

STUDI PERBANDINGAN *STRESS RATIO* DENGAN *ELM (EFFECTIVE LENGTH METHOD)* DAN *DAM (DIRECT ANALYSIS METHOD)* BANGUNAN WORKSHOP PADA PROYEK DI CIREBON

Eryana Raflesia^{1*}, Hidayat Mughnie²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jakarta

*E-mail : eryana.raflesia@gmail.com

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan metode-metode desain stabilitas struktur baja, yang saat ini tengah berkembang pesat yaitu *Effective Length Method (ELM)* dan *Direct Analysis Method (DAM)*. Kedua metode ini memang mengadopsi dari standar Amerika yang mengacu pada AISC 2010 dan juga dibahas di peraturan SNI 1729:2015. Studi ini bertujuan untuk mengetahui hasil perbandingan nilai *stress ratio* dan mengetahui metode mana yang menghasilkan profil baja yang lebih kecil. Studi perbandingan diaplikasikan pada bangunan 3 dimensi 1 lantai yaitu bangunan *workshop*. Pada perencanaan metode ELM menggunakan rasio kelangsingan atau K yang didapat dari nomogram setelah perhitungan GA dan GB. Metode ELM dan DAM menggunakan beban notional yang didapat dari 0.002 beban gravitasi yang bekerja. Setelah dilakukan analisis didapatkan simpulan seperti berikut : nilai *ratio* balok ELM sama dengan DAM, nilai *ratio* kolom ELM 9.60% lebih besar dari DAM, nilai *ratio* rafter ELM lebih kecil 0.90 % daripada DAM. Dikarenakan selisih *ratio* yang tidak terlalu signifikan, maka penggunaan kedua metode tersebut tidak bisa menyatakan efisiensi dari pemilihan penggunaan profil baja/dimensi.

Kata kunci : *Effective Length Method (ELM)*, *Direct Analysis Method (DAM)*, *Stress ratio*, Efisiensi

ABSTRACT

With the development of stability design methods of steel structures that are currently growing rapidly namely *Effective Length Method (ELM)* and the *Direct Analysis Method (DAM)*. Both of these methods is adopting from the American standard that refers to the AISC 2010 and also discussed in SNI 1729: 2015. This study aims to determine the results of the stress ratio value comparison and determine which method produces a smaller steel profiles. The comparative study was applied to the 3-dimensional building with one floor which is workshop building. In planning the ELM method using slenderness ratio or K obtained from nomogram after calculation of GA and GB. ELM methods and DAM obtained using notional load of 0,002 gravity acting load. After analyzing the conclusions obtained as follows: value ratio equal to DAM beam ELM, ELM column value ratio greater than 9.60% DAM, ELM rafter value ratio less than 0.90% DAM. Due to the difference in ratio is not too significant, then the use of both methods can not be declared efficiency from the use of steel profiles / dimensions

Keywords: *Effective Length Method (ELM)*, *Direct Analysis Method (DAM)*, *Stress ratio*, *Efficiency*

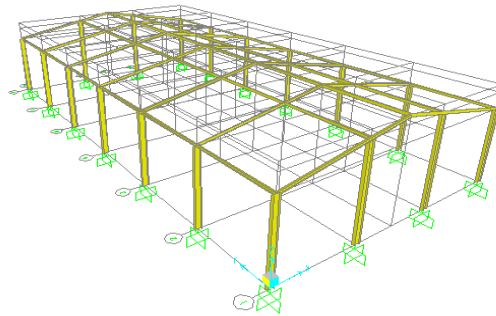
PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan metode-metode desain stabilitas struktur baja yang saat ini tengah berkembang pesat yaitu *Effective Length Method (ELM)* dan *Direct Analysis Method (DAM)*. Kedua metode ini memang mengadopsi dari standar Amerika yang mengacu pada AISC 2010 dan juga dibahas di peraturan SNI 1729:2015.

Tugas akhir melanjutkan penelitian terdahulu dengan judul “Kajian Stress Ratio Pada Direct

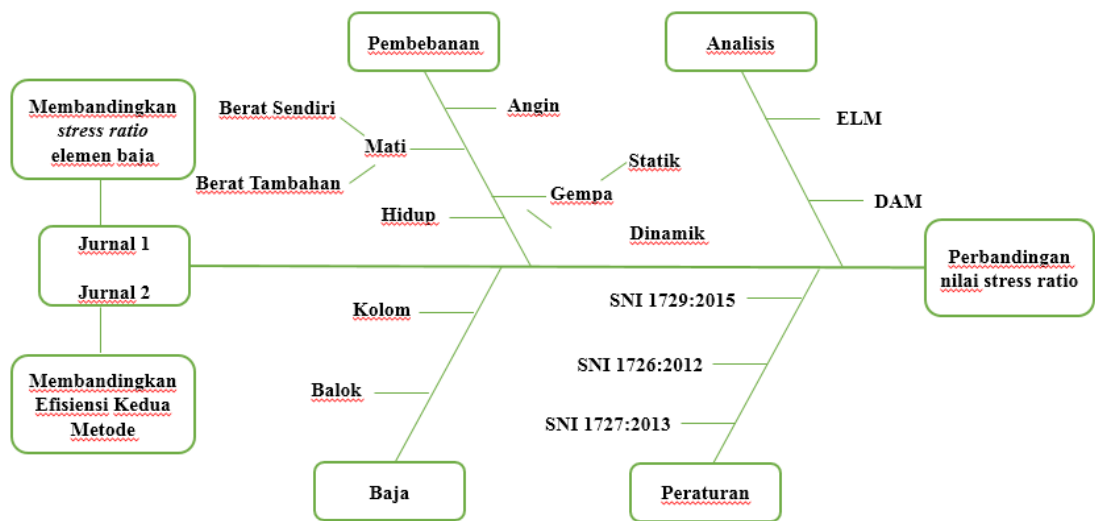
Analysis Method dan Effective Length Method Sesuai dengan AISC 2010” (Ivanfebraja & Daniel Rumbi Teruna : 2012) yang diaplikasikan pada bangunan 2 dimensi 4 lantai, kemudian dikembangkan dalam studi perbandingan yang diaplikasikan pada bangunan 3 dimensi 1 lantai.

Penelitian ini membahas tentang dua metode di atas kemudian dibandingkan nilai *stress ratio* tiap-tiap elemen pada sebuah bangunan workshop di proyek Cirebon.



Gambar Tampak 3D Bangunan

Gambaran tentang studi perbandingan tugas akhir kali ini dapat dilihat pada diagram *fishbone* berikut

Gambar Diagram *Fishbone*

BATASAN MASALAH

1. Perbandingan kedua metode tersebut dilakukan pada bangunan *workshop* di Cirebon dengan ukuran 18 m x 36 m dan tinggi 7.86 m.
2. Material baja yang digunakan adalah BJ 41 dengan tegangan leleh $f_y = 250$ MPa, tegangan putus $f_u = 410$ MPa dan $E = 200000$ MPa.
3. Material baja menggunakan mutu ASTM A-36 sedangkan baut menggunakan mutu ASTM A-325 produksi dari PT Gunung Garuda.
4. Acuan Desain, spesifikasi untuk bangunan baja struktural berdasarkan SNI 1729:2015.
5. Acuan untuk beban gempa menggunakan analisis statik ekuivalen berdasarkan peraturan gempa SNI 1726 : 2012.
6. Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain mengacu pada SNI 1727:2013.
7. Analisa perhitungan gaya dalam menggunakan *software* SAP 2000 dan

analisis perhitungan manual menggunakan Ms. Excel.

8. Membandingkan kedua metode perencanaan berdasarkan nilai *stress ratio* yang telah dianalisis.

MAKSUD DAN TUJUAN : Mengetahui hasil perbandingan nilai *stress ratio* kedua metode perencanaan tersebut dan mengetahui metode yang menghasilkan profil baja yang lebih kecil.

HIPOTESIS

1. Nilai *stress ratio* metode DAM lebih kecil daripada metode ELM.
2. Profil baja hasil metode DAM lebih kecil daripada metode ELM.

EFFECTIVE LENGTH METHOD

Effective Length Method (ELM) adalah metode yang didasarkan pada analisis struktur elastik, dimana pemakaiannya terbatas pada struktur dengan rasio perbesaran momen akibat

perpindahan titik nodal. Pada SNI 03-1729-2002, pengaruh P-Δ dihitung melalui analisis orde pertama. Untuk memperhitungkan efek orde kedua, struktur dianalisis menjadi struktur bergoyang dan tidak bergoyang, dimana masing-masing analisis digunakan untuk menghitung efek dari P-Δ dan P-δ.

Perencanaan cara ELM perlu menghitung K atau rasio kelangsingan yang diinput pada *properties* elemen kolom baja. Pada biasanya nilai K tercantum untuk setiap *steel-code* yang ada. *Code* tersebut menjadi petunjuk klasik perencanaan baja.

Pada struktur tidak bergoyang, jika dapat ditentukan kondisi tumpuan, apakah sendi-sendi, sendi-jepit atau jepit-jepit, maka kapasitas kolom baik dengan cara ELM atau DAM akan sama saja.

Tetapi jika tumpuan kolom adalah berupa sistem struktur lainnya, misalnya pada sistem balok-kolom dari sistem portal yang tertambat pada sistem lateral khusus (rangka tidak bergoyang), maka nilai K dihitung berdasarkan chart-bantu atau nomogram nilai GA, GB dan K.

Untuk memperhitungkan nilai K pada struktur rangka dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

1. Rangka tidak bergoyang ($0,5 \leq K \leq 1,0$)

$$\frac{G_A G_{AB}}{4} \left(\frac{\pi}{K}\right)^2 + \left(\frac{G_A + G_B}{2}\right) \left(1 - \frac{\pi/K}{\tan(\pi/K)}\right) + \frac{2 \tan(\pi/K)}{(\pi/K)} - 1 = 0$$

2. Rangka bergoyang ($1,0 \leq K \leq \infty$)

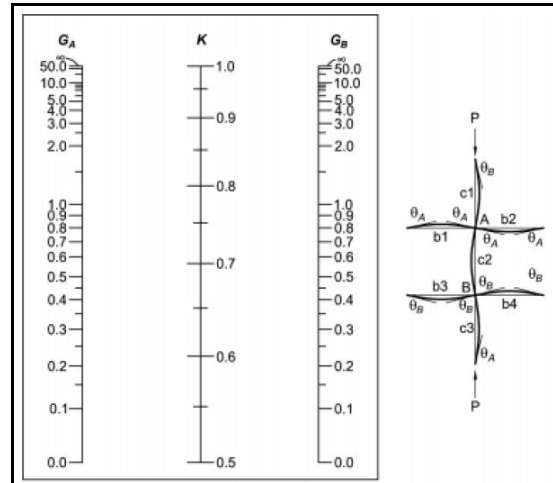
$$\frac{G_A G_{AB} (\pi/K)^2 - 36}{6(G_A G_{AB})} - \left(1 - \frac{\pi/K}{\tan(\pi/K)}\right) = 0$$

Dimana,

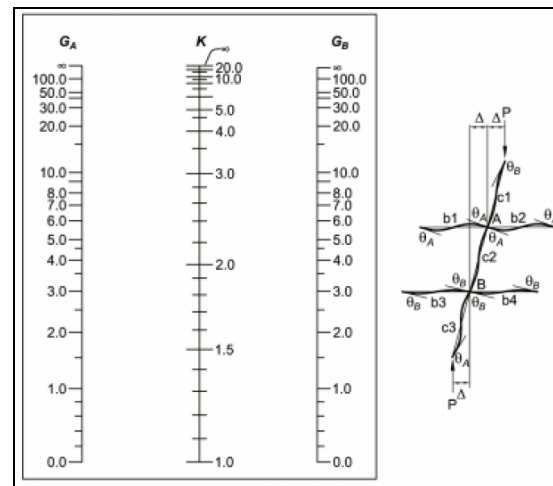
$$G_A = \frac{\sum(EI/L)_c}{\sum(EI/L)_b} = \text{diujung kolom atas}$$

$$G_B = \frac{\sum(EI/L)_c}{\sum(EI/L)_b} = \text{diujung kolom bawah}$$

Setelah menggunakan rumus diatas, untuk menentukan nilai K menggunakan nomogram/alignment chart berikut :



Alignment Chart Rangka Tidak Bergoyang



Alignment Chart Rangka Bergoyang

DIRECT ANALISIS METHOD

Direct Analysis Method (DAM) adalah metode yang digunakan untuk mengatasi keterbatasan analisis struktur linier yang tidak bisa mengakses stabilitas. Dengan menggunakan DAM maka pengaruh pembebanan pada struktur dapat ditentukan teliti karena telah memperhitungkan pengaruh ketidak-sempurnaan geometri dan reduksi kekuatan selama proses analisis struktur itu sendiri yang disebut beban notional. Beban notional diambil dari beban kombinasi yang menghasilkan beban paling besar yaitu yang terdiri dari beban mati dan beban hidup (1.2DL + 1.6 LL). Perencanaan cara DAM tidak perlu menghitung K karena diambil konstan K = 1. Pernyataan diatas dikarenakan jika pada struktur rangka tidak bergoyang (*braced framed*), titik nodal tidak mengalami translasi, deformasi δ hanya terjadi pada batang, tanpa mempengaruhi struktur secara keseluruhan. Itu

alasan, mengapa efek $P-\delta$ bersifat lokal dan hanya terjadi jika langsing.

Jika pada struktur rangka bergoyang (*framed sideways*), titik nodal penghubung mengalami perpindahan sebesar Δ dari kondisi awal. Karena titik nodal tersebut juga terhubung pada elemen-elemen struktur yang lainnya, maka efek $P-\Delta$ juga mempengaruhi sistem struktur secara keseluruhan, sifatnya global. Kemampuan memprediksi efek $P-\Delta$ pada struktur secara menyeluruh atau setempat yaitu per-elemen, dapat diselesaikan dengan DAM (AISC 2010).

PERBANDINGAN KERJA ELM DAN DAM

Pada sebagian kasus, pengaruh deformasi yang diabaikan tidak menimbulkan masalah. Tapi pada konfigurasi tertentu, khususnya dengan elemen batang dengan gaya aksial yang relatif besar, maka adanya deformasi tersebut dapat menimbulkan momen sekunder yang tidak dapat diabaikan dibandingkan dari momen hasil analisis orde pertamanya. Permasalahan ini dikenal sebagai efek P-delta.

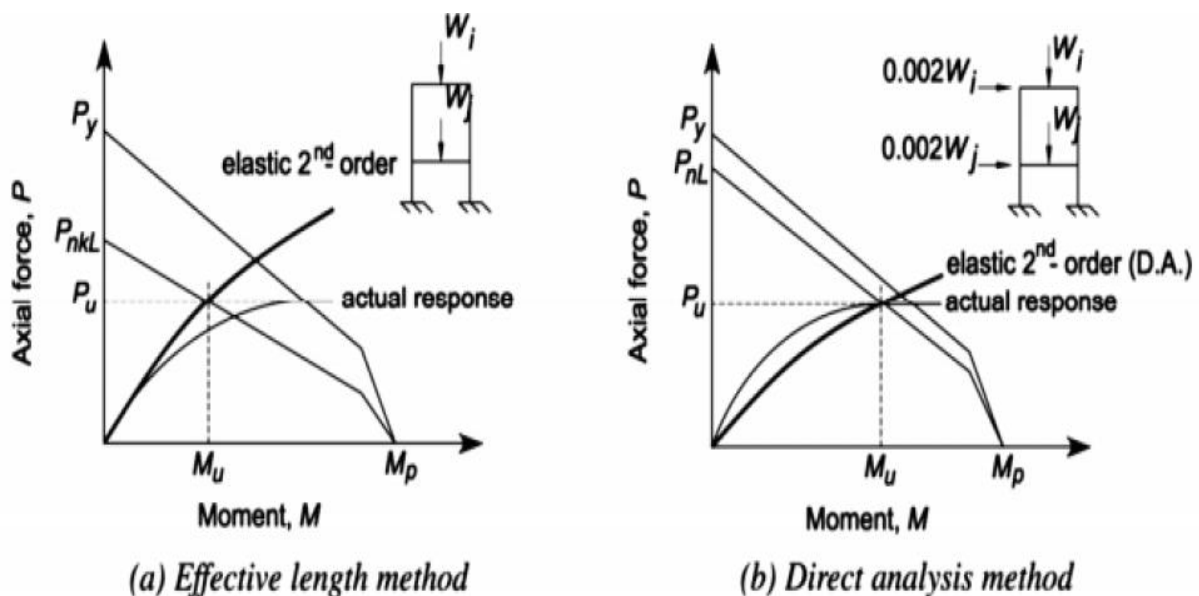
Dengan mempelajari penyelesaian pendekatan pada perancangan struktur baja (AISC 2005)

dalam memperhitungkan efek P-delta, dapat diketahui ada dua sumber penyebab, yang terjadi pada rangka tidak bergoyang dan rangka bergoyang.

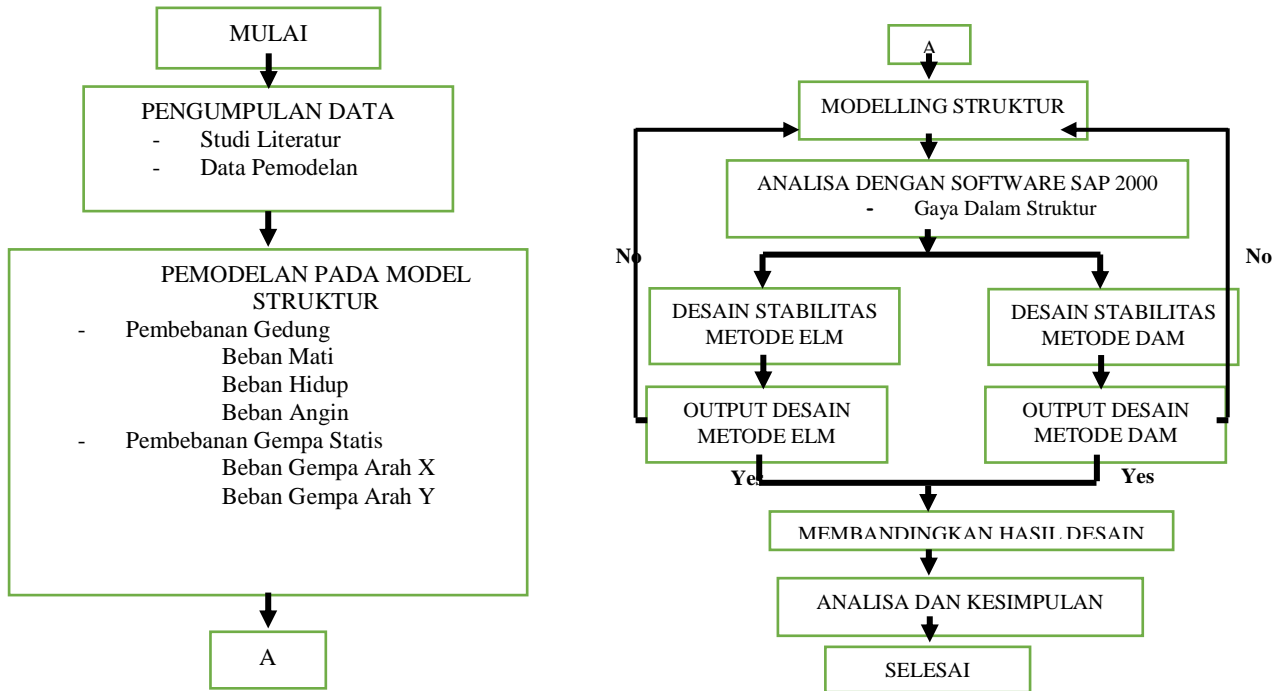
Perbandingan yang digunakan adalah perbandingan rasio kapasitas hasil analisis struktur kedua metode yaitu metode ELM dan DAM, serta dipaparkan juga mengenai data penggunaan profil pada analisis struktur masing-masing metode agar terlihat efektivitas dan efisiensi kinerja masing-masing metode.

Dengan program analisis struktur order-2, maka saat metode ELM (*Effective Length Method*) dan DAM (*Direct Analysis Method*) dibandingkan nilai interaksi check balok-kolom, antara gaya internal ultimate (beban terfaktor) terhadap kapasitas nominal penampang, akan terlihat bahwa cara yang dipakai DAM dapat mendekati gaya internal aktual struktur pada kondisi batas.

Untuk alasan itu pula, interaksi balok-kolom pada bidang tekuk dievaluasi terhadap kuat tekan, P_nL , yang dihitung berdasarkan kurva kolom dengan $KL = L$ atau $K = 1$

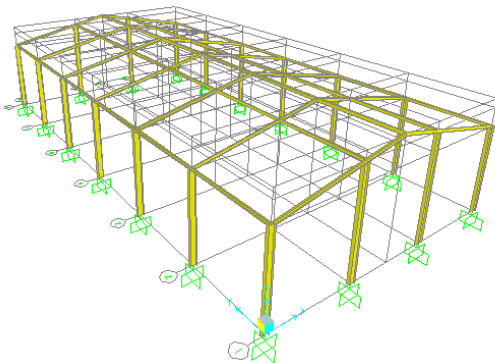


Gambar Hasil Interaksi antara ELM dan DAM



Flowchart Metodologi

METODE PELAKSANAAN



Data Struktur

- Sistem : Portal
- Ukuran : 18m x 36m
- Tinggi : 7.86m
- Peruntukan : *Workshop*
- Lokasi : Cirebon
- Kondisi Batuan : Tanah sedang
- Mutu Baja : BJ 41
- Kolom : IWF 396x199x11x7
- Rafter : IWF 396x199x11x7
- Balok : IWF 200x150x6x9
- Gording : Canal 60x30x10x2.3

Beban Input Data ELM dan DAM

Uraian	Berat Total	
	ELM	DAM
Beban Mati Struktur	191.92 kN	191.92 kN
Beban Mati Tambahan	403.81 kN	403.81 kN
Beban Hidup Struktur	35.0 kN	35.00 kN
Beban Angin Tekan	30.00 kg	30.00 kg
Beban Angin Hisap	60.00 kg	60.00 kg
Beban Gempa fx	14.82 kN	14.82 kN
Beban Gempa fy (0.3 fx)	4.45 kN	4.45 kN
Beban Notional	0.002 kN	0.002 kN
<i>Effective Length / K</i>	0.65	1.00

Perbandingan Rasio Kapasitas Analisa SAP 2000 vs Analisa Manual

Elemen	Profil	SAP ELM	SAP DAM	(%)	Manual ELM	Manual DAM	(%)
Balok	IWF 200x150x6x9	0.695	0.695	0.00 %	0.623	0.623	0.00 %
Kolom	IWF 396x396x7x11	0.629	0.533	9.60 %	0.525	0.525	0.00 %
Rafter	IWF 396x396x7x11	0.861	0.870	0.90 %	0.682	0.682	0.00 %

Berdasarkan tabel diatas, maka hasil analisis sebagai berikut :

1. Nilai *stress ratio* balok metode ELM sama dengan metode DAM yaitu 0.695.
2. Nilai *stress ratio* kolom metode ELM lebih besar daripada metode DAM yaitu 0.629 dan 0.533, sehingga terdapat selisih 9.60 %.
3. Nilai *stress ratio* rafter metode ELM lebih kecil daripada metode DAM yaitu 0.861 dan 0.870, sehingga terdapat selisih 0.90 %.
4. Dikarenakan *selisih ratio* yang tidak terlalu signifikan, maka penggunaan kedua metode tersebut tidak bisa menyatakan efisiensi dari pemilihan penggunaan profil baja/dimensi.

KESIMPULAN

1. Nilai *stress ratio* balok metode ELM sama dengan metode DAM.
2. Nilai *stress ratio* kolom metode ELM lebih besar daripada metode DAM.
3. Nilai *stress ratio* rafter metode ELM lebih kecil daripada metode DAM .
4. Dikarenakan selisih ratio yang tidak terlalu signifikan, maka penggunaan kedua metode tersebut tidak bisa menyatakan efisiensi dari penggunaan profil baja/dimensi.

DAFTAR PUSTAKA

- AISC.(2010) : “An American National Standard ANSI/AISC 360-10 : Load Specification for Structural Steel Buildings”, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, Illinois
- BSN, SNI 1729, (2015) : “Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”, Badan Standar Nasional

BSN, SNI 1726 (2012) : “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung”, Badan Standar Nasional.

BSN, SNI 1727 (2013) : “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”, Badan Standar Nasional

Dewobroto, W., (2011) : “Era Baru Struktur Baja Berbasis Komputer Memakai Direct Analysis Method (AISC 2010)”, Seminar dan Pameran HAKI, Universitas Pelita Harapan

Dewobroto, W., (2011) : “Prospek dan Kendala pada Pemakaian Material Baja untuk Konstruksi Bangunan di Indonesia”, Seminar, Universitas Pelita Harapan.

Dewobroto, W., (2014) : “Rekayasa Komputer dalam Analisis dan Desain Struktur Baja Studi Kasus Direct Analysis Method (AISC 2010)”, Seminar dan Lokakarya Rekayasa Struktur, Universitas Kristen Petra

Dewobroto, W., (2015) : ”Struktur Baja – Perilaku, Analisis dan Desain AISC 2010”, Lumina Press, Jakarta.

Ivanfebraja, Teruna, DR., (2012) : “Kajian Stress Ratio pada Analysis Method dan Effective Length Method Sesuai dengan AISC 2010”. Jurnal, Universitas Sumatera Utara

Phiegiarto, F., Tjanniadi, JE., Santoso H., Muljati I., (2015) : “Perencanaan Elemen Struktur Baja Berdasarkan SNI 1729:2015”. Jurnal, Universitas Kristen Petra.