

KAJIAN KUAT GESER HORIZONTAL CIRCULAR CASTELLATED STEEL BEAM WITH AND WITHOUT ADDING PLATES

Suharjanto

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta
Jalan Tentara Rakyat Mataram 55-57 Yogyakarta 53122
e-mail : suharjantosuhadi@yahoo.com

ABSTRACT

In order to increase the quality in building structure aspect, it needs to be observed some aspects, like optimum aspect which include the using of the material as element of the structure building itself. In the development, steel construction technology introduces Circular Castellated Beam form that is steel beam profile with I-section which is hollowed on the body in a circle opening form. The next development is for accommodate the opening for duct and plumbing is developed into opening circular with adding plates. The unsuccessful structure which is happened on castellated beam based on the previous research commonly happens on the body area between two openings what is called by web-post. In this research, it is done theoretical investigation and experimental testing to observe horizontal movement phenomenon which is happened on web-post area. Test things which is used is profile steel I 150x75x5x7 mm which is modified into circular Castellated Beam with and without adding plates with 5 openings. The testing consists of bent load with 2 vertical point loads on cellular beam, and data which is used based on Rosette Reading, the tense 45° which is set on web-post. From the research result and the discussion found that horizontal movement tense from experimental test result shows that adding plates on web-post show that loading capacity and the horizontal shear strength is increased about 20 up to 30 percent.

Keywords: Circular Castellated Beam, Adding plate, web-post, horizontal shear

PENDAHULUAN

Di Indonesia profil balok **I** *Circular* kini telah diperkenalkan dan dikembangkan oleh pabrik baja baik di luar maupun di dalam negeri, tetapi baik teori tentang analisis dan penelitian tentang balok baja profil **I** dengan lubang *circular* sampai saat ini belum dipublikasi dalam *text book* ataupun literatur di Indonesia. Beberapa pabrik baja di luar negeri telah me-release melalui *home page* masing-masing, seperti *Macsteel*, *Westok* dan *Fabsec*, baik katalog, *design guide* bahkan *software* mengenai balok profil **I** dengan bukaan *circular* ini. Sedangkan di Indonesia, profil dengan bukaan *circular* baik dengan atau tanpa *adding plates* di Indonesia belum banyak

digunakan, tetapi Pabrik Gunung Garuda telah mengeluarkan katalog khusus tentang profil **I** bukaan *circular*.

Untuk maksud pengembangan dan pengetahuan yang lebih lengkap tentang obyek studi, maka dilakukan studi-studi eksperimental.

Studi eksperimen dan kajian teoretis tentang balok kastela dengan bentuk lubang heksagonal, telah banyak dilakukan oleh para peneliti terdahulu untuk mengetahui tegangan dan defleksi pada balok. Kerdal dan Nethercot (1984) meneliti tentang model keruntuhan balok baja kastela. Zaarour dan Redwood (1996) meneliti kegagalan struktur pada balok kastela dengan bentuk lubang

heksagonal dengan pelat tambah (*adding plate*) di daerah *web-post*. Redwood R. and Demirdjian S. (1998) melakukan penelitian tentang kegagalan akibat geser di daerah *web-post* pada balok baja kastela bukaan heksagonal.

Aglan dan Redwood (1974) mengkaji kegagalan di daerah *web-post* dengan metoda *finite difference* pada perilaku *elastoplastic* di daerah *strain hardening* untuk balok kastela dengan bentuk lubang heksagonal dan modifikasi dengan penambahan pelat pada bagian *web post*. Lawson *et al* (2004) mengembangkan konsep *strut analogy* untuk memeriksa stabilitas di daerah *web-post* balok kastela lubang *circular*.

Hasil-hasil penelitian di atas hampir semuanya terfokus pada bentuk heksagonal, yang berdasar pengalaman di lapangan pada umumnya terjadi konsentrasi tegangan pada bagian sudut sehingga sering menimbulkan *crack* di daerah tersebut. Bentuk lubang dengan sisi tidak bersudut seperti bentuk *circular* diharapkan dapat menghindarkan kerusakan atau *crack* tersebut. Penelitian dalam bentuk lubang dengan sisi tidak bersudut seperti bentuk *circular* telah dikembangkan oleh industri baja baik di luar maupun di dalam negeri. Oleh karena itu, perlu penelitian yang berupa pada balok baja profil I dengan bukaan pada badan bentuk *circular* ataupun *circular* dengan *adding plate* sebagai pengembangannya.

Tujuan diadakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas geser horisontal dari profil baja *circular Castella*, sehingga dapat dibandingkan dengan kapasitas geser profil balok tanpa modifikasi *Castella*.

Adapun kontribusi dari penelitian ini adalah:

1. menambah pengetahuan dan wawasan tentang profil baja atau struktur baja khususnya baja *Circular Castelated Steel Beam*
2. sebagai bahan pertimbangan dan wacana pada penelitian-penelitian lebih lanjut mengenai *Castellated Beam*

3. untuk dapat memperkenalkan profil *Castellated Beam*, sehingga dapat dipergunakan secara umum karena dengan keuntungannya akan menghasilkan penghematan berat sendiri struktur dengan kekuatan yang maksimum.

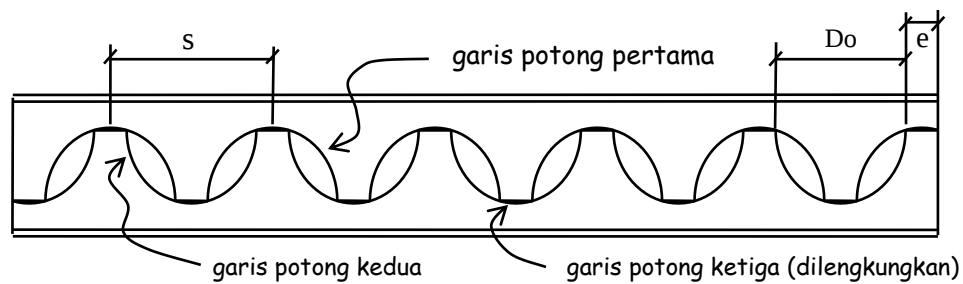
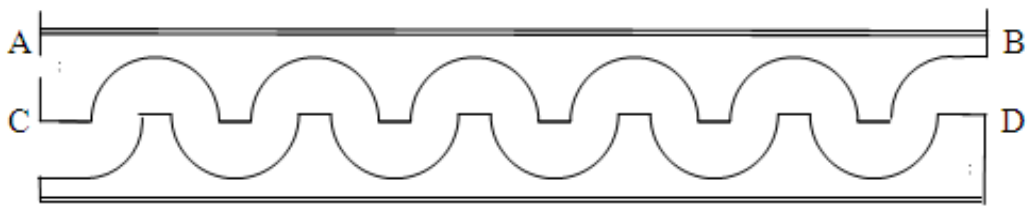
Berdasarkan uraian pada pendahuluan seperti tersebut di atas, maka permasalahan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh bukaan lubang *circular* terhadap kuat geser.

Disadari bahwa isi penelitian ini dapat meluas, sehingga tidak mengenai pada tujuan semula. Oleh karena itu, perlu pembatasan masalah agar ruang lingkup penelitian dapat difokuskan pada masalah-masalah seperti yang direncanakan semula, diantaranya adalah sebagai berikut:

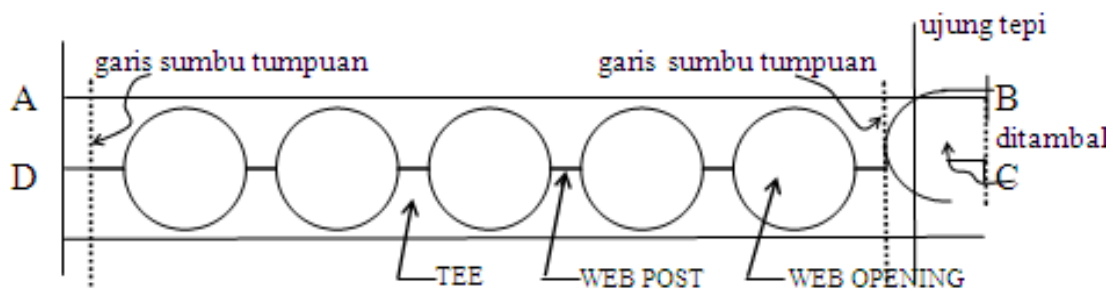
1. Sistem struktur balok yang dikaji adalah balok sederhana atau *simple beam*.
2. Ukuran profil adalah baja profil I 150 x 75 x 5 x 7. Dengan panjang profil 1107,8 mm.
3. Ukuran *adding plates* adalah tinggi 75 mm. Tidak ditinjau pengaruh *adding plates* terhadap *buckling*.
4. Jumlah bukaan 5 buah, dengan bentang balok $L = 100,78$ cm.
5. Diameter lubang bukaan 155 mm, jarak antara lubang $e = 38,76$ mm, jarak lubang ke sayap $d_T = 35$ mm.

Circular Castellated beam diperoleh dari profil I yang dipotong menurut suatu pola pemotongan. Pemotongan dilakukan pada badan balok sepanjang sumbu memanjang balok, menurut beberapa garis potong yang ditunjukkan pada Gambar 1. Pada penelitian ini jumlah lubang *circular* yang diinginkan adalah 5 buah lubang.

Setelah dipotong menurut suatu pola, batang bagian bawah yaitu batang CD diputar letaknya menjadi batang DC, kemudian disatukan dengan bagian AB sehingga diperoleh balok *circular Circular Castellated beam* (lihat Gambar 1 sampai dengan 3).

Gambar 1. Pola pemotongan *open web circular*

Gambar 2. Gambar balok setelah dipotong



Gambar 3. Gambar balok yang dihasilkan

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

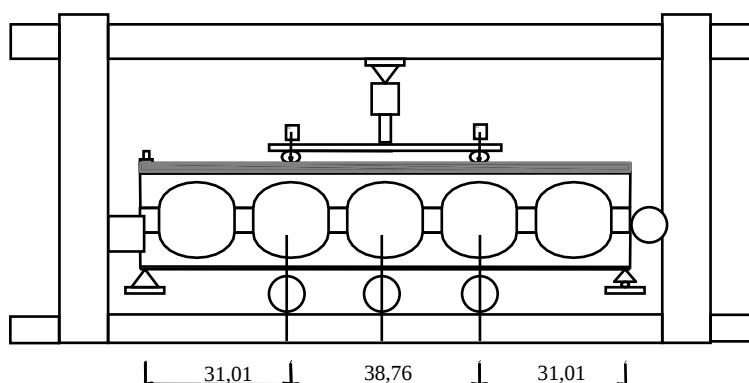
1. Penelitian terdiri dari dua kelompok :

- balok baja *Circular Castellated beam*, yaitu balok profil I normal yang dimodifikasi dengan *web opening* menjadi balok *circular Castella*, tanpa diberi *adding plates* pada *web post*. Terdiri dari tiga buah benda uji. Benda uji diberi kode TAP-1, TAP-2 dan TAP-3
- balok baja *circular Castellated beam*, yaitu balok profil I normal yang

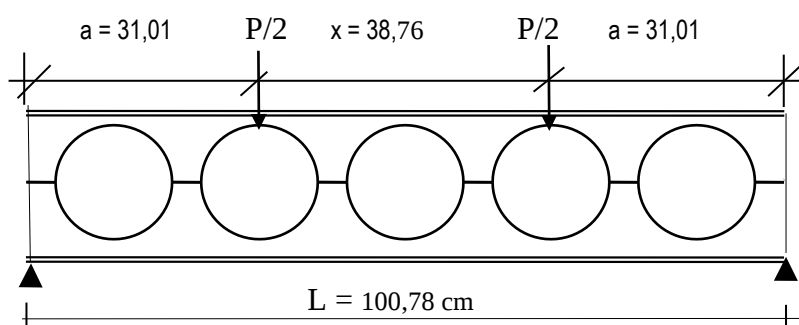
dimodifikasi dengan *web opening* menjadi alok *circular Castella*, dengan diberi *adding plates* pada *web post*. Terdiri dari tiga buah benda uji. Benda uji diberi kode AP-1, AP-2, AP-3.

- Penelitian dilakukan dengan memberi gaya vertikal pada kedua benda uji balok baja tersebut sedemikian sehingga diperoleh keadaan lentur murni.
- Setting* pengujian dan *setting* pembebanan balok baja *Castella* di laboratorium

diilustrasikan pada Gambar 6 dan Gambar 7 berikut ini:



Gambar 4. Setting pengujian



Gambar 5. Setting pembebanan dan geometri balok

Bahan Penelitian

Bahan penelitian adalah balok baja profil I 150x75x5x7 dengan bukaan badan (*web opening*) tanpa penambahan *adding plates* dan balok baja profil I 150x75x5x7 dengan *web opening* menurut pola *open web circular*, tetapi dengan diberikan tambahan plat pada *web post (adding plates)* masing-masing tiga buah. Sedangkan untuk pengujian geser profil baja *castella* adalah dengan cara pembebanan terhadap profil baja tersebut, terlihat pada contoh Gambar 6.

Alat Penelitian

Alat-alat yang akan digunakan pada penelitian kapasitas geser profil baja *Castella*, yang akan dilakukan di

Laboratorium Struktur JTS FT UGM ini adalah:

1. *Loading Frame*
2. Dukungan sendi dan rol
3. *Hidraulic Jack*
4. *Linier Variabel Differential Transformer (LVDT)*

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan pengujian kapasitas kuat geser balok *circular Castella* tanpa *adding plates* maupun untuk balok *circular castella* dengan *adding plates* dilakukan di Laboratorium Struktur, Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

METODE PENELITIAN

Menghitung Tegangan Horizontal

Blodgett (1982) menyatakan bahwa tegangan horizontal memanjang dapat dihitung dengan salah satu cara sebagai berikut:

1. Menggunakan rumus umum:

$$\tau_h = \frac{V \cdot a_y}{I \cdot t} \left(\frac{s}{e} \right) = \frac{V \cdot (a_f \cdot y_f + a_w \cdot y_w)}{I \cdot t_w} \left(\frac{s}{e} \right)$$

dengan:

a_f = luas tampang sayap

y_f = jarak pusat berat tampang sayap ke garis netral.

a_w = luas tampang badan

y_w = jarak pusat berat tampang badan ke garis netral

$t = t_w$ = tebal badan

s = lebar segmen panel (lihat Gambar 7)

e = lebar web post, (lihat Gambar 9)

2. Menggunakan rumus

$$V_h = \frac{M_2 - M_1}{d}$$

$$\tau_h = \frac{M_2 - M_1}{d \cdot e \cdot t_w}$$

dengan:

$M_2 - M_1 = \Delta M$

M_2 = momen panel di tengah bentang

M_1 = momen panel di arah tepi bentang

d = jarak pusat berat panel atas ke panel bawah

3. Menggunakan rumus:

$$V_h = V_x \cdot \left(\frac{s}{d} \right)$$

dengan: $V_x = (V_1 + V_2)/2$

$$\tau_h = \frac{V_h}{t_w \cdot e}$$

V_1 = gaya lintang panel di tengah bentang

$\tau_h = V_2$

= gaya lintang panel di arah tepi bentang

4. Menggunakan cara empiris yaitu dengan memasang *rectangular rousette* atau *delta rousette*.

Dengan menggunakan rumus tersebut butir 2 dan butir 4, maka diperoleh hasil sebagai berikut ini.

$$M = 15,505 \cdot P$$

$$\tau_h = \frac{M_2 - M_1}{d \cdot e \cdot t_w} = \frac{\Delta M}{d \cdot e \cdot t_w}$$

$$\Delta M = M_2 - M_1 = M - 0,375 \cdot M$$

$$= 0,625 \cdot M$$

$$= 0,625 \cdot 15,505 \cdot P$$

$$= 9,690625 \cdot P$$

$$d = 21,0632 \text{ cm}$$

$$e = 3,88$$

$$t_w = 0,5$$

$$\tau_h = \frac{9,690625 \cdot P}{21,0632 \cdot 3,88 \cdot 0,5} = 0,23715 \cdot P$$

$$\bar{\tau} = 0,4 \cdot \sigma_t = 0,4 \cdot (3600) = 440 \text{ kg/cm}^2 \text{ (baja BJ 52)}$$

maka:

$$0,23715 \cdot P = 1440$$

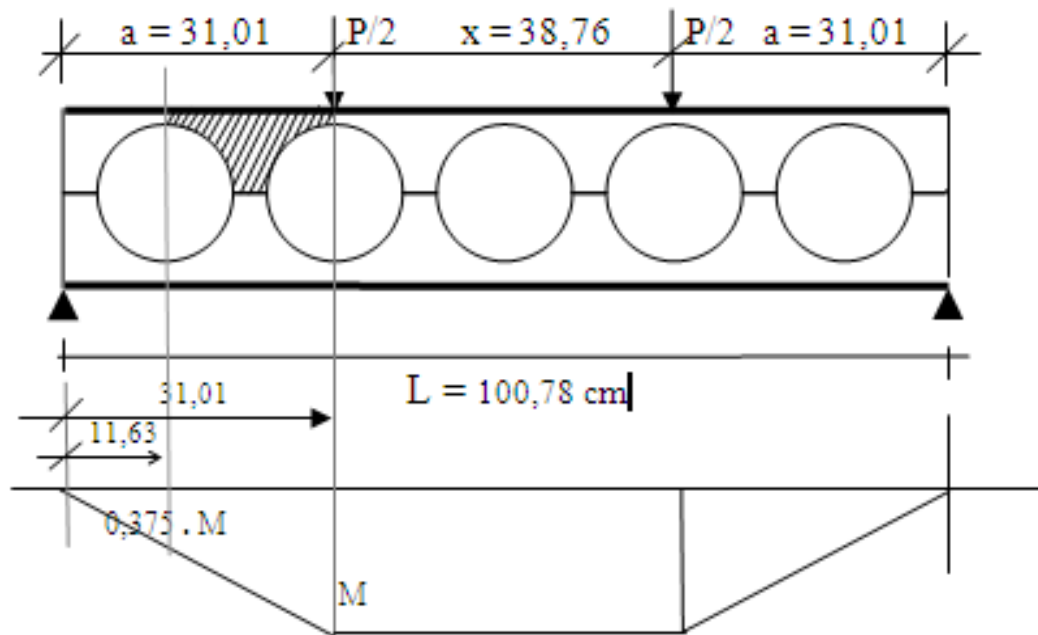
$$P = 6072,1063 \text{ kg}$$

$$= 60,7211 \text{ kN}$$

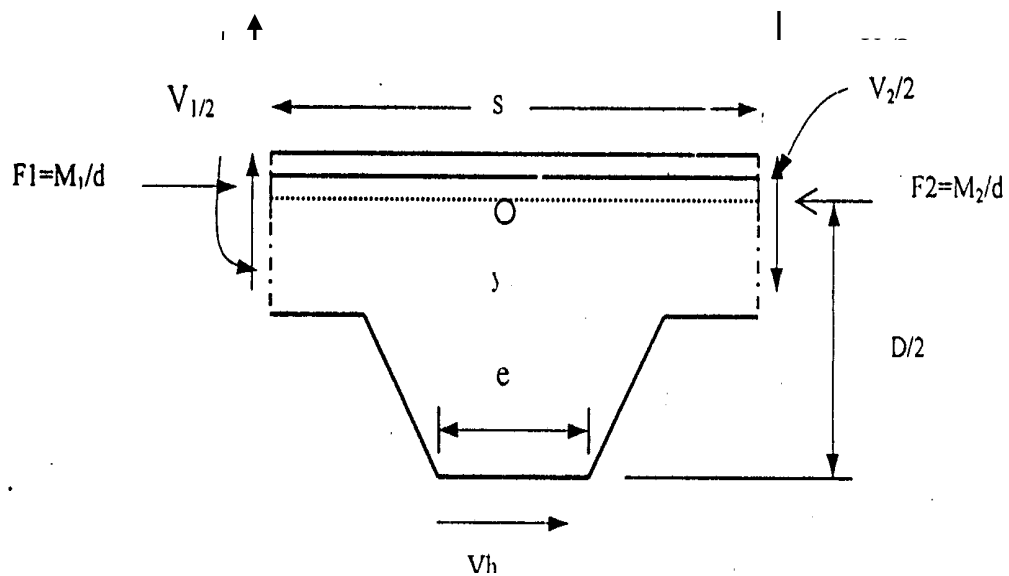
Dengan cara yang sama, diperoleh P untuk balok dengan *adding plates*, yaitu:

$$P = 8233 \text{ kg} = 82,33 \text{ kN}.$$

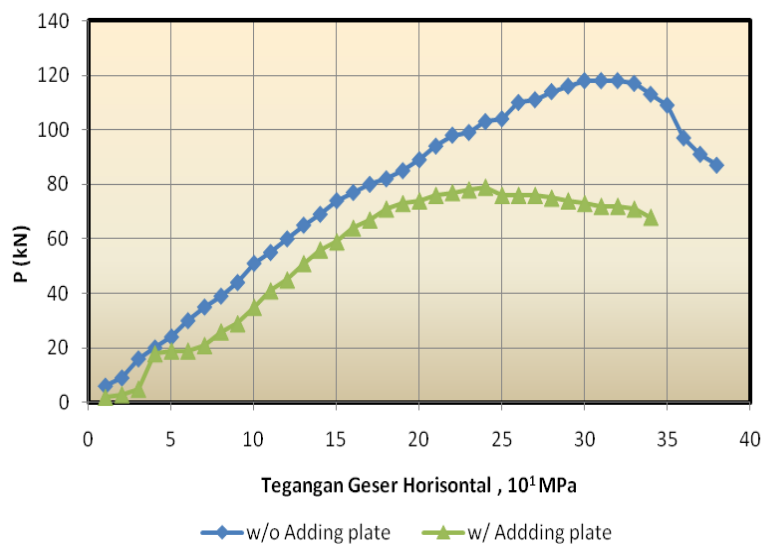
Dari hasil menggunakan rumus butir 4 dan hasil rumus butir 2 maka dapat diperiksa hasil rata-rata tegangan horizontal memanjang yang disajikan pada Grafik pada Gambar 8.



Gambar 6. Besar momen kiri dan kanan panel T kiri atas (bagian arsir)



Gambar 7. Panel T dengan bukaan heksagonal di luar bukaan *circular*



Gambar 8. Grafik Diagram Beban-Tegangan Geser Horizontal
Circular Castellated Beam with and without adding plate.

PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan didapat $P_{maks.}$ pada balok profil *Circular Castella without Adding Plates* sebesar 60,72 kN dan $P_{maks.}$ pada balok *Circular Castella dengan Adding Plates* sebesar 82,33 kN, sehingga diambil kesimpulan benda uji *Circular Castella dengan Adding Plates* lebih kuat terhadap gaya lintang/beban titik.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Dari hasil kajian dan pembahasan penelitian di atas, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. *Circular Castellated Beam* adalah salah satu model struktur yang dapat menghindari crack pada sudut bukaan atau lubang.
2. *Adding plate* pada *web-post* akan meningkatkan kapasitas dukung dan geser horizontal dari model *Circular Castellated Beam*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aglan, A.A., and R.G Redwood,, 1974, *Web buckling in castellated beams*, **Proceeding Institution Civil Enginners**, London U.K., 57, Part 2, 304-320
- Blodgett, W. Omer, 1982, **Open-web expanded beams and Girders (castellated).**, *Design of welded structures* , The James F. Lincoln Arc Welding Foundation.
- Kerdall D. and D.A. Netetherchots 1968, *Failure modes for castellated beams*, **Journal Construction Steel Research**, 4:295-315
- Lawson RM, D. Oshatoghe, and Newman GM, 2004, **Design of FABSEC Cellular Beams in Non-Composite and Composite Applications – For Both Normal Temperature and Fire Engineering Conditions to sci ad 269**, Fabsec Limited Brookland Court Tunstall Road, UK.
- Redwood R. and Demirdjian S., *Castellated Beam Web Buckling in Shear*, **Journal of Structural Engineering**, 1998: 1202-1207
- Zarrou W. and R.G Redwood,1996, *Web Buckling in Thin Webbed Castellated eams*, **Journal Structural Engineering**, 122(8): 860-866