



JURNAL FORUM MEKANIKA

Volume 6 - Nomor 2

November 2017

ISSN : 2356-1491

ANALISIS RUMAH KABEL BAWAH TANAH PADA PROYEK PEKERJAAN JARINGAN
UTILITAS SKTT 150 KV PLUMPANG - GAMBIR
DYAH PRATIWI KUSUMASTUTI; IRMA SEPRIYANNA

STUDI KOMPARASI ANTARA PRACETAK MASIF DAN FLY SLAB STUDI KASUS: STRUKTUR
GEDUNG RUSUNAWA SURAKARTA
BUDI WICAKSONO

SISTEM DRAINASE ALIRAN BAWAH TANAH UNTUK DAERAH RAWAN LONGSOR
(STUDI KASUS SUB DAS SUNGAI CIKAPUNDUNG, BANDUNG)
ENDAH LESTARI

ANALISA STATISTIK DEBIT BANJIR DAN DEBIT ANDALAN SUNGAI KOMERING
SUMATERA SELATAN
DEVITA MAYASARI

STUDI EKSPERIMENTAL KUAT LENTUR BAJA PROFIL I KOMPAK SIMETRIS GANDA
BERDASARKAN RSNI 03-1729-201X
DICKI DIAN PURNAMA; AKHMAD AMINULLAH; MUSLIKH

PENGUNAAN PASIR LAUT TERHADAP KUAT TEKAN BETON KOTA BENGKULU
TOMMY IDUWIN

ANALISA PENGARUH ADMIXTURE TERHADAP ABU TERBANG (FLY ASH) DAN BOTTOM
ASH
TRI YUHANAH; NOVIA ADE MANDASARI

ANALISA KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL PADA PERSIMPANGAN ANGKATAN 66
DAN RUAS JALAN R. SOEKAMTO KOTA PALEMBANG
YULES PRAMONA ZULKARNAIN; IRMA INDRIANI



SEKOLAH TINGGI TEKNIK – PLN (STT-PLN)

JURNAL FORUM MEKANIKA

VOL. 6 NO. 2

HAL. 61-136

JAKARTA, NOV.2017

ISSN : 2356-1491

STUDI EKSPERIMENTAL KUAT LENTUR BAJA PROFIL I KOMPAK SIMETRIS GANDA BERDASARKAN RSNI 03-1729-201X

DICKI DIAN PURNAMA

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik PLN Jakarta
Email : dicki@sttpln.ac.id

AKHMAD AMINULLAH

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
Email : akhmadaminullah@ugm.ac.id

MUSLIKH

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
Email : muslikh7@yahoo.com

Abstrak

Bahaya tekuk dan ketidakstabilan struktur mudah terjadi pada struktur balok baja, yang mengakibatkan struktur akan mengalami kegagalan sebelum mencapai nilai kapasitas penampang ultimitnya sehingga kekuatan dari suatu balok tidak hanya ditentukan dari kapasitas ultimit penampangnya saja. Ketidakstabilan struktur dapat menyebabkan terjadinya tekuk torsi lateral meskipun tidak ada beban torsi yang bekerja pada balok. Usaha yang dapat dilakukan untuk mendukung stabilitas balok yaitu dengan cara memasang penahan lateral pada bagian sisinya. Penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan informasi mengenai kuat lentur baja dengan cara membandingkan antara hasil teoritis berdasarkan SNI 03-1729-2002 dan (Rancangan Standar Nasional Indonesia) RSNI 03-1729.1-201x dengan hasil pengujian eksperimental dan hasil analisis elemen hingga (dengan bantuan program ABAQUS). Benda uji lentur yang diteliti termasuk kategori bentang panjang dengan panjang bentang uji 3,3 meter. Pembebanan dilakukan dengan sistem threepoint load. Hasil yang didapat dari pengujian menunjukkan informasi bahwa kapasitas lentur penampang untuk benda uji bentang panjang hasil pengujian eksperimental memiliki perbedaan terkecil sebesar 33,18% dari hasil teoritis. Adapun untuk cara analisis dengan FEM memiliki perbedaan sebesar 33,18% dengan hasil eksperimen. Kegagalan yang terjadi untuk benda uji bentang panjang yaitu akibat tekuk torsi lateral.

Kata kunci : Ketidakstabilan struktur, tekuk torsi lateral, kuat lentur

Abstract

The danger of buckling and instability structures easily occurs on the steel beam structure, it will make the structure fails before it reaches the cross section ultimate capacity. In that case the strength of a beam is not only determined by cross-section ultimate capacity. The instability of the structure causes lateral torsional buckling even though there is no torque on the beam. There is one way to support the stability of the beam; by installing lateral support on its side. This research is intended to obtain information about flexural strength by comparing the theoretical results based on SNI 03-1729-2002 and (Indonesian National Standard Draft) RSNI 03-1729.1-201x with the results of experimental testing and finite element analysis results (using the ABAQUS program). The flexural specimens which are studied are in the long-span with a length of 3.3 meters span test. The loading uses three-point load system. The results of the test show information that flexural strength for the long-span specimen from experimental test results has the smallest difference of 33.18% of the theoretical result. As for analysis with FEM also has the same difference of 33.18% with the experimental results. Failure that occurs for long-span specimen is due to lateral torsional buckling failures.

Keywords : instability structure, lateral torsional buckling, flexural strength.

I. Latar Belakang

Pada struktur baja, elemen-elemen tersebut memiliki bentuk/profil yang berbeda dibanding struktur dengan elemen beton. Karena material baja memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibanding

material beton maka profil pada struktur baja umumnya lebih ramping. Hal ini dilakukan agar terjadi efektifitas penampang, bentuk elemen baja yang terlalu besar malah akan menyebabkan berat dari elemen tersebut akan semakin besar dan akan

mengakibatkan biaya yang dibutuhkan akan semakin besar pula. Bentuk penampang yang relatif tipis tersebut seringkali menyebabkan ketidakstabilan struktur sehingga elemen akan mengalami kegagalan sebelum mencapai nilai kapasitas penampang ultimitnya. Salah satu perilaku struktur baja yang dapat menyebabkan hal tersebut yakni perilaku tekuk (*buckling*). Khusus untuk elemen balok fenomena tekuk dibagi menjadi tekuk lokal, dan tekuk torsi lateral.

Wacana pembaruan peraturan baja terbaru RSNI 03-1729-201x masih dalam tahap pembahasan. Namun seperti yang diketahui bersama bahwa RSNI 03-1729-201x masih mengadopsi peraturan AISC 360-05¹. Sedangkan kondisi di Indonesia berbeda dalam hal mutu baja hasil pabrikasi dengan kondisi USA (Nawir, 2005)². Sehingga kiranya perlu dilakukan penelitian untuk memberikan informasi mengenai RSNI 03-1729-201x apakah telah memenuhi kriteria yang dipersyaratkan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat lentur dan faktor modifikasi C_b pada balok tanpa pengaku lateral dan dengan pengaku lateral sesuai perhitungan kuat lentur RSNI baja 03-1729-201x dan SNI baja 03-1729-2002 dan membandingkannya dengan kuat lentur baja hasil eksperimen, mencari tahu apakah tipe keruntuhan yang terjadi sesuai dengan persyaratan yang diberikan dan mengetahui manakah metode yang lebih mendekati dan aman antara RSNI 03-1729.1-201X dan SNI 03-1729-2002 dengan hasil eksperimen.

Pada penelitian ini profil yang digunakan yaitu profil I kompak simetris ganda terhadap sumbu kuat, baja profil I menggunakan produk dari PT Krakatau Wajutama dibawah naungan PT Krakatau Steel dengan mutu baja BJ 41 yakni mutu baja yang dipersyaratkan memiliki kuat leleh 250 MPa dan kuat putus 410 MPa, penelitian lebih difokuskan pada nilai tekuk torsi lateral pada baja profil I kompak simetris ganda dan analisis FEM hanya dilakukan pada benda uji bentang panjang (BL-1).

II. Landasan Teori

Tidak semua keruntuhan yang terjadi pada struktur balok diakibatkan kekuatan penampang yang tidak cukup untuk menahan beban yang bekerja, kadangkala keruntuhan balok terlebih dahulu disebabkan oleh ketidakstabilan struktur balok itu sendiri yang mengakibatkan terjadinya tekuk torsi lateral, meskipun tidak ada beban torsi yang bekerja pada balok tersebut.

Kondisi Batas Momen Lentur

Kegagalan suatu komponen struktur lentur (balok) dapat terjadi ketika balok mencapai momen plastis tetapi kegagalan komponen struktur lentur dapat juga ditentukan oleh 2 macam kriteria. Kriteria pertama yaitu profil akan mengalami *lateral*

torsional buckling (tekuk torsi lateral) yang diakibatkan adanya *displacement* dan rotasi di tengah bentang, namun hal ini tidak mengalami perubahan bentuk. Kriteria kedua yaitu profil akan mengalami *local buckling* (tekuk lokal) pada sayap tekan dan juga pada pelat badan, sehingga mengakibatkan berubahnya bentuk profil, hal ini diakibatkan oleh adanya rasio kelangsingan yang relatif sangat besar antara tinggi pelat badan terhadap tebalnya.

Kompak (tidak ada masalah tekuk lokal)	Tidak Kompak (ada masalah tekuk lokal)	Langsing (Balok Pelat)
λ_p		λ_r

Gambar 1. Pengelompokan Batang (Segui, 2007)

Tabel 1. Batas-Batas λ_p dan λ_r Profil WF

Elemen	λ	λ_p	λ_r
Flens	$\frac{b_f}{2 t_f}$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$1,0 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
Web	$\frac{h}{t_w}$	$3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

Sumber : Segui, 2007

Kuat Nominal Lentur Penampang

Kekuatan lentur nominal, M_n harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi lateral :

Akibat Leleh

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (1)$$

Akibat Tekuk Torsi Lateral

a. Bila $L_b < L_p$

Untuk SNI 03-1729-2002⁴ nilai momen lentur pada bentang pendek sama dengan RSNI 03-1729.1-201x.

$$M_n = M_p \quad (2)$$

$$M_p = f_y Z \text{ atau } 1,5 M_y \quad (3)$$

$$M_y = f_y S \quad (4)$$

b. Bila $L_p < L_b < L_r$

Nilai momen lentur pada RSNI 03-1729.1-201x⁵ yaitu :

$$M_n = C_b \left[M_p - 0,7 F_y S_x \right] \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} < M \quad (5)$$

Untuk SNI 03-1729-2002 nilai momen lentur pada bentang menengah yaitu :

$$M_n = C_b \left[M_r (M_p - M_r) \right] \frac{L_r - L_p}{L_r - L_p} < M_p \quad (6)$$

c. Bila $L_b > L_r$

Nilai momen lentur untuk bentang panjang pada RSNi 03-1729.1-201x yaitu:

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

$$F_{cr} = c_b \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_0} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \quad (7)$$

Untuk SNI 03-1729-2002 nilai momen lentur pada bentang panjang yaitu :

$$M_n = M_r \leq M_p$$

$$M_n = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{E I_y G J + \left(\frac{\pi E}{L}\right)^2 I_y I_w} \quad (8)$$

Nilai L_p pada SNI 03-1729-2002 dan RSNi 03-1729.1-201x memiliki batasan yang sama, yakni:

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (9)$$

Batasan nilai L_r yang diberikan pada RSNi 03-1729.1-201x yakni:

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}} \quad (10)$$

Sedang batasan nilai L_r yang ada pada SNI 03-1729-2002 yakni:

$$L_r = r_y \left[\frac{X_1}{f_L} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 f_L^2}} \quad (11)$$

Faktor modifikasi untuk momen tak seragam

$$C_b \text{ min} = \left(\frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \right)$$

Dimana :

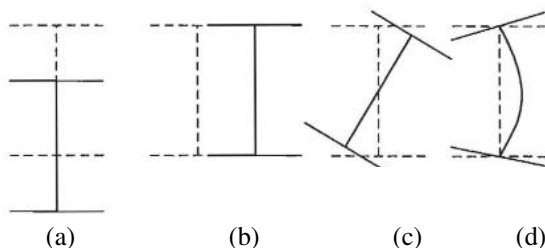
M_{max} = momen maks di segmen L_b

M_A = momen di $\frac{1}{4} L_b$

M_B = momen di $\frac{1}{2} L_b$

M_C = momen di $\frac{3}{4} L_b$

Stabilitas

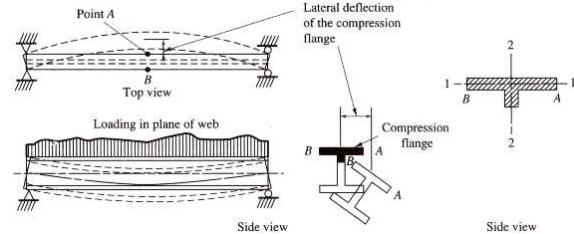


Gambar 2. Deformasi Balok (Sumber : Segui, 2007)

Tekuk Torsi Lateral

Ada dua macam kategori sokongan lateral, yakni :

1. Sokongan lateral menerus yang diperoleh dengan menanamkan *flens* tekan balok ke dalam pelat lantai.
2. Sokongan lateral pada jarak tertentu yang diberikan oleh balok atau rangka melintang dengan kekakuan yang cukup.



Gambar 3. Balok Terkekang Lateral pada Ujung-Ujungnya (Setiawan, 2008)

Tabel 2. Faktor yang Mempengaruhi Tekuk Torsi Lateral

Faktor yang Mempengaruhi Tekuk Torsi Lateral	
Material	Modulus Geser (G) Modulus Young's (E)
Penampang Melintang	Konstanta Torsi (It) Konstanta Tekuk (Iw) Momen Inersia Sumbu Lemah (Iz)
Geometris	Panjang Balok (L)
Kondisi Batas	Lentur Terhadap Sumbu Utama Lentur Terhadap Sumbu Minor Tekuk
Beban	Tipe Pembebanan (terdistribusi, terpusat, dll) Letak Beban (sayap atas, pusat geser, sayap bawah, dll)

Sumber : SNI 2002

III. Metodologi Penelitian

Bahan Penelitian

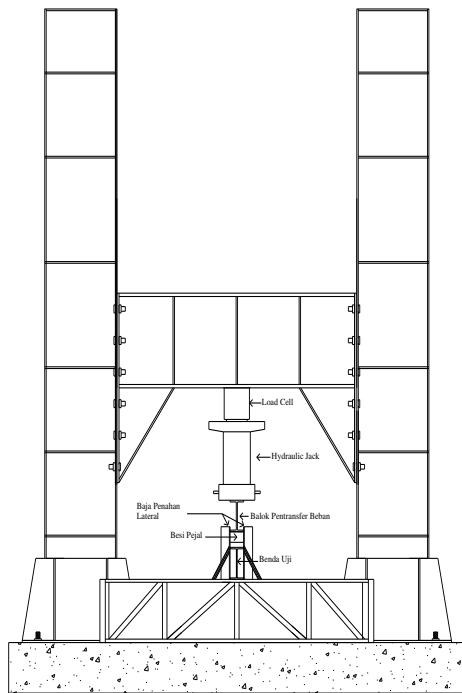
Benda uji yang digunakan pada pengujian ini adalah baja profil IWF dengan dimensi 150x75x5x7 dari produk PT Krakatau Wajutama dibawah naungan PT Krakatau Steel dengan mutu BJ41 yang dibuat 1 *sample* untuk benda uji tipe 1.

Peralatan Penelitian

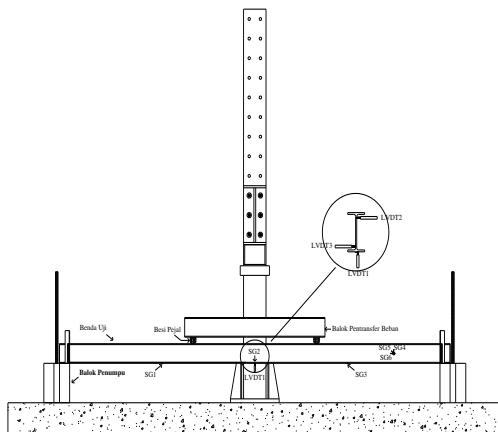
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Loading Frame
2. Hydraulic Jack
3. Load Cell
4. LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*)
5. Data Logger
6. Strain gauge
7. Strain indicator dan Switching Box

Pemodelan Benda Uji



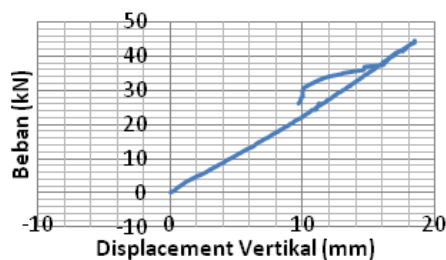
Gambar 4. Tampak depan Setting Up Pengujian



Gambar 5. Tampak Samping Pengujian

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

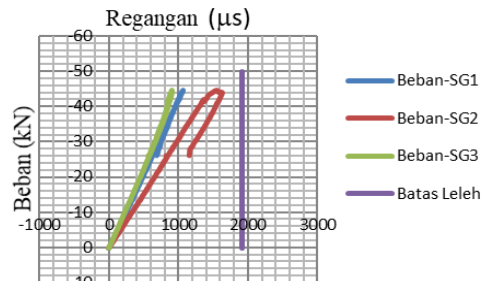
Kuat Lentur Eksperimen Benda Uji



Gambar 6. Kurva Beban-Displacement Vertikal Benda Uji

Dari pengujian tarik didapatkan kuat tarik baja f_y sebesar 393 MPa dan kuat ultimit f_u sebesar 529 MPa

Pada Gambar 6 tampak bahwa benda uji BL-1 masih dalam kondisi elastis dimana kurva yang terjadi masih linier. Hingga pada beban 4,47 ton. Dari kurva diatas dapat diketahui jenis kegagalan yang terjadi pada benda uji tipe 1 (BL-1). Dimana benda uji BL-1 mengalami kegagalan akibat tekuk torsi lateral.

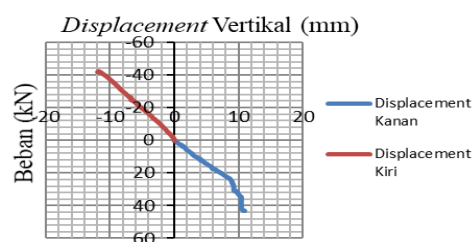


Gambar 7. Beban-Regangan BL-1

Pada Gambar 7 tergambar kurva beban-regangan untuk *strain gauge* yang berada di sayap bawah pada jarak $\frac{1}{4}$ bentang, $\frac{1}{2}$ bentang dan $\frac{3}{4}$ bentang. Dari ketiga *strain gauge* tersebut, semuanya menunjukkan bahwa pada bagian $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, dan $\frac{3}{4}$ bentang belum mengalami leleh. Sehingga bisa diambil kesimpulan bahwa kegagalan yang terjadi karena tekuk torsi lateral.

Displacement arah horizontal ditinjau pada sisi kiri dan kanan benda uji. Hal ini dilakukan agar didapatkan informasi tentang rotasi yang dialami oleh penampang. Dari data pengamatan, benda uji mengalami rotasi sebesar 15° .

Pada Gambar 8 tampak bahwa kemiringan/rotasi benda uji terus bertambah bersamaan dengan bertambahnya beban yang diberikan hingga mencapai beban puncaknya.



Gambar 8. Kurva Beban-Displacement Horizontal BL-1

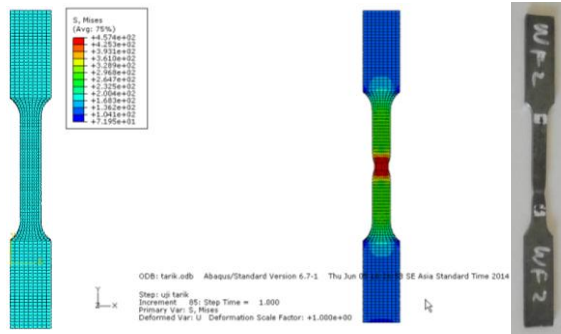
Hasil perhitungan kapasitas momen lentur untuk benda uji tipe 1 disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan kapasitas balok secara teoritis dan eksperimental. Dapat dilihat bahwa kemampuan balok hasil eksperimental memiliki nilai yang lebih besar dari perhitungan teoritis yakni sebesar 34,85 dan 33,18 %. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas balok dari perhitungan teoritis lebih konservatif dari kondisi eksperimental baik untuk SNI 03-1729-2002 maupun RSNI 03-1729-201x.

Tabel 3. Kapasitas Momen Lentur Benda Uji BL-1 Hasil Eksperimen

Type Benda Uji	M _n SNI 03-1729-2002 (kN.m)	M _n SNI 03-1729-201X (kN.m)	M _n Eksperimental (kN.m)	Perbedaan (2) : (4) (%)	Perbedaan (3) : (4) (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	16,10	16,42	24,59	33,18	34,85

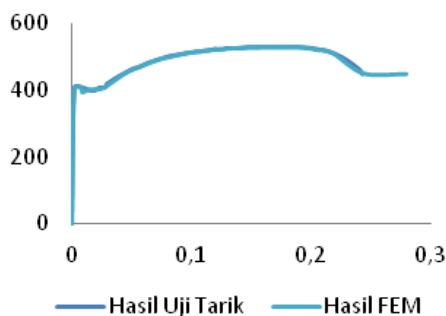
Kuat Lentur FEM Benda Uji



Gambar 9. Pemodelan Benda Uji Tarik ABAQUS
Sumber : Hasil Analisis, 2014

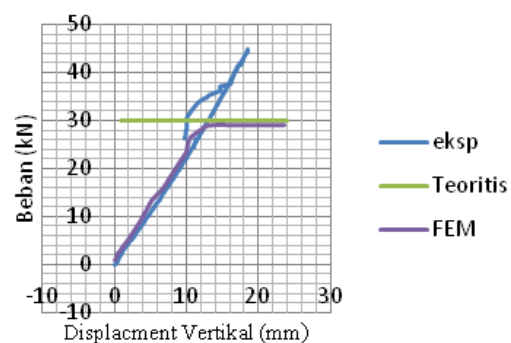
Sebelum melanjutkan ke proses analisis, dilakukan terlebih dahulu verifikasi nilai material properties yang akan diinputkan dalam ABAQUS. Langkah verifikasi yang dilakukan yakni dengan memodelkan pengujian tarik kemudian membandingkan hasilnya dengan hasil pengujian tarik eksperimental.

Perbandingan Kuat Tarik Hasil Eksperimental dan FEM dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan Kuat Tarik Hasil Eksperimental dan FEM

Pada Gambar 11 tampak bahwa benda uji BL-1 hasil analisis FEM masih dalam kondisi elastis meskipun tidak elastis dimana kurva yang terjadi masih linier hingga pada beban ultimitnya sebesar 29,1 kN. Dari kurva diatas dapat diketahui jenis kegagalan yang terjadi pada pada benda uji. Dimana benda uji BL-1 mengalami kegagalan akibat tekuk torsi lateral.



Gambar 11. Beban-Regangan BL-1 FEM

Tabel 4 menunjukkan kapasitas balok secara teoritis dan FEM. Dapat dilihat bahwa kemampuan balok hasil analisis FEM memiliki perbedaan dari perhitungan teoritis yakni sebesar 33,18 %.

Tabel 4. Kapasitas Momen Lentur Benda Uji BL-1 Hasil FEM

Type Benda Uji	M _n SNI 03-1729-2002 (kN.m)	M _n SNI 03-1729-201X (kN.m)	M _n FEM (kN.m)	Mn Eksp (kN.m)	Perbedaan (2) : (5) (%)	Perbedaan (3) : (5) (%)	Perbedaan (4) : (5) (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	16,01	16,42	16,01	24,59	33,18	34,85	33,18

Pola Keruntuhan Benda Uji

Pada Gambar 4 dapat diketahui jenis kegagalan yang terjadi pada benda uji tipe 1. Pada benda uji BL-1, dapat diketahui perilaku bahwa beban yang bekerja tampak linier terhadap *displacement* vertikal

yang terjadi. Namun setelah beban dihilangkan, benda uji BL-1 akan kembali ke bentuk semula. Hal ini berarti bahwa benda uji BL-1 belum mengalami kelelahan dan kegagalan yang terjadi diakibatkan oleh tekuk torsi lateral.



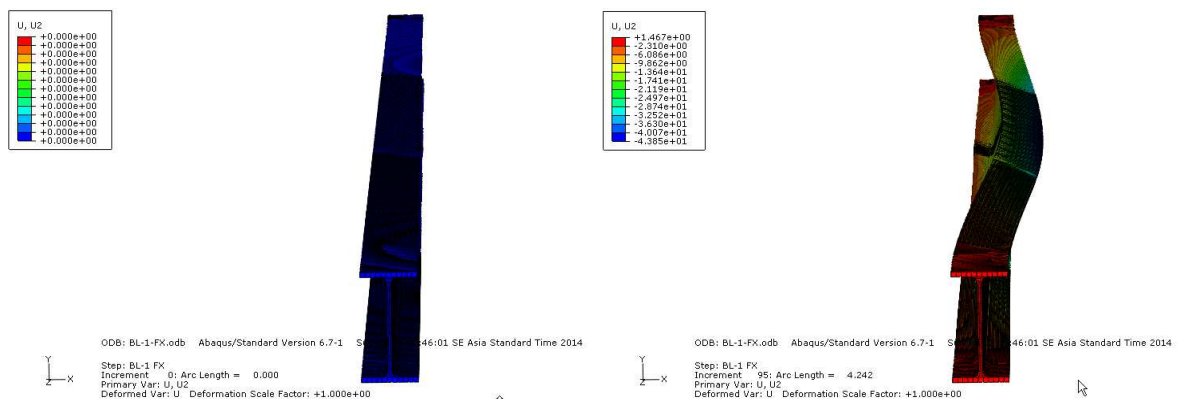
Gambar 12. Benda Uji BL-1 Sebelum (kiri) dan Setelah Pengujian (kanan)

Kegagalan akibat tekuk torsi lateral tercapai sebelum benda uji mengalami leleh. Hal ini terjadi karena masalah stabilitas pada balok bentang panjang akan lebih menentukan dibandingkan

dengan kapasitas penampang. Pada Gambar 13 tampak bahwa benda uji kembali ke bentuk semula setelah beban dihilangkan.



Gambar 13. Benda Uji BL-1 Sebelum (Kiri) dan Setelah Beban Dihilangkan (Kanan)



Gambar 14 Benda Uji FEM Tipe 1 Sebelum (kiri) dan Setelah Pembebanan (kanan)

V. Kesimpulan

1. Kapasitas lentur penampang untuk benda uji bentang panjang hasil pengujian eksperimental memiliki perbedaan terkecil sebesar 33,18% dari hasil teoritis. Sedangkan untuk cara FEM memiliki perbedaan sebesar 33,18% dengan hasil eksperimen.
2. Kegagalan yang terjadi untuk benda uji BL-1 yaitu akibat tekuk torsi lateral.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Segui, William T. 2007. "Steel Design Fourth Edition". Thomson. The University of Memphis. AISC. 2005 "*Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings*". American Institute of Steel Construction. Chicago. Illinois.
- [2] Rasidi, Nawir. 2005. "Studi Eksperimental Perbandingan Nilai Faktor Reduksi (ϕ) Profil Baja Tabung Kotak di Indonesia". PROC. ITB Sains & Tek. Vol. 37 A, No. 2, 2005, 155-169.
- [3] Badan Standarisasi Nasional. 2002. "Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung". Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta
- [4] Badan Standarisasi Nasional. 201x. "Spesifikasi untuk Gedung Baja Struktural". (Badan Standarisasi Nasional) BSN. Jakarta.
- [5] Setiawan, Agus. 2008. "Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD". Erlangga. Jakarta.