

Analisis Kuat Lentur Balok Kastela Bukaannya Lingkaran

SULTAN LUTHFI ALGHIFARI¹, ERMA DESIMALIANA²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung

Email : algifarikrw@gmail.com¹ ermadesimaliana@itenas.ac.id²

ABSTRAK

Circular Castellated Beam merupakan modifikasi balok baja dari profil IWF maupun H-Beam yang dibuat dengan cara pemotongan badan profil dengan pola setengah lingkaran. Tujuan penelitian ini yaitu membandingkan kuat lentur nominal antara hasil ANSYS Workbench, dan perhitungan manual terhadap balok kastela bukaan circular. selisih kuat lentur nominal pada model 2 antara ANSYS Workbench dan perhitungan manual sebesar 3,572 %. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kapasitas lentur nominal berdasarkan pemodelan ANSYS Workbench telah mendekati hasil dari perhitungan manual.

Kata kunci: balok kastela circular, kuat lentur nominal, ANSYS Workbench.

ABSTRACT

Circular Castellated Beam is a modification of steel beams from IWF and H-Beam profiles made by cutting the profile body with a semicircular pattern. The purpose of this research is to compare the nominal flexural strength between the results of ANSYS Workbench, and manual calculations of circular opening castellated beams. the difference in nominal flexural strength in model 2 between ANSYS Workbench and manual calculations is 3.572%. Based on this research, it can be concluded that the nominal bending capacity based on ANSYS Workbench modeling has approached the results of manual calculations.

Keywords: circular castellated beam, nominal flexural strength, ANSYS Workbench.

1. PENDAHULUAN

Salah satu bentuk inovasi balok baja yang dapat digunakan saat ini ialah balok baja *Castella*, sebuah metode dengan memodifikasi profil baja IWF ataupun profil baja *H-Beam* yang diproduksi oleh pabrik dengan tujuan untuk menaikkan kapasitas profil baja saat menahan beban. *Open-Web Expanded Beams and Girder* (perluasan balok dan girder dengan badan berlubang) atau yang biasa dikenal dengan istilah balok kastela. Pada penelitian ini akan berfokus membahas mengenai *Castellated beam* dengan variasi bukaan *Circular*. Balok baja *Castella Circular* dibuat dengan cara pemotongan badan profil dengan pola setengah lingkaran. Penggunaan utama *Circular Castellated Beams* adalah untuk bangunan yang membutuhkan bentang lebar dengan memanfaatkan bobot profil yang lebih ringan, secara umum penggunaan *Castellated Circular Beams* praktis untuk bangunan dengan bentang lebih dari 30 ft atau 9.144 meter dan alternatif yang sangat ekonomis untuk bangunan dengan bentang lebih dari 40 ft atau 12.192 meter.

Berdasarkan *Internasional Journal of Engineering Research and Technology (IRJET)* "Parametric Study of Castellated Beam With Circular And Diamond Shaped Openings" telah diperoleh data nilai tegangan dan defleksi berdasarkan ABAQUS *Finite Element Metode Analysis* dan hasil uji eksperimen laboratorium. Maka penulis bertujuan untuk meninjau kuat lentur pada profil dari jurnal sebelumnya dengan hasil perhitungan manual dan hasil pemodelan ANSYS.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Balok

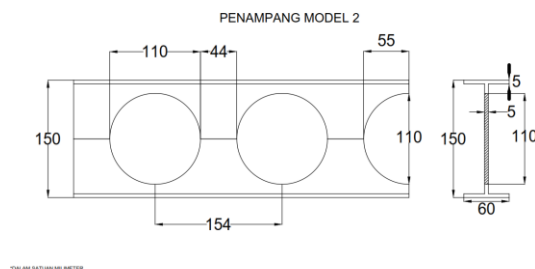
Balok merupakan suatu elemen struktur bangunan yang bersifat kaku serta dirancang untuk menahan dan menyalurkan beban menuju ke kolom untuk diteruskan ke fondasi. Balok dapat didefinisikan sebagai salah satu elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal. Menurut SNI 1729 : 2020, balok merupakan komponen structural horizontal nominal yang memiliki fungsi utama untuk menahan momen lentur.

2.2 Balok Kastela Bukaannya Lingkaran

Pada awalnya teknik modifikasi balok profil kastela adalah memotong badan balok baja IWF atau H menggunakan pola zigzag, kemudian salah satu potongan tersebut diangkat dan digabungkan kembali dengan bagian potongan lainnya dengan cara pengelasan. Tujuan modifikasi profil balok baja ini adalah meningkatkan nilai lentur aksial, momen inersia, dan modulus penampang (Knowles, 1991).

2.2 Dimensi Profil dan Data Pembebanan

Berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari penelitian sebelumnya diperoleh data profil dan pembebanan dapat dilihat pada **Gambar 2.1** dan **Tabel 2.1**.



Gambar 2.1 Dimensi Penampang Balok Kastela
(Sumber : Jamadar A. M., dan Kumbhar P. D. ,2015)

Tabel 2.1 Data Pembebanan

Model	Beban (kN)
2	32,5

(Sumber : Jamadar A. M., dan Kumbhar P. D. ,2015)

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pemodelan menggunakan *software* ANSYS *Workbench* dan perhitungan manual. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan nilai kuat lentur antara hasil pemodelan ANSYS *Workbench* dan perhitungan manual terhadap balok baja kastela bukaan lingkaran.

3.2 Analisis Perhitungan Manual

Berdasarkan AISC (American Institute of Steel Construction) : "Castellated and Cellular Beam Design" kekuatan lentur nominal (M_n) yang terjadi pada lubang bukaan dapat ditinjau dengan menggunakan teori Vierendeel Bending. Kuat lentur nominal pada kondisi kompak merupakan nilai terendah yang diperoleh berdasarkan kondisi batas leleh (momen plastis), tekuk torsi lateral (Lateral-torsional buckling). Model perletakan yang akan digunakan pada balok baja ini berupa sendi-rol dengan Panjang balok sebesar 1 m. model pembebanan yang akan digunakan pada balok baja ini berupa *Three points load*. Rumus yang digunakan dalam menghitung kuat lentur pada balok kastela bukaan lingkaran yaitu :

1. Kuat lentur nominal (M_n) pada kondisi leleh

$$M_n = M_p$$

$$M_p = M_y$$

Dimana :

$$M_y = F_y Z_x$$

= momen leleh pada sumbu tekuk (N-mm)

Z_x = modulus plastis penampang pada sumbu-X (mm^3)

2. Kuat lentur nominal (M_n) pada kondisi tekuk torsi lateral (*Lateral-torsional buckling*)

Jika $L_b \leq L_p$, maka syarat tekuk torsi lateral tidak diperhitungkan.

Jika $L_p < L_b < L_r$, maka kuat lentur nominal (M_n) :

$$M_n = \left[M_p - (M_p - 0.7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right]$$

Jika $L_b > L_r$, maka kuat lentur nominal (M_n) :

$$M_n = M_c$$

Dimana :

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_r = 1.95 \left(\frac{E}{F_y} \right) \frac{\sqrt{I_y J}}{S_x} \sqrt{2.36 \left(\frac{F_y}{E} \right) \frac{d S_x}{J} + 1}$$

$$M_{cr} = \frac{1.95 E}{L_b} \sqrt{I_y J} \left(B + \sqrt{1 + B^2} \right)$$

$$B = 2.3 \left(\frac{d}{L_b} \right) \sqrt{\frac{I_y}{J}}$$

d = Panjang *tee* dalam tegangan, (mm).

Untuk batang dalam tekanan, dimana sepanjang batang tidak diperkuat maka :

$$B = -2.3 \left(\frac{d}{L_b} \right) \sqrt{\frac{I_y}{J}}$$

Dimana :

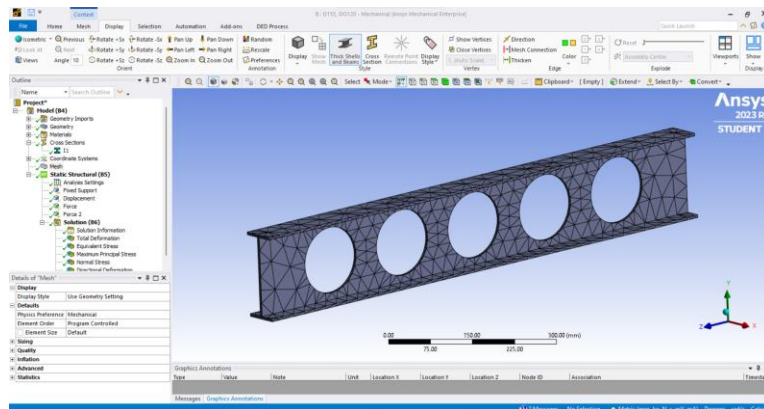
d = Panjang *tee* dalam tekanan, (mm).

M_n = Kuat lentur nominal, (Nmm).

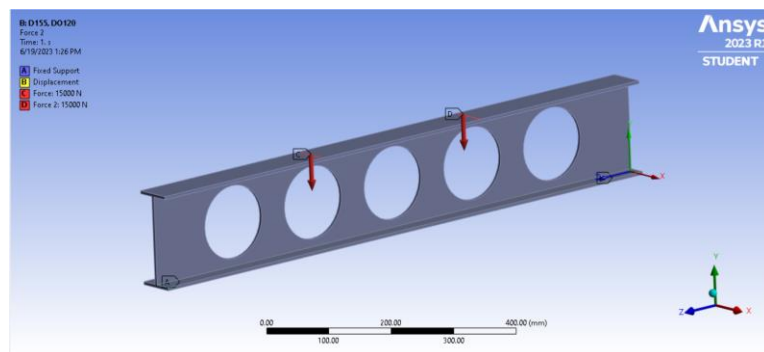
M_p = Momen lentur penampang plastis, (Nmm).
 L_b = Panjang bentang
 E = modulus elastisitas baja = 200000 MPa
 J = konstanta torsi (mm⁴)
 S_x = modulus penampang elastisitas di sumbu x (mm³)
 untuk batang *tee*
 $M_n = M_{cr} < M_y$

3.3 Analisis Pemodelan ANSYS Workbench

Tahap pertama pemodelan balok kastela bukaan lingkaran dilakukan dengan menggunakan sistem *static structural*, untuk menambahkan sistem *static structural* yaitu dengan cara menyeret dari kolom *toolbox* ke dalam kotak *project schematic* atau bisa dengan cara klik dua kali pada sistem di *toolbox*. Kemudian dilanjutkan dengan mengatur material properties pada *Engineering Data*, yaitu memastikan nilai *Young's Modulus*, *Tensile yield strength* dan *tensile ultimate strength* sesuai dengan material baja yang digunakan. Langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan geometri profil baja kastela pada *software* ANSYS dengan bantuan ANSYS *Design Modeler*. Langkah terakhir yaitu melakukan proses *meshing* pada batang yang telah dimodelkan, kemudian menentukan jenis dan posisi perletakan serta beban yang bekerja pada batang. Jenis output yang ditentukan yaitu *Total Deformation* dan *Equivalent Stress* yang terdapat pada *solution* dari *static structural* dan *Eigenvalue Buckling*. Setelah seluruh komponen telah terinput pada batang, dilakukan *solver* terhadap *Eigenvalue Buckling* untuk mendapatkan output.



Gambar 3.1 Meshing Penampang Balok Kastela



Gambar 3.2 Penentuan posisi beban dan perletakan

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisis Perhitungan Manual

Berdasarkan hasil perhitungan manual kuat lentur pada kondisi leleh dan kondisi tekuk torsi lateral diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1 Nilai Kuat Lentur Analisis Perhitungan Manual

Model	Mn Saat Kondisi Leleh	Mn Saat Kondisi Tekuk Torsi Lateral (<i>Lateral-Torsional Buckling</i>)	Unit
2	15.109.375,00	14.992.736,94	Nmm

Berdasarkan SNI 1729:2020 Pasal F.2 Kuat lentur nominal merupakan nilai terendah yang diperoleh berdasarkan kondisi batas leleh (momen plastis), tekuk torsi lateral (*Lateral-torsional buckling*). Sehingga nilai momen lentur nominal yang digunakan berdasarkan **Tabel 2.** adalah momen lentur nominal saat kondisi tekuk torsi lateral (*Lateral-Torsional Buckling*).

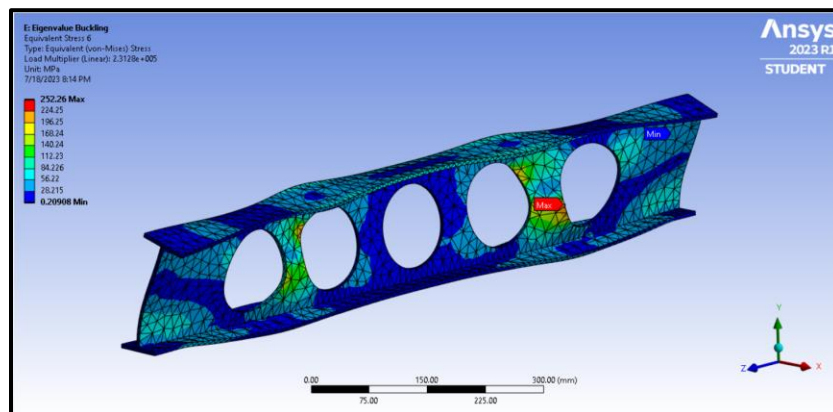
Tabel 4.2 Resume perhitungan Kuat Lentur Nominal

Model	Mn	Θ	ΘM_n	Unit
2	14.992.736,94	0,9	13.493.463,25	Nmm

Berdasarkan **Tabel 3.** nilai kuat lentur nominal (ΘM_n) pada model 2, yaitu sebesar 13.493.463,25 Nmm.

4.2 Hasil Analisis Pemodelan ANSYS *Workbench*

Output yang diperoleh dari pemodelan ANSYS ini yaitu berupa nilai tegangan maksimum yang selanjutnya akan dianalisis untuk mencari nilai momen lentur nominal pada profil Circular Castellated Beam. Besar kuat lentur nominal ini akan dibandingkan dengan nilai hasil perhitungan manual, serta mencari deviasinya dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar perbedaannya. Berikut ini adalah hasil analisa pemodelan ANSYS pada profil Circular Castellated Beam.



Gambar 4.1 Tegangan Maksimum pada Model 2

Berdasarkan Gambar 4.3 nilai tegangan maksimum pada profil Circular Castellated Beam model 2 saat kondisi tekuk torsi lateral didapat pada mode 6 dengan nilai tegangan maksimum sebesar 252.26 MPa.

sehingga dapat diperoleh nilai momen lentur nominal pada Circular Castellated Beam, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M &= (\sigma \cdot I) / y & \Theta M_n &= 0.9 \times M_n \\ &= (252,26 \times 4.2983 \times 10^6) / 75 & &= 0,9 \times 14.457.188,77 \\ &= 14.457.188,77 \text{ Nmm} & &= 13.011.469,90 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kuat lentur balok kastela bukaan lingkaran dengan perhitungan manual diperoleh nilai kuat lentur sebesar 13.493.463,25 Nmm dan hasil pemodelan ANSYS Workbench diperoleh nilai kuat lentur sebesar 13.011.469,90 Nmm. Sehingga diperoleh persentase selisih sebesar 3,572 %.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2020). *SNI 1729:2020 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta.
- Fares, P.E., S.E., P.Eng, Sameer S.; Coulson, P.E., John; Dinehart, Ph.D., David W. (2016). *Castellated and Cellular Beam Design* (Vol. 31). USA: American Institute of Steel Construction (AISC).
- Jamadar A. M., & Kumbhar P. D. (2015, May). PARAMETRIC STUDY OF CASTELLATED BEAM WITH CIRCULAR AND DIAMOND SHAPED OPENINGS. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 02(02), 715-720.
- Muhtarom, A., Idris, Y., & Welly. (2018). Perilaku Balok Kastela Bentang Pendek Dengan Variasi Bukaan Circular, Diamond, dan Hexagonal Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*.
- Nimmi K.P., & Krishnachandran V.N. (2016, Agustus). Experimental and Analytical Investigations of Cellular Steel Beams. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 1892.
- Ulum, S. (2014). *Analisa Perbandingan Model Keruntuhan Profil Hexagonal dan Circular Castellated Beam Dengan Program FEA*. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.