merupakan komponen struktur lentur yang tersusun dari beberapa elemen pelat. Pada dasarnya pelat girder adalah sebuah balok dengan ukuran penampang melintang yang besar serta bentang yang panjang. Pelat girder merupakan salah satu alternatif jika profil baja gilas panas yang terbesar masih kurang cukup untuk memikul beban yang bekerja akibat panjangnya bentang. Oleh karena itu sistem struktur dengan menggunakan pelat girder sebagai struktur utama dinilai cocok untuk gedung yang menggunakan sistem gantungan (*suspension building*).

2. METODE PENELITIAN

2.1. Konstruksi Baja

Dalam struktur baja, penampang baja gilas panas yang tersedia oleh hasil produksi pabrik, ukuran penampang dan daya dukungnya terbatas, sehingga untuk memenuhi kebutuhan konstruksi tertentu yang memerlukan penampang profil baja yang lebih tinggi, lebih besar ukuran, atau lebih besar daya dukungnya maka dibutuhkan suatu penampang khusus yang dirancang untuk itu, oleh karenanya diperlukan pemenuhan kebutuhan profil tersebut dengan cara membuat profil secara khusus (Asri, 2013).

Untuk membuat profil tersebut, para Ahli Teknik Sipil melakukan berbagai cara yaitu modifikasi penampang dari profil baja gilas panas yang telah ada dan membuat profil baru sesuai dengan kebutuhan. Dari cara-cara tersebut, ditemukanlah suatu penampang Balok Pelat Berdinding Penuh atau sering disebut Pelat Girder (*Girder Plate*).

2.2. Balok Pelat Berdinding Penuh (Pelat Girder)

Balok pelat berdinding penuh pada dasarnya adalah sebuah balok dengan ukuran penampang melintang besar serta bentang yang panjang. Struktur balok dapat

dikategorikan sebagai balok biasa atau balok berdinding penuh, bergantung pada rasio kelangsingan badan (*web*) $\frac{h}{t_w}$ (Setiawan, 2013). Jika $\frac{h}{t_w} > 5,7 \sqrt{\frac{E}{t_w}}$, maka komponen

struktur tersebut dikategorikan sebagai balok pelat berdinding penuh (Badan Standarisasi Nasional, 2015). Dalam perencanaan balok pelat berdinding penuh (*girder plate beam*), hal – hal yang harus ditinjau adalah sebagai berikut :

a. Kuat Momen Nominal Balok Pelat Berdinding Penuh

- Leleh Sayap Tekan

$$M = R_{pg} \cdot F_y \cdot S_{xc} \quad (1)$$

- Tekuk Lokal Sayap Tekan

$$M = R_{pg} \cdot F_{cr} \cdot S_{xc} \quad (2)$$

- Leleh Sayap Tarik

$$M_n = F_y \cdot S_{xt} \quad (3)$$

b. Kuat Geser Nominal

Kekuatan geser nominal, V_n , dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser, adalah:

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \quad (4)$$

c. Pengaku Transversal

Pengaku Transversal harus mempunyai kekakuan yang cukup untuk mencegah *web* berdeformasi keluar bidang ketika terjadi tekuk pada *web*. Oleh karena itu, perlu ditentukan momen inersia minimum yang harus dimiliki oleh pengaku vertikal, yaitu:

$$I_{st} \geq b t_w^3 j \quad (5)$$

Keterangan

b = adalah nilai terkecil dari dimensi a dan h

I_{st} = momen inersia pengaku transversal

d. Kuat Geser Nominal Dengan Pengaruh Aksi Medan Tarik

Kuat geser dengan memperhitungkan aksi medan tarik adalah :

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}} \quad (6)$$

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \quad (7)$$

e. Tahanan Tekan Penampang

Untuk komponen struktur dengan elemen langsing diatur dalam SNI 1729:2015, Bab E, E7, dengan kuat tekan nominal $\phi_c \cdot P_n$ dan $\phi_c = 0,90$. Berdasarkan SNI tersebut nilai kuat tekan nominalnya adalah :

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \quad (8)$$

Tegangan kritis F_{cr} , ditentukan sebagai berikut :

$$F_{cr} = Q \left[0,68 \sqrt{\frac{Q F_y}{F_e}} \right] \cdot F_y \quad (9)$$

f. Kombinasi Tekan dan Lentur

Interaksi antara lentur dan kuat tekan pada komponen struktur simetris ganda diatur dalam SNI 1729:2015, Bab H, yang memberikan ketentuan sebagai berikut:

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (10)$$

g. Sambungan Las Sudut

Dalam SNI 1729:2015, Bab J, J2.4 menerangkan bahwa kekuatan desain las, ϕR_n dari join yang di las harus merupakan nilai terendah dari kekuatan material dasar yang ditentukan menurut keadaan batas dari keruntuhan tarik dan keruntuhan geser dan kekuatan logam las yang ditentukan menurut keadaan batas dari keruntuhan berikut ini:

Untuk logam dasar:

$$R_n = F_{nBM} \cdot A_{BM} \quad (11)$$

Untuk logam las:

$$R_n = F_{nW} \cdot A_{We} \quad (12)$$

h. Sambungan Baut

➤ Kekuatan Tarik dan Geser dari Baut dan Bagian-bagian Berulir

Kuat tarik atau kuat geser desain, ϕR_n , diatur dalam SNI 1729:2015, Bab J, J3.6 yaitu sebagai berikut:

$$R_n = F_n \cdot A_b \quad (13)$$

➤ Kekuatan Tarik dan Geser dari Baut dan Bagian-bagian Berulir

Kuat tarik yang tersedia dari baut yang menahan kombinasi gaya tarik dan geser, diatur dalam SNI 1729:2015, Bab J, J3.7 yaitu sebagai berikut:

$$R_n = F'_n \cdot A_b \quad (14)$$

3. METODE PENELITIAN

3.1 Preliminary Study

Preliminary study adalah penentuan parameter-parameter seperti dimensi *web* dan dimensi *flens* pelat girder yang digunakan dalam permodelan struktur. Bagian ini juga termasuk penentuan mutu baja dan mutu las yang umum digunakan dalam konstruksi bangunan. Pendekatan penelitian yang digunakan dalam skripsi ini yaitu pendekatan kuantitatif, sehingga didapat angka atau bilangan yang merupakan dimensi dari profil struktur yang paling efisien dan aman untuk desain gedung tersebut.

3.2 Permodelan Struktur

Dalam penelitian ini objek studi dimodelkan dan disimulasikan dengan menggunakan program SAP 2000 v.14. Model tiga dimensi dipilih untuk lebih mendekati bentuk *real* struktur. Spesifikasi bangunan gedung yang akan direncanakan memiliki fungsi sebagai gedung pertemuan 2 lantai dan dianggap berada di area rawan gempa. Jenis baja yang digunakan adalah baja struktur dengan mutu baja BJ37 yang memiliki tahanan leleh minimum $f_y = 240$ MPa, dan tahanan putus minimum adalah $f_u = 370$ MPa. Alat

sambung las yang digunakan memiliki mutu dengan kuat tarik putus logam las $f_{uw} = 482$ MPa. Untuk pembebanan pada gedung akan mempertimbangkan beban hidup, beban mati akibat berat sendiri, beban mati tambahan dan beban gempa.

3.3 Langkah Penelitian

Langkah penelitian selengkapnya terdapat dalam bagan alir penelitian. Setelah dilakukan *preliminary study* pada model bangunan, dilakukan analisa menggunakan SAP2000v14. Selanjutnya dilakukan penghitungan kekuatan struktur balok, penghitungan keperluan pengaku transversal, penghitungan keperluan sambungan las pada penampang balok dan sambungan pada pengaku vertikal, penghitungan kekuatan penampang kolom, serta penghitungan keperluan sambungan baut untuk kolom-balok, balok-balok, dan *base plate*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Design

Preliminary Design dimensi penampang dan mutu didapat sebagai berikut.

Tabel 1. *Preliminary Design* Struktur

Dimensi dan mutu	Pelat	Balok	Kolom	Las	Baut
B	-	450	500	-	-
H	120	1500	1500	-	-
Tw	-	8	8	-	-
Tf	-	30	30	-	-
Mutu Bahan	K-250	BJ-37	BJ-37	E 70XX	A325

4.2 Permodelan dan Analisis Struktur dengan menggunakan SAP 2000

Data berupa dimensi penampang, mutu bahan dan pembebanan di input kedalam program SAP2000 kemudian membuat permodelan struktur yang akan menghasilkan data momem lentur, gaya geser, gaya aksial dan momen torsi.

4.3 Perhitungan Pelat Lantai

Dari hasil perhitungan didapatkan penulangan pelat sebagai berikut.

Tabel 2. Penulangan Pelat Lantai

Komponen	Tumpuan		Lapangan	
	Sumbu x	Sumbu y	Sumbu x	Sumbu y
Tebal pelat	120	120	120	120
Wiremesh	M12	M12	M12	M12
Floordeck	W-1000	W-1000	W-1000	W-1000

Dari perhitungan juga didapatkan kebutuhan *steel headed stud* dengan diameter 20 mm dengan jarak pemasangan 160 mm.

4.4 Perhitungan Profil Balok

Dari perhitungan ketahanan profil balok didapatkan ketahanan balok sebagai berikut:

Tabel 3. Kekuatan Penampang Balok

Ketahanan Tinjauan	Beban Utmate	Beban Nominal	Rasio Ketahanan
Ketahanan Lentur (Nmm)	4416585466	4731432771	0,933
Ketahan Geser			
jarak pengaku 700 mm	1273133,27	1677551,02	0,759
jarak pengaku 1125 mm	1273133,27	1314823,003	0,968

Dari perhitungan dimensi pengaku didapatkan pengaku dengan dimensi, lebar = 110 mm, tinggi = 1440 mm dan tebal = 8 mm.

4.5 Perhitungan Profil Kolom

Dari perhitungan ketahanan profil balok didapatkan ketahanan balok sebagai berikut:

Tabel 4. Kekuatan Penampang Kolom

Tinjauan dan Batasan	Pembebanan			Satuan dan Keterangan
	Beban 1	Beban 2	Beban 3	
Tahanan Lentur				
Mux/ØMnx	0,8497	0,5336	0,3643	OK
Muy/Ømny	0,000021	0,082180	0,000012	OK
Tahanan Geser				
Vu/ØVn (tanpa aksi medan tarik)	0,8447	0,8447	0,8447	OK
Vu/ØVn (dengan aksi medan tarik)	0,9929	0,9929	0,9929	OK
Dimensi dan Jarak Pengaku				
Lebar (b)	120	120	120	mm
tebal (tp)	8	8	8	mm
Tinggi (h)	1440	1440	1440	mm
Jarak pengaku panel ujung (a)	700	700	700	mm
Jarak pengaku panel tengah (a)	900	900	900	Mm
Kuat Tekan Kolom				
Pu/ØPn	0,1883	0,1954	0,2797	OK
Sambungan Las Profil				
Ukuran kaki las (a)	5	5	5	mm
Panjang las (L)	40	40	40	mm
Jarak titik berat las (s)	70	70	70	mm
Jarak bersih las (s')	30	30	30	mm
Kombinasi Tekan-Lentur				
Rasio kombinasi tekan-lentur	0,9438	0,7135	0,6035	OK

4.6 Perhitungan Sambungan Struktur

Dari perhitungan sambungan didapatkan sambungan struktur sebagai berikut:

Tabel 5. Sambungan Baut Struktur

Sambungan	D (mm)	n (bh)	tp (mm)
Balok - Kolom			
Pelat sambung - Kolom	24	36	20
Pelat sambung - Balok	24	78	20
Balok - Balok			
Pelat sambung - Web	24	70	20
Pelat sambung - Pelat Sambung	24	32	20
Sambungan Lewatan			
Web - Web	24	16	20
Flens - Flens	24	26	20
Sambungan Base Plate	24	10	20

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari perhitungan yang telah dilakukan adalah:

- a) Profil pelat girder untuk balok dengan dimensi, $h = 1500$ mm, $bf = 450$, $tf = 30$ mm dan $tw = 8$ mm cukup aman untuk digunakan dan profil pelat girder untuk kolom dengan dimensi, $h = 1500$ mm, $bf = 500$, $tf = 30$ mm dan $tw = 8$ mm cukup aman untuk digunakan .
- b) Dimensi pengaku transversal yang aman digunakan untuk balok dan kolom adalah sebagai berikut:

- bp (lebar pengaku) = 120 mm
- p (tebal pengaku) = 8 mm
- h (tinggi pengaku) = 440 mm

Jarak pengaku untuk panel ujung pada balok adalah $a = 700$ mm dan pada panel selain panel ujung adalah $a = 1125$ mm. Sedangkan pada kolom jarak pengaku pada panel ujung adalah $a = 700$ mm dan pada panel selain ujung adalah $a = 900$ mm.

- Uuran las (aw) = 5 mm
 - Panjang las (L) = 40 mm
 - Jarak bersih las untuk profil balok = 40 mm
 - Jarak bersih las untuk profil kolom = 30 mm
- c) Desain sambungan yang di aman untuk digunakan pada sambungan struktur adalah sebagai berikut:

- Sambungan balok-kolom
 - Sambungan kolom-pelat sambung
 - Diameter baut = 24 mm
 - Mutu baut = A325
 - Jumlah baut = 36 bh
 - Tebal pelat sambung = 20 mm
 - Sambungan balok-pelat sambung
 - Diameter baut = 24 mm
 - Mutu baut = A325
 - Jumlah baut = 78 bh
 - Tebal pelat sambung = 20 mm
- Sambungan balok-balok
 - Sambungan kolom-pelat sambung
 - Diameter baut = 24 mm
 - Mutu baut = A325
 - Jumlah baut = 32 bh
 - Tebal pelat sambung = 20 mm
 - Sambungan balok-pelat sambung
 - Diameter baut = 24 mm
 - Mutu baut = A325
 - Jumlah baut = 70 bh
 - Tebal pelat sambung = 20 mm

DAFTAR PUSTAKA

- Asri, Rusman. 2013. *Balok Pelat Berdinding Penuh (Girder Plate Beam)*. Jurnal Tekno Global, Vol. II No. 1, (42-56).
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729-2015)*. Jakarta : BSN.
- Setiawan, Agus. 2013. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD- Edisi Kedua*. Jakarta : Penerbit Erlangga. 358 hlm.