PENGARUH VARIASI BENTUK *STIFFENER* TERHADAP *LATERAL TORSIONAL BUCKLING* PADA BAJA

Fiqri Anra Wijaya[1], Suharyatma[2]
[1] Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Email: 14511240@students.uii.ac.id
[2] Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Email: 865110201@uii.ac.id

Abstract: *Castellated steel or honeycomb is steel beam which has hollow body plate elements, castellated steel is formed by splitting the middle part of the I-beam profile, H-beam or wide flange by forming a zig-zag pattern, then the upper part of the profile has been cut separated and then shifted slightly to the side then reconnected and welded, so that a new profile is formed with a height of approximately 1.5 times the height of the original profile and has a hexagonal shaped hole opening (hexagonal). This study aims to determine the effect of adding stiffener on flexural strength and lateral-torsional buckling, to determine the effect of stiffener shape variations on flexural strength and lateral-torsional buckling, to determine the value of plastic length (Lp) after the stiffener is added to the castellated beam steel. This research uses a flexural strength testing method with two points loading.The results of this study indicate that the plastic moment on some test specimens have almost the same value, where the moment value of specimens fitted with stiffener shaped I and C has almost the same value as the specimen without stiffener. The addition of stiffener to Castile steel does not affect the flexural strength of the steel. The stiffener is proven to add Lp length, where the specimen with an I-shaped stiffener has an Lp length of 1800 mm and the specimen with a C-shaped stiffener has an Lp length of 1700 mm, while the specimens without using a stiffener have a length of 1300 mm.*

Keywords : *Steel, Honeycomb, Castellated Beam, Stiffener, Lateral Torsional Buckling*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja merupakan salah satu material penting dalam bidang konstruksi, baja juga merupakan komponen struktur yang sering digunakan pada gedung, jembatan, tower dan lain sebagainya. Baja banyak digunakan dikarenakan baja memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan dengan material lainnya, antara lain baja adalah material yang mempunyai kekuatan terhadap beratnya yang relatif tinggi sehingga menyebabkan suatu konstruksi menjadi lebih ringan, baja juga unggul dari segi kekuatan, kekakuan dan daktalitas dibandingkan material lainnya. Kualitas mutu dari baja unggul dibandingkan dengan material lainnya dikarenakan baja adalah produk industri yang dapat dikontrol dengan baik sehingga bahannya lebih homogen dan konsisten.

Teori balok lentur menjelaskan bahwa tegangan maksimum pada profil I terjadinya di pelat sayap, sedangkan di pelat badan relatif kecil, bahkan nilainya nol di sumbu netral. Jarak antar pelat sayap akan menentukan besarnya momen inersia. Itu yang mendasari sistem castellated, bagaimana cara meningkatkan momen inersia profil I tanpa tambahan material. (Dewobroto, 2016)

Baja castellated atau honeycomb adalah balok baja yang memiliki elemen pelat badan yang berlubang, baja castellated dibentuk dengan cara membelah bagian tengah dari profil I-beam, H-beam atau wide flange dengan membentuk pola zig-zag, kemudian bagian atas dari profil yang telah

dipotong dipisahkan kemudian digeser sedikit ke samping kemudian disambungkan kembali lalu dilas, sehingga terbentuk suatu profil baru dengan tinggi kurang lebih 1,5 kali dari tinggi profil aslinya dan memiliki bukaan berlubang berbentuk segienam (hexagonal). Dengan penambahan tinggi tersebut baja castellated beam memiliki kekakuan yg lebih tinggi dari profil aslinya, dikarenakan penambahan tinggi di bagian badan, membuat nilai inersia dari penampang profil casttela bertambah sehingga membuat profil tersebut menjadi lebih kaku.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan pada latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut ini.

1. Bagaimana pengaruh stiffener terhadap perilaku lentur dan lateral torsional buckling pada baja castellated beam.
2. Bagaimana bentuk stiffener yang efektif untuk menahan tegangan yang terjadi pada baja castellated beam.
3. Bagaimana bentuk stiffener yang mampu menambahkan nilai panjang plastis (Lp).

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang tersebut di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan stiffener terhadap kuat lentur dan lateral torsional buckling pada baja castellated beam.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi bentuk stiffener terhadap kuat lentur dan lateral torsional buckling pada baja castellated beam.
3. Untuk mengetahui nilai panjang plastis (Lp) setelah ditambahkan stiffener pada baja castellated beam.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat bagi perkembangan teknologi baja pada khususnya, dan sebagai pengetahuan baru terhadap masyarakat pada umumnya. Diantara beberapa manfaat tersebut adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi tentang pengaruh penambahan stiffener terhadap kuat lentur pada baja castellated beam.
2. Untuk mengurangi kegagalan lateral torsional buckling pada saat melakukan penelitian maupun di lapangan.
3. Untuk mengetahui bentuk stiffener yang efektif untuk memperpanjang nilai panjang plastis (Lp) agar dapat diaplikasikan di lapangan.
4. Menjadi referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang akan membahas masalah stiffener atau variasi lainnya untuk mengurangi kegagalan lateral torsional buckling pada profil baja.

1.5 Batasan Masalah

Batasan pada penelitian ini dimaksudkan agar penelitian tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

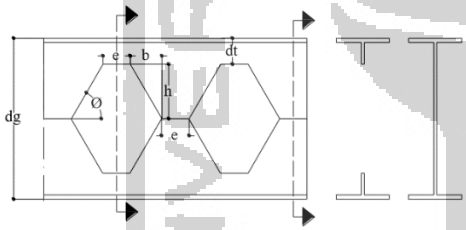
1. Benda uji baja castellated beam dengan variasi bentuk stiffener memiliki tinggi dan lebar yang sama hanya berbeda pada bentuk.
2. Baja profil yang digunakan adalah WF 100x100x6x8.
3. Pembentukan pola castellated mengacu pada tabel gunung garuda.
4. Proses pengelasan (welding) pada baja profil yang telah dipotong adalah dengan cara las tumpul penetrasi joint lengkap.
5. Stiffener yang digunakan dibuat menggunakan potongan dari pelat baja dengan ketebalan yang sudah ditentukan sebelumnya.
6. Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Program Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.
7. Persyaratan standar yang digunakan untuk pengujian dan perhitungan baja berdasarkan SNI 07-0408-1989, SNI 07-

0371-1998, SNI 07-7178-2006 dan SNI 1729:2015.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Desain Baja Castellated Beam

Menurut Masita Nur Hayati dan Suprapto (2013), bahwa optimalisasi baja kastela bila ditinjau dari lebar potongan profil (e) pada lubang kastela tidak diperbolehkan melebihi dari 2 ½ h atau e (125mm), jika lebar pemotongan profil (e) melebihi 2 ½ h (>125mm), maka ada indikasi terjadi nilai buckling yang besar pada balok kastela untuk baja WF 200.100.5,5.8. Hal ini ditunjukkan dari nilai momen lentur yang dihasilkan baja kastela lebih tinggi 22 % dibandingkan dengan baja utuh, sehingga kekuatan untuk menahan momennya juga lebih besar dan nilai lendutannya pun juga lebih kecil dibandingkan baja utuh.



Gambar 1 Profil *Castellated Beam* Dengan Lebar Potongan Profil (e)

(Sumber: Masita Nur Hayati dan Suprapto, 2013)

2.2 Kegagalan Pada Balok Baja

Menurut Masita Nur Hayati dan Suprapto (2013), semakin lebar pemotongan profil (e) maka semakin besar nilai bucklingnya. Menurut Dawang Lugito dan Suprapto (2014) yang telah melakukan penelitian dengan judul Pengaruh Tebal Plat Pengaku Pada Pengujian Tinggi Pemotongan Profil (H) yang Mengaami Buckiling Terhadap Prilaku Lentur Pada Balok Baja Kastela (Castellated Beam), bahwa untuk penambahan ketebalan plat pengaku yang diletakan di atas lubang tidak berpengaruh karena nilai momenya relative sama, tapi pada bagian badan tidak mampu dan terjadi tekuk kesamping (KIP). Dari beberapa penelitian diatas, bahwa kegagalan yang terjadi pada penelitian-penelitian sebelumnya adalah kegagalan terhadap tekuk torsi lateral (Lateral Torsioanl Buckilng). Pada penelitian Resmi Mohan dan Preetha Prabhakarn (2015), kegagalan yang dialami adalah tekuk pada bagian tumpu, dimana pada kegagalan baja ini bagian badan atau sayap akan mengalami tekuk di bagian tumpuan atau di titik pembebanannya. Berikut adalah gambar kegagalan tekuk tumpu.

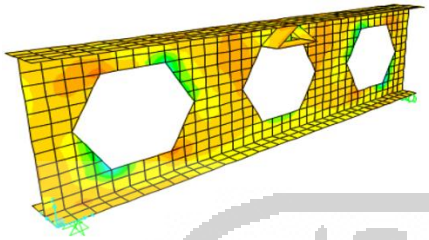
Gambar 2 Terjadinya Tekuk Tumpu Pada Baja Castellated Beam Bukaan Hexagonal (kiri) dan Bukaan Circular (kanan)

(Sumber: Resmi Mohan dan Preetha Prabhakarn, 2015)

2.3 Pengaku (Stiffener) Pada Balok Baja

Pada penelitian Dawang Lugito dan Suprapto (2014), yang bertujuan untuk melakukan pengujian dengan mengubah tinggi total (h)= 50% dari profil utuh, lebar lubang (e)= 125cm, sudut = 60° ditambah plat pengaku dengan ketebalan yang berbeda di atas lubang, dengan harapan tegangan yang terjadi bisa menyebar ke seluruh penampang dan kekuatannya menjadi lebih tinggi terhadap perilaku lentur pada balok kastela. Pada penelitian ini menerapkan model castellated beam zig-zag horisontal dengan benda uji profil WF 200.100.5,5.8 Proses eksperimen ini untuk meneliti optimalisasi kekuatan tegangan lentur castellated beam bila diberlakukan perbedaan tebal plat pengaku dari tinggi pemotongan profil (h) yang mengalami buckling yaitu WF h=125mm, dan dibedakan dalam 5 macam plat pengaku yaitu t1= 2mm, t2= 4mm, t3= 6mm, t4= 8mm, t5= 10mm ditinjau dari uji ledutan. Berikut adalah gambar letak pelat

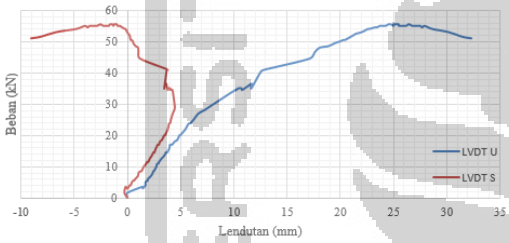
pengaku, dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3 Pengaku Berbentuk Segitiga yang Diletakan di Atas Lubang
(Sumber: Dawang Lugito dan Suprapto, 2014)

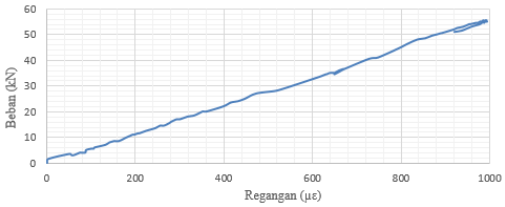
3. HASIL PENGUJIAN

3.1 Benda Uji A1 & C1C



Gambar 4 Grafik Beban Terhadap Lendutan Pada Benda Uji A1

Pada grafik di atas dapat dilihat perbedaan lendutan yang terjadi antara LVDT U dan LVDT S, kedua posisi LVDT yang dipasang pada benda uji A1 memiliki perbedaan lendutan dikarenakan bentuk dari benda uji yang sedari awal sudah miring. Artinya benda uji mengalami lendutan dengan posisi miring, kemudian nilai lendutan dari LVDT U dan LVDT S mengalami pertambahan yang linier hingga beban 22 kN, kemudian terjadi selisih lendutan antara kedua LVDT tersebut yang menyebabkan benda uji A1 mengalami buckling ke arah utara seperti yang ditunjukan pada grafik 5.9, dimana lendutan yang terjadi pada LVDT U bernilai positif dan nilai dari LVDT S bernilai negatif yang menunjukan bahwa benda uji tersebut mengalami buckling ke arah kiri. Dengan nilai beban maksimal sebesar 55,5 kN. Berikut adalah grafik beban terhadap regangan pada benda uji A1.



Gambar 5 Grafik Beban Terhadap Regangan Pada Sayap Benda Uji A1

Dari dua grafik di atas dapat disimpulkan bahwa benda uji A1 telah mengalami lateral torsional buckling dikarenakan benda uji A1 telah mengalami kegagalan sebelum mencapai batas regangan lelehnya, dimana nilai regangan pada benda uji A1 adalah 994 με sedangkan batas regangan leleh untuk benda uji A1 adalah 1.775 με. Pada saat beban benda uji A1 mencapai 55,5 kN, batang baja untuk melakukan pembebanan benda uji terhempas dari atas benda uji dikarenakan benda uji A1 telah mengalami buckling, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Gambar 6 Baja Untuk Pembebanan Dua Titik Terhempas Dari Atas Benda Uji A1

Gambar 7 Benda Uji A1 Setelah Dilakukan Uji Lentur

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pengujian di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan dari data hasil pengujian di atas momen plastis pada sebagian benda uji memiliki nilai yang hampir sama, dimana nilai momen benda uji yang dipasangi stiffener berbentuk I dan C memiliki nilai yang hampir sama dengan benda uji yang tidak dipasangi stiffener. Setelah baja WF profil 100x100x6x8 dimodifikasi berbentuk kastela, momen yang di hasilkan dari benda uji meningkat. Dimana baja kastela tanpa pengaku memiliki nilai momen sebesar 42,64k Nm sedangkan momen sebelum benda uji di kastela sebesar 18,62 kNm yang artinya nilai momennya meningkat sebesar 129% atau 2,29 kalinya. Begitu juga dengan benda uji kastela yang dipasangi stiffener berbentuk I dan berbentuk C dimana nilai momennya meningkat menjadi 41,17 kNm dan 43,31 kNm, yang artinya nilai momennya meningkat sebesar 121% dan 133% dari benda uji sebelum dikastela.
2. Berdesarkan dari data hasil pengujian menunjukan bahwa penambahan stiffener pada baja kastela tidak terlalu mempengaruhi kuat lentur pada baja tersebut. Dimana nilai momen pada baja kastela tanpa menggunakan stiffener adalah 42,63 kNm, sedangkan benda uji yang menggunakan stiffener berbentuk I dan C memeiliki nilai momen 41,17 kNm dan 43,31 kNm cenderung tidak jauh berbeda dengan benda uji yang tanpa menggunakan stiffener dan dari data hasil pengujian menunjukan bahwa variasi bentuk stiffener tidak terlalu mempengaruhi kuat lentur pada benda uji tersebut. Dimana nilai momen benda uji dengan stiffener berbentuk I menurun sebesar 3,43% dari benda uji yang tidak menggunakan stiffener. Sedangkan nilai momen pada stiffener berbentuk C naik sebesar 1,58% dari benda uji yang tidak menggunakan stiffener.
3. Stiffener terbukti menambahkan panjang Lp, dimana benda uji dengan stiffener berbentuk I memeiliki panjang Lp sebesar 1,8 m dan benda uji dengan stiffener berbentuk C memiliki panjang Lp sebesar 1,7 m dimana kedua stiffener dengan panjang tersebut mampu menahan beban hingga melebihi regangan lelehnya sedangkan benda uji yang tidak menggunakan stiffener memiliki panjang Lp sebesar 1,3 m, dimana nilai tersebut berbeda sekitar 0,5 m dari benda uji dengan panjang Lp tertinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa stiffener berbentuk I merupakan stiffener yang paling baik untuk menambahkan nilai panjang Lp dari kedua stiffener tersebut.

5. SARAN

Dari kesimpulan di atas dapat disarankan bahwa:

1. Pada penelitian selanjutnya diharapkan pada bagian tumpuan benda uji agar diperkuat agar benda uji tidak bergerak dari posisinya
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk memasang strain gauge pada bagian badan sehingga memiliki data lendutannya.
3. Pada penelitian selanjutnya diharapka untuk menambah variasi bentuk stiffener.
4. Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk memerhatikan proses pengelasan pada bagian sambungan baja kastela agar tidak terjadi kegagalan pada bagian las pada saat melakukan pengujian.
5. Menambah variasi panjang bracing agar dapat mengetahui panjang Lp yang optimal pada benda uji.

DAFTAR PUSTAKA

Dewobroto, Wiryanto, 2016, Struktur Baja. Edisi ke-2, Universitas Pelita Harapan, Tangerang.

Hayati, Marsita Nur dan Suprapto, 2013, Pengaruh Lebar Potongan Profil (e) Terhadap Perilaku Lentur Pada Balok Baja Kastela (Castellated Beam), Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.

Lugioto, Dawang dan Suprapto, Pengaruh Penambahan Tebal Plat Pengaku di Sayap Pada Pengujian Tinggi Pemotongan Profil (H) Yang Mengalami Buckling, Rekayasa Teknik Sipil Vol 3 Nomer 3/rekat/14 (2014): 100 – 108, Surabaya.

Mohan. Resmi and Prabhakaran, Preetha, 2015, Experimental Analysis To Compare The Deflection Of Steel Beam With and Without Web Openings, Sree Narayana Gurukulam College of Engineering, India.

Salmon, Charles G. and Johnson, John E., 1996, Steel Structures Design and Behavior. 4th ed, Harper Collins Collage Publisher, New York.

Segui, William T., 2006, Steel Design. 4th ed, CL engineering, U.S.A.

Standar Nasional Indonesia, 1989, SNI 07-0408-1989, Cara Uji Tarik Logam, Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Standar Nasional Indonesia, 1998, SNI 07-0371-1998, Batang Uji Tarik Untuk Bahan Logam, Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Standar Nasional Indonesia, 2006, SNI 07-7178-2006, Baja Profil WF-Beam Proses Canai Panas (Bj P WF-Beam), Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Standar Nasional Indonesia, 2011, SNI 4431-2011, Cara Uji Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan, Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Syed, Soni and M.A., Saneebamol, 2016, Experimental Investigation on Castellated steel beam having spacer plates (Litzka Beam), Volume: 3 Issue: 1 Jul,2016, ISSN_NO: 2320-723X, India.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA