



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



24

PROGRAM PASCASARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL Teknik Sipil VIII 2012

ISBN 978-979-99327-7-8

**“Pembangunan Berkelanjutan
Transportasi dan Infrastruktur”**

Surabaya, 2 Februari 2012

PERILAKU SAMBUNGAN BALOK-KOLOM BAJA COLD-FORM MENGGUNAKAN GUSSET PLATE DAN FLANGE

Anis Saggaff¹, Yakni Idris², Leonardus Kristianto²

¹PhD Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Palembang, Telp 0711-580139,
email: anissaggaff@yahoo.com

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Palembang,
email: leonardus_kristianto@yahoo.com

ABSTRACT

Structural beam and column of cold-formed steels are becoming popular and widely used. For two storey building, cold-formed steel can be used as an alternative material besides hot rolled steel, and composite. This is because beam and column of cold-formed steel profile is more light and easy to assemble. Indonesia has not having code about cold-formed steel.

Structural buildings constructed using from cold-formed steel or hot-rolled steel have so many problems in connections. The, connections are calculated on designed differently. In real condition, there are so many problems in structural connection. Therefore, observation about cold-formed steel construction must be worked

Beam to Column Connection is one of the alternative is using GUSSETS to have strong connection for cold-formed steel. The connection can resist the bending moment and can reduce the deflection of the Beams.

Key Words: column, beam, moment, deflection

I. PENDAHULUAN

Baja *cold-formed* semakin banyak digunakan akhir-akhir ini. Pengguna maupun kontraktor banyak memperoleh keuntungan dengan menggunakan baja ringan. Struktur baja *cold-formed* juga memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan rangka baja konvensional atau kayu. Pengguna tidak perlu mengkhawatirkan masalah korosi, beban mantap akibat berat sendiri struktur dan biaya. Baja *cold-formed* jelas lebih kuat dan lebih ringan dari pada baja konvensional. Dengan demikian, rangka baja *cold-formed* merupakan pilihan yang amat baik untuk struktur bangunan dengan dimensi tidak terlalu besar, terutama struktur bangunan dua lantai.

Proses perencanaan dan fabrikasi baja *cold-formed* dikerjakan banyak mengacu pada peraturan desain yang berlaku seperti di Amerika-AISI, di Australia-AS 4600, di Inggris BS 5950, dan di Eropa Euro-Eurocode3. Peraturan tersebut memperhitungkan semua jenis beban, komponen – komponen struktur, dan berbagai macam sambungan. Software desain elemen struktur desain sambungan kebanyakan di peroleh dari perusahaan penyedia jasa tersebut. Hanya proses perakitan tinggal dilakukan di lapangan. Salah-satu yang menjadi pertimbangan penggunaan desain baja adalah aspek lokasi pembangunan adalah dimensi atau bentang dari struktur yang akan dibangun.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Potongan penampang, konfigurasi, proses manufaktur dan fabrikasi *cold-formed steel* berbeda dengan baja konvensional. Pada produksi *cold-formed steel*, baja dibentuk

sedemikian rupa dalam suhu ruangan dengan menggunakan *bending brakes*, *press brake*, dan *roll-forming machines*.

Peraturan Eurocode3 yang digunakan dalam *paper* ini hanya berlaku pada penampang dengan *ketebalan tidak melebihi 25,4 mm*. Ketentuan – ketentuan desain dalam peraturan tersebut dikembangkan menurut eksperimen terhadap elemen struktur yang diberi beban statis. Peraturan ini tidak mengakomodasi ketahanan struktur terhadap api.

Sifat baja yang terpenting dalam penggunaannya sebagai bahan konstruksi adalah kekuatannya yang tinggi, dibandingkan dengan bahan lain seperti kayu, dan sifat keliatannya, yaitu kemampuan untuk berdeformasi secara nyata baik dalam tegangan baik dalam regangan maupun dalam kompresi sebelum kegagalan, serta sifat homogenitas yaitu sifat keseragaman yang tinggi.

Karakteristik material yang penting untuk desain *cold-formed steel* adalah tegangan leleh, kuat tarik, dan daktilitas. Daktilitas adalah kemampuan baja menahan regangan plastis atau permanen sebelum mengalami fraktur. Kemampuan ini cukup penting untuk keamanan struktural maupun proses pembentukan penampang *cold-formed steel*. Kemampuan ini diukur dengan penguluran baja sampai 250 mm satuan panjang. Rasio tegangan leleh dengan kuat tarik juga merupakan karakteristik yang penting karena rasio ini adalah indikasi adanya strain-hardening dan kemampuan material mendistribusikan tegangan..

Sambungan adalah lokasi dimana ujung-ujung batang bertemu. Umumnya sambungan dapat menyalurkan ketiga jenis gaya dalam. Beberapa jenis sambungan yaitu: sambungan kaku, sambungan sendi, sambungan rol. Deformasi yang terjadi pada sambungan antara balok-kolom pada struktur baja yang menggunakan sambungan baut akan mempengaruhi kekakuan struktur, sehingga akan berpengaruh pada momen lentur yang terjadi. Perubahan kekakuan pada struktur dapat dilihat dari perubahan momen lentur yang terjadi, sehingga dapat ditentukan tingkat penekanan rotasi yang sesuai dengan tipe sambungan yang digunakan.

Tipe-Tipe sambungan diantaranya sebagai berikut :

1. Sambungan sederhana (*Simple Connection*)
2. Sambungan Semi-Kaku (*Semi-rigid connection*)
3. Sambungan Kaku (*Rigid Connection*)

III. METODOLOGI

Pemodelan dilakukan dengan bantuan software SolidWorks 2011. Dengan variabel penelitian sebagai berikut :

1. Kolom dan balok tersebut di desain sesuai dengan aplikasi ataupun penelitian yang telah diterapkan sebelumnya. Dalam tugas akhir ini hanya membahas perilaku sambungan kolom-balok baja *cold-formed* terhadap defleksi dan rotasi sehingga proses desain penampang kolom dan balok tidak dibahas.
2. Kondisi perletakan pada sambungan portal diasumsikan jepit-rol.
3. Profil yang digunakan adalah profil Double – Channel digunakan untuk kolom dan balok.
4. Pembebanan yang dilakukan meliputi beban sendiri dan bebanterpusat yang bervariasi awal hingga mengalami kegagalan sambungan maupun profil.
5. Standar desain mengacu pada peraturan Eurocode 3.

Baja *cold-formed* merupakan material nonlinier. Material yang seperti ini terjadi ketika hubungan tegangan – regangan tidak linier atau elastic dan cenderung menjadi plastis. Secara teori data mengenai material baja *cold-formed* sebagai berikut :

1. Modulus Elastisitas (E) : 203.000 MPa
2. Modulus Geser (G) : 78.000 MPa
3. Poisson's Ratio (μ) : 0,3

Table dimensi Sample Uji:

No. Test	Nama Sampel	Dimensi Kolom (mm) ³	Dimensi Balok (mm) ³		Dimensi Sambungan		Jumlah Baji (buah) ²
			D _{balok}	B _{balok}	L-Angle ¹	Gasket Plate ²	
1	DC-150	D _{kolom} = 250 B _{kolom} = 77	150	67	100x50x6-S275	500x150x6-S275	16
2	DC-200		200	73		500x200x6-S275	16
3	Dc 250		250	77		500x250x6-S275	16

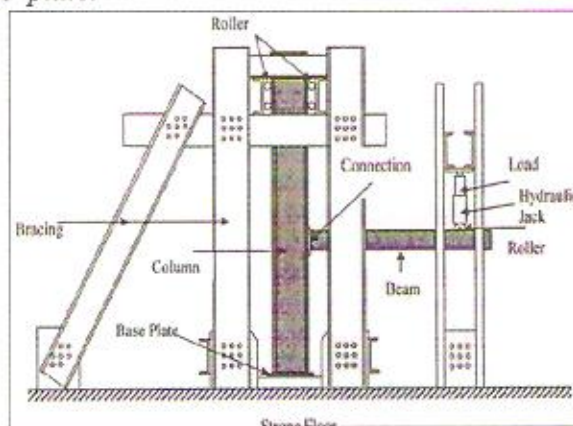
Keterangan:

1. Dimensi kolom dan balok sesuai spesifikasi pabrik. Baja grade S275, ketebalan 2 mm dan radius 2,5 mm.
2. Label dimensi L-Angle dan gasket plate panjang x lebar x ketebalan – steel grade
3. Seluruh baut adalah M12 Grade 8.8 ukuran baut d₁ = 12 mm, diameter lubang baut d₂ = d₁ + 1 mm = 13 mm

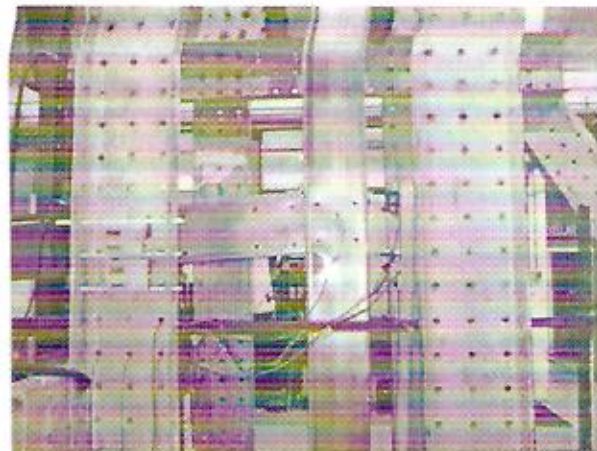
Sumber: Tan Cer Chiang, Mahmood Md. Tahir, Shek Poi Ngian.

Ada 3 sampel uji yang dicobakan dalam penelitian ini seperti yang tertera pada table 3.1. sampel tersebut diteliti oleh Tan Cher-Siang, Mahmood Md. Tahir, Shek Phong-Ngian, Shahrin Mohammad, Ahmad Kueh Beng-Hong di Laboratorium Struktur Universitas Teknologi Malaysia. Penelitian tersebut dikerjakan sesuai prosedur berdasarkan peraturan Eurocode 3.

Pada sisi sayap pada bagian atas arah sumbu Y pada kolom diberi perletakan sendi rol. Hal ini dilakukan agar kondisi di pemograman mendekati kondisi nyata yang diterapkan pada saat uji coba di laboratorium. Begitu juga pada sisi bagian samping arah sumbu Z dari balok diberikan “pembatas” agar pada saat pemberian beban pada balok, balok tidak mengalami torsi. Kemudian pada bagian bawah dari kolom diberikan peletakan jepit guna sebagai pengikat. Pada uji coba secara ekperimental, “pengikat” tersebut berupa *base plate*.



Gambar 1 Susunan benda uji
(Sumber : M.MDTahir, AnisSaggaiff, dkk)



Gambar 2 Model struktur eksperiment

Setelah semua data-data dibuat, kemudian dilakuakn permodelan pada SolidWorks. Permodelan ini dibagi dalam 2 tahap, yaitu :

1. Pembuatan Part (Bagian)

Pembuatan *Part* dilakukan dengan membuat sketsa 2D penampang yang akan ditinjau pada bidang gambar yang tersedia. Kemudian hasil sketsa 2D dijadikan model 3D dengan menggunakan *features* yang tersedia. Untuk penelitian kali ini dibuat 5 komponen yaitu : batang atas, batang bawah, batang tegak, batang diagonal, dan sekrup.

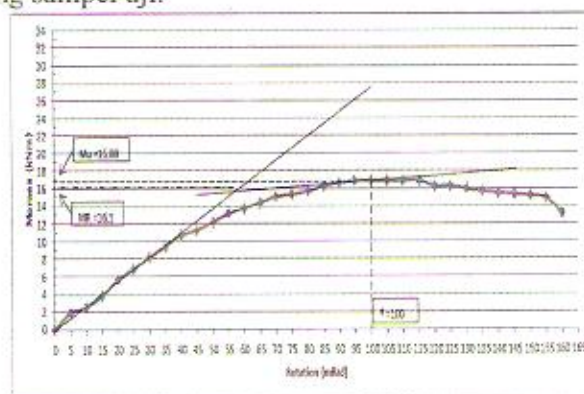
2. Perakitan Part (Bagian)

Setelah semua komponen (*part*) selesai dibentuk, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah perakitan (*assembly*). Perakitan ini dilakukan dengan menggabungkan batang – batang dan pelat yang telah dibentuk.

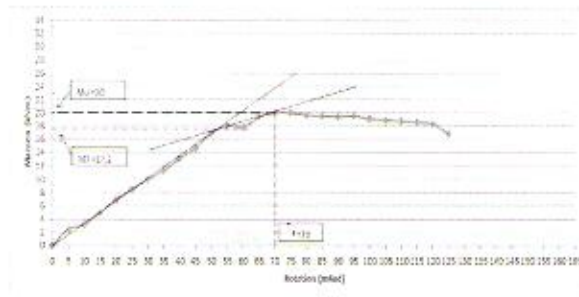
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Eksperimen

Hasil eksperimen dari kurva momen terhadap rotasi untuk sampel uji DC-150 sampai DC-250 dapat dilihat pada gambar berikut ini dimana nilai momen resistance (M_R) dari hasil eksperimental di dapat sebesar 16.10 kNm, 17,2 kNm, dan 31.25 kNm dari masing – masing sampel uji.

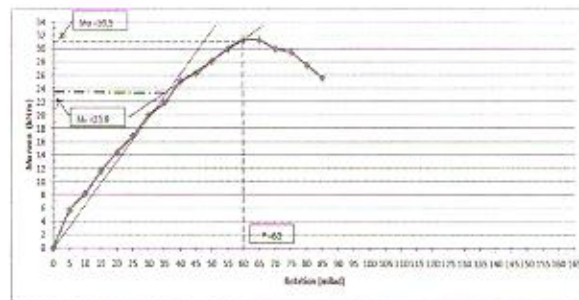


Gambar 3 Kurva momen – rotasi



Gambar 5 Kurva momen – rotasi uji DC-200

Sumber: Tan Cer Chiang, Mahmood Md. Tahir, Shek Poi Ngian.

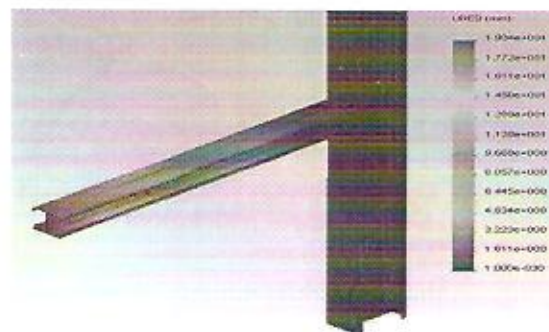


Gambar 6 Kurva moment uji DC-250

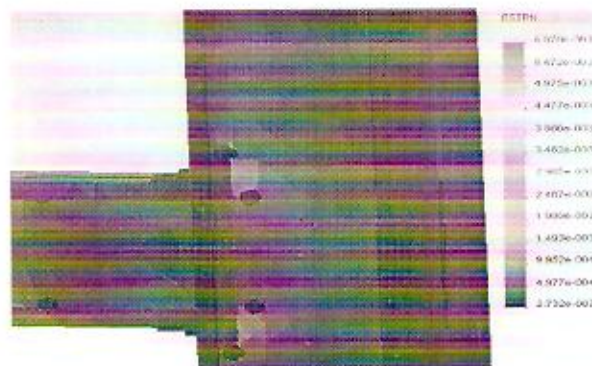
Sumber: Tan Cer Chiang, Mahmood Md. Tahir, Shek Poi Ngian.

4.2 Hasil Analisa COSMOSWORKS

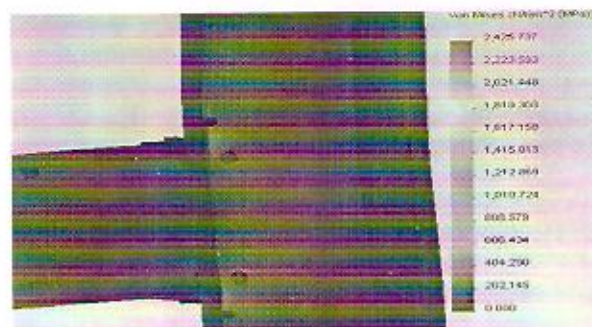
Hasil yang diperoleh dari program CosmosWorks terdiri atas tegangan, regangan, dan defleksi. Analisa program dilakukan dengan metode elemen hingga yang akan membagi bidang berbentuk tetrahedral, seperti gambar berikut ini. Hasil output yang didapat dari CosmosWorks. Perpindahan horizontal yang dihasilkan program memiliki sifat compatibility yaitu nilai defleksi antar balok dan kolom hampir sama. Sifat ini terjadi dimana ketika struktur yang dibebani berdeformasi di bawah beban tersebut, titik – titik yang saling berhubungan tidak berpindah ketempat lain dalam arti berpindah pada satu arah. Pada analisa ini hanya diperlukan output program defleksi untuk mencari *momen capacity*.



Gambar 7 Hasil Simulasi Sampel Uji DC – 150



Gambar 8 Hasil Simulasi Sampel Uji DC – 200



Gambar 9 Hasil Simulasi Sampel Uji DC – 250

4.3 Perhitungan Momen - Rotasi

Nilai momen – rotasi di dapat dari perhitungan dengan menggunakan hasil output program CosmosWorks berupa displacement arah y dan arah z pada kolom dan balok. Untuk memperoleh displacement sambungan diambil data *output displacement*. Displacement yang dicari yaitu pada arah vertical dan horizontal pada kolom dan balok, letak titik pada kolom di titik berat balok itu sendiri sedangkan letak titik pada balok yaitu 125 mm dari daerah sambungan kolom – balok. Dari hasil displacement tersebut maka akan mendapatkan nilai rotasi.

Momen dan rotasi yang di dapat selanjutnya di plot dimana pada sumbu horizontal adalah rotasi, sedangkan pada sumbu vertikal adalah momen.

Contoh perhitungan :

Sampel Uji DC-150

Beban (P) = 0,5kN

s = 1,3 m

Sampel hasil yang di dapatkan dari program SolidWorks pada node A dan B adalah sebagai berikut :

Displacement pada balok (A) Displacement pada kolom (B)/

$A_x = 0.6477 \text{ mm}$ $B_x = 0.1028 \text{ mm}$

$A_y = -0.9800 \text{ mm}$ $B_y = -0.0085 \text{ mm}$

Penyelesaian :

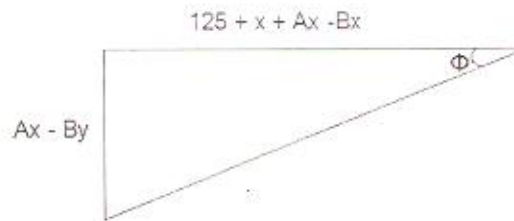
a. Momen

$$M = P \times s$$

$$= 0,5\text{kN} \times 1.3 \text{ m}$$

$$= 0.65 \text{ kNm}$$

b. Rotasi

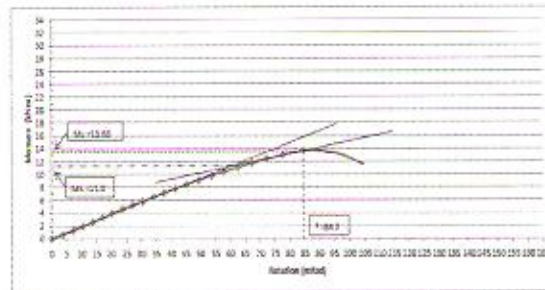


Total perubahan arah $x = 125 + x + Ax - Bx$
 $U_x = 125 + \frac{250}{2} + 0.6477 - 0.1028$
 $= 250.5449 \text{ mm}$

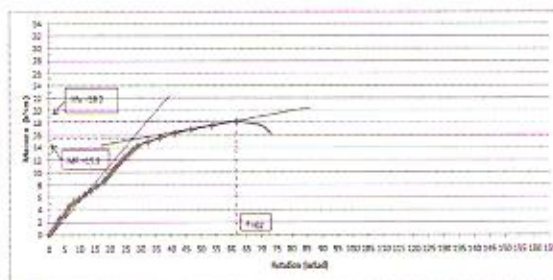
Total perubahan arah $y = |Ay - By|$
 $U_y = |-0.98 - (-0.0085)|$
 $= 0.9714 \text{ mm}$

Rotasi = $\left[\tan^{-1} \left(\frac{U_y}{U_x} \right) \right] 1000$
 $= \left[\tan^{-1} \left(\frac{0.9714}{250.5449} \right) \right] \cdot 1000$
 $= 3.8774 \text{ mRad}$

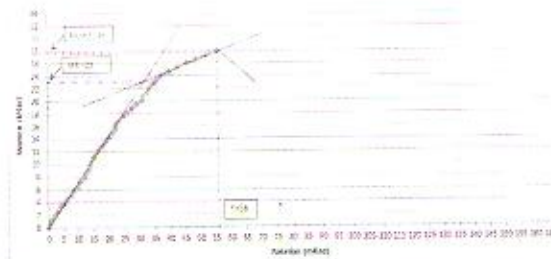
Perhitungan tersebut dilakukan juga untuk sampel DC-200 dan DC-250. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan grafik berikut :



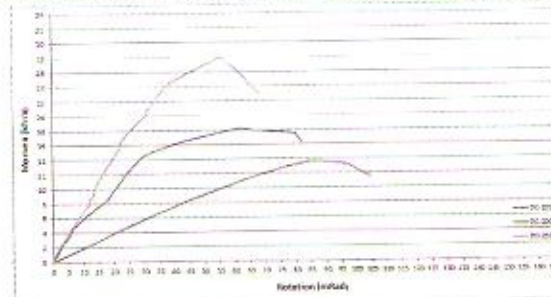
Gambar 10 Kurva momen – rotasi DC-150



Gambar 11 Kurva momen – rotasi DC-200



Gambar 12 Kurva momen – rotasi sampel DC-250



Gambar 13 kurva momen –rotasi hasil Cosmosworks

Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa grafik DC- 250 merupakan sampel uji yang termasuk ke dalam kategori kekakuan .Hal ini ditunjukkan dari nilai momen yang besar, yaitu 28.05 kNm dengan rotasi sebesar 56 mRad dibandingkan dengan sampel uji lainnya. Kemudian disusul oleh grafik DC-200 dan grafik DC-150.

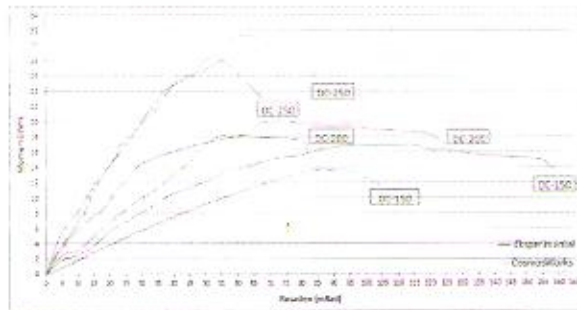
4.4 Model Kegagalan yang Terjadi

Dari hasil analisa, kegagalan pada masing – masing sampel uji dari DC-150 sampai DC-250 ditemukan adanya perubahan bentuk pada profil yang disimulasikan CosmosWorks pada SolidWorks 2011.

Hal ini mungkin saja terjadi karena dengan berat sendiri profil balok telah menjadi “musuh utama” bagi proses pembebanan sebelum ditambah gaya tambahan dari luar. Selain itu juga dengan bertambahnya tinggi web profil *lip channel* dan dengan tebal web yang terbilang tipis serta adanya jarak antar profil *lip channel* setebal *gusset plate*, memungkinkan terjadinya puntiran pada bagian ujung balok yang dibebani.

4.5 Perbandingan Hasil Eksperimental dengan Software CosmosWorks.

Perbandingan hasil ini dilakukan untuk menentukan keakuratan dari analisa elemen hingga pada suatu sambungan antara kolom dan balok baja *cold-formed* dengan menggunakan kombinasi L-Angle dan *Gusset Plate*. Data yang didapat melalui software CosmosWorks sangat terbatas pada kekuatan maksimum saja tanpa bisa melihat proses dari kekuatan maksimum hingga mengalami *failure*, sehingga dibutuhkan data perbandingan eksperimental.



Gambar 14 Perbandingan kurva momen – rotasi eksperimental dengan CosmosWorks

Dari gambar 14, didapat bahwa adanya perbedaan antara hasil eksperimental dengan CosmosWorks. Hasil yang didapat dari hasil eksperimental lebih besar daripada hasil CosmosWorks. Perbandingan momen tahanan untuk sampel satu sampai tiga terangkum dalam tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan Nilai M_R yang didapat dari analisa CosmosWorks dengan eksperimen

NO	Sampel Uji	Momen Resistance (M_R)		Hasil Perbandingan Rasio	Persentase Perbedaan (%)
		Eksperimental (kNm)	Cosmos Works (kNm)		
1	DC-150	16.1	11.3	0.7019	29.81
2	DC-200	17.2	15.2	0.8837	11.63
3	DC-250	23.9	23	0.9623	3.77

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilaksanakan dengan menggunakan bantuan software SolidWorks sebagai media merakit (*drawing*) benda uji dan dianalisa menggunakan CosmosWorks. Dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi menunjukkan bahwa sambungan mengalami kegagalan pada pembebanan maksimum 21.5 kN untuk sampel uji DC-250 dengan daya tahan rotasional pada beban maksimum yang diidentifikasi melalui kurva momen – rotasi menunjukkan derajat kekekangan rotasional sebesar 55.78 mRad kemudian diikuti oleh DC-200 dan DC-150. Pola kegagalan diawali dengan adanya deformasi profil pada balok diikuti dengan tertariknya profil kolom pada daerah sambungan.

DAFTAR PUSTAKA :

- AISI Standard 2001, "North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members".
- AISI Standard 2007, "North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members".
- AISI, "Cold-Formed Steel Structure to the AISI Specification".
- ASCE-7-2005, "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures".
- Tan, C.S, Tahir, M.M., Shek, P.N. *Isolated Joints Test of Angle Connections for Cold-formed Double-channel Steel Sections. 7th International Conference on Steel and Aluminum Structures. (2011) Sarawak, Malaysia.*

- MahmoodMdTahir, Tan Cher Siang. *Experimental Tests on Partial Strength Connection for Cold-formed Steel Double Lipped Channel Sections. Fifth International Conference on Thin-Walled Structures.* (2008) Brisbane, Australia.
- Tan Cher Siang. *Behaviour of Pin and Partial Strength Beam-to-column Connections with Double Channel Cold-formed Steel Sections.* Thesis, Universiti Teknologi Malaysia. (2009)
- Rudy Gunawan, Ir, *Daftar Tabel Profil Konstruksi Baja*, Penerbit Konisius, Yogyakarta, 1987.
- Agus Setiawan, *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*, Erlangga, Jakarta, 2008.
- Dewobroto, Wiryanto, *Fenomena Curling Pelat Sambungan dan Jumlah Baut Minimum*
- Wijaya, Hendrik dan Dewobroto, Wiryanto, *Penggunaan Washer Khusus Pada Sambungan Baja Cold-Formed*
- Wci Wen Yu, P.hd, P.E, *Cold-Formed Steel Design*