



Seminar Nasional Keinsinyuran (SNIP)

Alamat Prosiding: snip.eng.unila.ac.id



Perencanaan Kuda – Kuda Dengan Bentang 45 Meter Menggunakan Balok Baja Castella

Josua Situmorang^{a*}, Alex Purba^b dan Agus Setiawan^c

^aDinas Perumahan Kawasan Permukiman dan Cipta Karya Provinsi Lampung, Bandar Lampung

^bFakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

^cFakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima 2 Maret 2022

Direvisi 16 Maret 2022

Diterbitkan 24 April 2022

Kata kunci:

Castella

Honey Comb

Code

Profil Baja IWF

Software SAP 2000 V.18

Dalam perencanaan suatu konstruksi diperlukan inovasi dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi terutama masalah kebutuhan ruang oleh pemilik. Seiring perkembangan inovasi konstruksi baja, permasalahan yang dihadapi dalam menyelesaikan kebutuhan ruang bebas kolom yang besar dapat diselesaikan dengan konstruksi Rafter (kuda-kuda) menggunakan balok baja Castella atau sering juga disebut balok baja Honey Comb. Penggunaan balok baja Castella pada dunia konstruksi sudah mulai sering digunakan dalam menyelesaikan bentang bebas kolom yang sangat besar. Adapun masalah pemakaian balok baja Castella ini harus dilakukan dengan melakukan perencanaan yang baik dan mempertimbangkan aspek teknis baik secara aturan/standar/code maupun pelaksanaan dilapangan. Jurnal ini dimaksudkan untuk menjelaskan tahapan dalam melaksanakan perencanaan konstruksi rafter dengan bentang 45 meter menggunakan balok baja Castella. Proses perencanaan dimulai dengan melakukan perhitungan beban sesuai standar yang berlaku dan sesuai kebutuhan teknis penggunaan gedung. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan perhitungan gaya-gaya dalam yang terjadi menggunakan software SAP 2000 V.18. Dari hasil perhitungan gaya – gaya dalam pada rafter (kuda-kuda) ini kemudian dilakukan analisis menggunakan Steel Design Guide Castellated and Cellular Beam Design yang dikeluarkan oleh American Institute Of Steel Construction (AISC). Dari hasil analisis diperoleh ukuran balok baja Castella yang mempunyai kemampuan dalam menahan gaya – gaya dalam yang terjadi pada kuda – kuda bentang 45 meter menggunakan profil baja awal yakni IWF 350.175.7.11 yang kemudian dimodifikasi menjadi balok baja Castella HC 525.175.7.11. Profil ini cukup mampu untuk menahan gaya-gaya dalam yang terjadi sesuai dengan batasan masalah pembebanan yang terjadi.

1. Pendahuluan

Dalam perencanaan suatu konstruksi diperlukan inovasi dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi terutama masalah kebutuhan ruang oleh pemilik. Seiring perkembangan inovasi konstruksi baja, permasalahan yang dihadapi dalam menyelesaikan kebutuhan ruang bebas kolom yang besar dapat diselesaikan dengan konstruksi Rafter (kuda-kuda) menggunakan balok baja Castella atau sering juga disebut balok baja Honey Comb (Hayati, 2014). Penggunaan balok baja Castella pada dunia konstruksi sudah mulai sering digunakan dalam menyelesaikan bentang bebas kolom yang sangat besar. Adapun masalah pemakaian balok baja Castella ini harus dilakukan dengan melakukan perencanaan yang baik dan mempertimbangkan aspek teknis baik secara aturan/standar/code yang berlaku maupun aspek teknis pelaksanaan dilapangan. Jurnal ini dimaksudkan untuk membuat panduan dalam melaksanakan perencanaan konstruksi rafter dengan bentang 45 meter menggunakan balok baja castella. Proses perencanaan dimulai dengan melakukan perhitungan beban sesuai standar

yang berlaku dan sesuai kebutuhan teknis penggunaan gedung. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan perhitungan gaya-gaya dalam yang terjadi menggunakan software SAP 2000 V.18. Dari hasil perhitungan gaya – gaya dalam pada rafter (kuda-kuda) ini kemudian dilakukan analisis menggunakan Steel Design Guide Castellated and Cellular Beam Design yang dikeluarkan oleh American Institute Of Steel Construction (AISC). Dari hasil analisis diperoleh ukuran balok baja Castella yang mempunyai kemampuan dalam menahan gaya – gaya dalam yang terjadi pada kuda – kuda bentang 45 meter menggunakan profil baja awal yakni IWF 350.175.7.11 yang kemudian dimodifikasi menjadi balok baja Castella HC 525.175.7.11.

2. Tinjauan Pustaka

Pabrikasi balok baja castella pada saat ini dapat dilakukan baik di lokasi pekerjaan atau pada workshop kemudian dikirim ke lokasi pekerjaan. Cara sederhana dapat dilakukan dengan melakukan potongan zig-zag sesuai ketentuan pemotongan standar pembuatan balok castella dari baja profil berpenampang

*Penulis korespondensi.

E-mail: yos.situmorang@yahoo.com

utuh yang tersedia dipasaran (Toreh, 2015). Standar pemotongan pembuatan pada balok baja castella dapat dilihat pada standar potongan yang dikeluarkan oleh PT. Gunung Garuda. Standar ini sudah sangat familiar di dunia industri konstruksi baja Indonesia.

3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Menentukan ukuran profil baja castella pada kuda-kuda bentang 45 meter.
- 2) Menganalisis kemampuan profil baja castella sesuai dengan gaya-gaya dalam yang terjadi.

4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada jurnal ini adalah sebagai berikut :

- 1) Konstruksi bawah (Pondasi dan Tie Beam), konstruksi atas (kolom, balok, dan bracing) dan konstruksi atap (gording, ikatan angin, dan sagrog) tidak dilakukan analisis tapi direncanakan sesuai standar yang berlaku.
- 2) Pembebanan yang terjadi hanya dilaksanakan terbatas pada beban mati, beban hidup.
- 3) Menganalisis kemampuan profil baja castella sesuai dengan gaya-gaya yang terjadi

5. Metode Penelitian

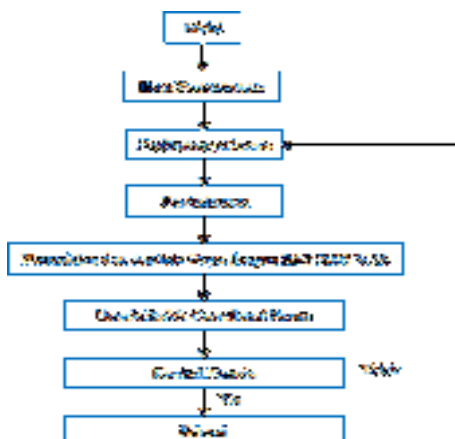
Perencanaan dilakukan dengan menggunakan data perencanaan awal yang telah ditentukan sebelumnya.

A. Data Perencanaan

Adapun data perencanaan awal pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Nama Proyek : Pembangunan Pabrik Kerupuk dan Gudang Tapioka
 Lokasi : Natar, Lampung Selatan
 Fungsi : Pabrik Pengolahan dan Gudang Bahan Baku
 Pemilik : PT. Indo Sewu Crackers
 Struktur Bawah : Beton Bertulang
 Struktur Atas : Baja Profil
 Jumlah Lantai : 1 Lantai

B. Diagram Alur Perencanaan



Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian

Lokasi : Natar, Lampung Selatan
 Fungsi : Pabrik Pengolahan dan Gudang Bahan Baku
 Pemilik : PT. Indo Sewu Crackers
 Struktur Bawah : Beton Bertulang
 Struktur Atas : Baja Profil
 Jumlah Lantai : 1 Lantai

C. Pembebanan

Adapun standar pembebanan pada penelitian ini mengacu pada standar beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (BSN SNI, 1727-2013) dan tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (BSN SNI, 1726-2019).

1) Beban Mati

Beban mati yang dianalisis pada penelitian ini adalah beban akibat berat sendiri struktur dan beban mati akibat berat sendiri finishing struktur dan arsitektur. Pada penelitian ini beban mati (DL) akibat berat sendiri struktur dianalisis langsung pada software SAP 2000 V.16, sedangkan beban mati tambahan (SDL) adalah sebagai berikut :

Berat Penutup Atap = 5 kg/m²
 Berat Mekanikal Elektrikal = 6 kg/m²

2) Beban Hidup

Beban Hidup (LL) minimum sesuai SNI 1727-2013 Pasal 4.8.2 untuk atap adalah sebesar 0,58 kN/M²

3) Beban Angin

Beban Angin (WL) sesuai dengan SNI 1727-2013 adalah sebagai berikut :

4) Beban Gempa

Analisis beban gempa pada perencanaan ini dilakukan dengan menggunakan standar SNI 1726:2019. Perhitungan Respon Spektrum menggunakan program yang telah disediakan oleh PU pada situs rsa.ciptakarya.pu.go.id.



Gambar. 2 Lokasi Pabrik PT. Indo Sewu Crackers



Gambar. 3 Spektrum Respon Desain pada lokasi

Dengan memasukkan parameter koordinat lokasi pekerjaan pada Aplikasi Respon Spektrum diperoleh :

- SS = 0,8442 S1 = 0,4275
- T0 = 0,16 detik Ts = 0,82 detik
- TI = 6 detik TL = 20 detik

4.1) Menentukan Kelas Situs digunakan

Kelas Situs dapat ditentukan berdasarkan gambar dibawah ini :

Kelas situs	0 _s (m/s ²)	0 _s (m/s ²)	0 _s (m/s ²)
SD (tanah sangat lunak)	< 100	104	104
SD (lunak)	150 sampai 200	104	104
SD (tanah lunak, sangat moderat dan lunak)	200 sampai 250	104	104
SD (lunak sedang)	175 sampai 250	10 sampai 20	50 sampai 100
SD (sangat lunak)	> 250	> 10	> 50

Nilai setiap profil tanah yang mempunyai lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut:

- Indeks plastisitas (PI) > 20,
- Kapasitas air, w > 40%,
- Kuat geser tidak, < 20 kPa

Selanjutnya profil tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:

- Rantai dan teras berongga gigit atau rongga akibat lelehan gumpal seperti pasir halus, lumpur sangat lunak, tanah lelehan, tanah longsor, lumpur sangat lunak, dan/atau gumpal (kalsituler > 2 m),
- Lumpur sangat lunak, sangat tinggi (kalsituler > 7,6 m dengan indeks plastisitas PI > 75)

Lapisan lumpur lunak/lelehan sangat lunak dengan korban < 15 m dengan $S_v < 50$ kPa

DATATAN: 144 = data dapat dipakai

Gambar.4 Kelas Situs Tanah

Dari gambar diatas ditentukan kelas situs tanah pada lokasi proyek ini adalah kelas situs tanah sedang (SD), dengan nilai N-SPT 15 sampai 50. Nilai N-SPT ini diperoleh dari hasil pengujian yang dilakukan oleh tim geoteknik Universitas Bandar Lampung yang telah ditunjuk oleh PT. Indo Sewu Crackers.

4.2) Menentukan Koefisien Situs Fa, Fv

Koefisien situs Fa dan FV dapat dihitung berdasarkan gambar dibawah ini.

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCE _r) terapan pada periode pendek T = 0,3 detik, S _v					
	S _v ≤ 0,1	S _v = 0,1	S _v = 0,2	S _v = 0,3	S _v = 0,4	S _v = 0,5
SD	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SI1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SD	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SI2	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SI3	2,4	1,7	1,1	1,1	0,9	0,8

DATATAN: 144 = data dapat dipakai

Tabel 7 – Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCE _r) terapan pada periode 1 detik, S ₁					
	S ₁ ≤ 0,1	S ₁ = 0,1	S ₁ = 0,2	S ₁ = 0,3	S ₁ = 0,4	S ₁ = 0,5
SD	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SI1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SI2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SI3	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,7
SI4	4,2	3,5	2,8	2,4	2,2	2,0

Gambar.5 Koefisien Situs Fa, dan Fv

Nilai S_s dan S₁ yang diperoleh dari hasil aplikasi Respon Spektrum diatas digunakan sebagai dasar penentuan nilai Fa dan Fv, sehingga diperoleh :

$$F_a = 1,1623 \qquad F_v = 1,8725$$

Nilai Fa dan Fv dihitung berdasarkan metode interpolasi linier pada Gambar. 5.

4.3) Menentukan nilai Parameter respons spektral SMs dan SM1

Berdasarkan nilai Fa dan Fv, dihitung nilai Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (SMs) dan periode 1 detik (SM1).

$$SM_s = F_a \times S_s = 0,9812$$

$$SM_1 = F_v \times S_1 = 0,8005$$

4.4) Menentukan nilai parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, SDs dan pada periode 1 detik, SD1

Berdasarkan nilai SMs dan SM1, dihitung nilai parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, SDs dan pada periode 1 detik, SD1, harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$SD_s = 2/3 \times SM_s = 0,6542$$

$$SD_1 = 2/3 \times SM_1 = 0,5337$$

4.5) Menentukan periode fundamental pendekatan (Ta)

Dalam SNI 1726-2019 pasal 7.8.2.1 periode fundamental pendekatan (Ta) ditentukan sebagai berikut :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Dimana h adalah tinggi struktur, C_t dan x adalah koefisien parameter periode pendekatan. Nilai koefisien C_t dan x dapat dilihat pada Gambar dibawah ini :

Tipe struktur	C _t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memiliki 100% gaya seismik yang dipartisiikan dan tidak dilindungi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan menegakkan rangka dari defleksi jika dikenal gaya seismik.	0,024	0,8
+ Rangka baja pemikul momen	0,0466	0,8
+ Rangka beton pemikul momen	0,0791	0,75
Rangka baja dengan bracing diagonal	0,0791	0,75
Rangka baja dengan bracing belah ketupat terhadap tarik	0,0488	0,75
Semua sistem struktur lainnya		

Gambar.6 Nilai Parameter Periode Pendekatan Cu dan x

Dari Gambar diatas diperoleh :

$$C_t = 0,0724 \qquad x = 0,8$$

$$\text{Sehingga } T_a = C_t \cdot h_n^x$$

$$T_a = 0,0724 \cdot 8^{0,8}$$

$$T_a = 0,3821$$

4.6) Membuat Spektrum Respon Desain

Untuk membuat periode yang lebih kecil dari T₀, nilai Sa menggunakan persamaan berikut : Sa=Sds(0,4+0,6 $\frac{T}{T_0}$)

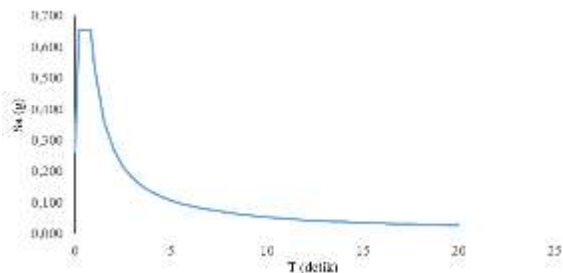
Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T₀ dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s, spektrum repons percepatan desain Sa sama dengan Sds

Untuk periode lebih besar dari T_s, spektrum respons percepatan desain Sa diambil menggunakan persamaan :

$$S_a = \frac{Sd_1}{T} = \frac{0,5337}{0,3821} = 1,3967$$

$$T_s = \frac{Sd_1}{Sds} = \frac{0,5337}{0,6542} = 0,8158$$

$$T_0 = 0,2 \frac{Sd_1}{Sds} = 0,2 \frac{0,5337}{0,6542} = 0,1631$$



Gambar.5 Spektrum Respon Desain Rencana

4.7) Menentukan faktor keutamaan gempa dan kategori risiko struktur bangunan

Sesuai dengan SNI 1726-2019 Pasal 4.1.2 Tabel 3 ditentukan nilai faktor kategori risiko struktur bangunan adalah II. Untuk faktor keutamaan gempa (Ie) pada SNI 1726:2019 Pasal 4.1.2 Tabel 4 ditentukan sebesar 1.

4.8) Menentukan Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik dievaluasi berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek dan 1 detik, yaitu dari nilai SDS dan SD1.

Tabel 8 – Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai S_{DC}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DC} < 0.167$	A	A
$0.167 \leq S_{DC} < 0.333$	B	C
$0.333 \leq S_{DC} < 0.500$	C	II
$0.50 \leq S_{DC}$	D	III

Tabel 9 – Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0.057$	A	A
$0.057 \leq S_{D1} < 0.113$	B	C
$0.113 \leq S_{D1} < 0.200$	C	D
$0.20 \leq S_{D1}$	II	III

Dari tabel diatas ditentukan Kategori Seismik Desain (KDS) pada penelitian ini pada kategori D. Sistem struktur yang dipakai adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa.

4.9) Menentukan Koefisien Modifikasi Respon (R), Faktor Kuat Lebih (γ), Faktor Pembesaran Defleksi (Cd)

Berdasarkan sistem struktur yang digunakan, ditentukan nilai R, Ω_0 dan Cd sesuai SNI 1726-2019 Pasal 7.2.2 Tabel 12 dan Pasal 7.2.5.6.1 diperoleh :

$$R = 3,5 \quad \Omega_0 = 3 \quad Cd = 3$$

4.10) Prosedur Analisis Bangunan

Sesuai SNI 1726-2019 Pasal 7.7.2 Tabel 16 untuk kategori desain seismik D dengan struktur tanpa ketidakberaturan (irregular) structural dan ketinggian tidak melebihi 48,8 m diizinkan menggunakan analisis gaya Lateral Ekuivalen.

4.11) Menghitung koefisien respon seismik (Cs)

Koefisien respons seismik, Cs harus dengan dihitung dengan persamaan :

$$Cs \text{ (hitungan)} = \frac{Sds}{R} = \frac{0,6542}{3,5} = 0,1869$$

$$Cs \text{ (maks)} = \frac{S1}{T} = \frac{0,4275}{0,3821 \cdot \frac{3,5}{1}} = 0,3196$$

$$Cs \text{ (min)} = 0,044 \cdot Sds \cdot Ie = 0,044 \times 0,6542 \times 1 = 0,0288$$

Dari perhitungan diatas dipakai Cs = Cs hitungan = 0,1869

4.12) Kombinasi Pembebanan

Pada penelitian ini kombinasi beban terfaktor yang dianalisis adalah sebagai berikut :

- Kombinasi 1 = 1,4D
- Kombinasi 2 = 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau R)
- Kombinasi 3 = 1,2D + 1 Ev + 1.Eh + L
- Kombinasi 4 = 0,9D - 1 Ev + 1.Eh + L

6. Pembahasan

Dari perhitungan struktur diperoleh gaya – gaya maksimum yang terjadi akibat kombinasi pembebanan yang diperhitungkan. Selanjutnya dilakukan perancangan dan analisis terhadap kuda – kuda (rafter) dengan menggunakan metode LRFD.

A. Perencanaan dan Analisis Rafter

Dari hasil perhitungan struktur dengan menggunakan software SAP 2000 V.16 diperoleh gaya – gaya maksimum yang terjadi pada Rafter adalah sebagai berikut :

- Mumaks = 511,57 kN.m
- MuA (pada L=0,25L) = 136,19 kN.m
- MuB (pada L=0,50L) = 114,95 kN.m
- MuC (pada L=0,75L) = 232,02 kN.m
- Vumaks = 76,14 kN.m
- Pumaks = 67,28 kN.m

1) Data Penampang

Data penampang Rafter yang direncanakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Mutu Baja BJ 37
- Profil Asal IWF 350.175.7.11
- Profil Castella HC 525.175.7.11

Adapun dimensi HC 525.175.7.11 adalah sebagai berikut :

- dg = 525 cm
- bf = 175 cm
- tf = 11 cm
- tw = 7 cm
- r = 14 cm
- ho = 354 cm
- ao = 293,82 cm
- b = 102,66 cm
- c = 88,50 cm
- dTee = 85,50 cm
- dTee-tf = 74,50 cm

2) Kontrol Penampang

Cek kelangsingan penampang profil WF

- Pelat Sayap

$$\lambda_r = \frac{bf}{2tf} = \frac{175}{2 \times 11} = 7,95$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$\lambda_r < \lambda_p$ (Penampang Kompak)

- Pelat Badan

$$\lambda_w = \frac{h}{tw} = \frac{525}{7} = 75$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

$\lambda_w < \lambda_p$ (Penampang Kompak)

3) Menghitung Ix dan Iy Profil Castella

- Pada Bagian Tanpa Lubang

$$I_x = \left(\frac{1}{12}xt_w x(dg - 2tf)^3\right) + 2x \left(\left(\frac{1}{12}bfxtf^3\right) +$$

$$(bfxtf)x\left(\frac{dg-tf}{2}\right)^2\right)$$

$$I_x = 32856,45 \text{ cm}^2$$

$$Z_x = \left(\frac{t_w x dg^2}{4}\right) + (b_f - t_w)x(dg - tf)xt_f$$

$$= 1432,22 \text{ cm}^2$$

- Pada Bagian Berlubang

$$I_x = 2x\left(\frac{1}{12}xt_w x(dTee - t_f)^3\right) + 2x \left(\left(\frac{1}{12}b_f x t_f^3\right) +$$

$$(b_f x t_f)x\left(\frac{dg-t_f}{2}\right)^2\right)$$

$$I_x = 12766,56 \text{ cm}^2$$

$$Z_x = \left(\frac{t_w x dg^2}{4}\right) + (b_f - t_w)x(dg - tf)xt_f$$

$$= 1432,22 \text{ cm}^2$$

7. Kesimpulan

Dari Hasil analisis dapat disimpulkan bahwa profil Baja Castella 525.175.11.9 sebagai rafter dengan bentang 45 meter cukup kuat untuk menahan beban yang terjadi

Ucapan terima kasih

Judul untuk ucapan terima kasih dan referensi tidak diberi nomor. Terima kasih disampaikan kepada Risanuri Hidayat yang telah meluangkan waktu untuk membuat artikel ini.

Daftar pustaka

Badan Standarisasi Nasional, SNI 1727:2013 “Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain”, Jakarta, 2013.

Badan Standarisasi Nasional, SNI 1726:2019 “Tata cara perencanaan tahan gempa untuk struktur bangunan Gedung dan non Gedung”, Jakarta, 2019.

Hayati, Masita Nur., “Pengaruh Lebar Potongan Profil (e) Terhadap Perilaku Lentur Pada Balok Baja Kastela (Castellated Beam). 2014.

Toreh. “Optimasi Tinggi Pematangan Lubang Heksagonal Pada Castellated Beam. 2015.