

PERENCANAAN STRUKTUR BAJA KOLOM ENCASE DAN BALOK CASTELLA PADA GEDUNG KULIAH TERPADU III FK UB DI RSSA MALANG DENGAN GAYA GEMPA DINAMIS

Ester Priskasari¹⁾ Nando Risky Rahmadhani²⁾ Bambang Wedyantadji³⁾

²⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil ITN Malang

^{1) 3)} Dosen Program Studi Teknik Sipil ITN Malang

ABSTRAK

Struktur bangunan bertingkat tinggi menggunakan baja pada struktur utamanya dengan menggunakan profil yang ada dipasaran seperti profil WF, profil H pada balok dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin kemampuan menahan lentur dengan metode modifikasi profil baja WF menjadi balok castella sehingga terjadi peningkatan kemampuan menahan lentur yang diakibatkan oleh peningkatan momen kelembaman karena terjadinya peninggian balok. Sedangkan kolom komposit baja beton (Encased) adalah suatu alternatif metode konstruksi yang memanfaatkan kebaikan baja yang kuat terhadap tarik dan beton yang kuat terhadap tekan.

Perhitungan gaya gempa direncanakan dengan menggunakan gaya gempa dinamis dikarenakan konstruksi dikategorikan pada KDS D, dengan menghitung secara dinamis akan didapatkan model ragam getaran yang mendekati secara real apa yang terjadi pada struktur akibat gaya gempa yang terjadi.

Kata kunci :kolom komposit, encased, castella, gempa, dinamis

ABSTRACT

High-rise building structures use steel in the main structure using existing profiles in the market such as WF profiles, H profiles on beams can be utilized to the maximum extent possible the ability to withstand bending by modifying the WF steel profile method into castella beams so that there is an increase in the ability to withstand bending due to increased moments inertia due to beam elevation. While the concrete steel composite column (Encased) is an alternative construction method that utilizes the goodness of steel which is strong against tensile and concrete which is strong against compressive.

Earthquake force calculation is planned to use dynamic earthquake force because construction is categorized in KDS D, by calculating dynamically a variety of vibrations that are approaching in real time will occur in the earthquake force akibata structure that occurs.

Keywords: composite column, encased, castella, earthquake, dynamic.

1. Pendahuluan

Struktur gedung bertingkat tinggi tahan gempa di daerah rawan gempa memerlukan design khusus yang sesuai dengan peraturan gempa dan peraturan baja tahan gempa di negara dimana bangunan tersebut didirikan. Struktur baja untuk bangunan tinggi menggunakan komposit antara baja dan beton sangat menguntungkan seperti pada kolom yang menggunakan kolom encased yaitu baja king cross dibungkus dengan beton akan menambahkan stabilitas tekuk pada baja, menambah kekuatan tekan dan menambah kekuatan lentur karena baja king cross

yang digunakan. Sedangkan komposit pada balok dengan menggunakan penghubung geser kita akan mendapatkan momen kelembaman yang cukup besar sedangkan pada profil bajanya kita dapat memanfaatkan semaksimal mungkin kemampuan baja dalam menahan lentur dengan metode modifikasi profil baja WF menjadi balok castella sehingga terjadi peningkatan kemampuan menahan lentur yang diakibatkan oleh peningkatan momen kelembaman karena terjadinya peninggian balok.

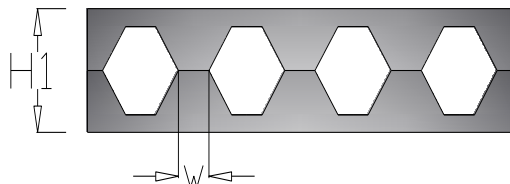
Perhitungan gaya gempa yang direncanakan dipilih menggunakan gaya gempa dinamis dikarenakan

konstruksi dikategorikan pada KDS D, dengan menghitung secara dinamis akan didapatkan model ragam getaran yang mendekati secara real apa yang terjadi pada struktur akibat gaya gempa yang terjadi. Permasalahan yang harus dianalisa adalah gaya dalam yang terjadi akibat gaya gravitasi dan gaya gempa dinamis dengan menggunakan ragam spectrum dan dimensi dari balok, berapa peningkatan momen inersia yang terjadi akibat peninggian balok castella dan kolom encased yang digunakan

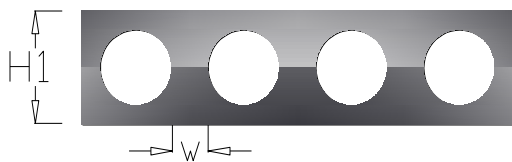
2. Konsep Dasar

2.1. Profil Baja Castella

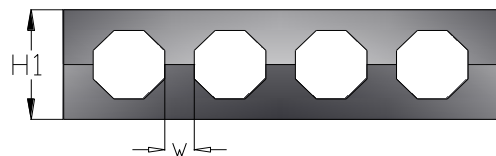
Profil baja *Castellated Beam* ialah profil baja I, H, atau U yang kemudian pada bagian badannya potongan memanjang dengan pola zig – zag. Kemudian bentuk dasar profil baja diubah dengan menggeser atau membalik setengah bagian profil baja dengan cara dilas pada bagian “gigi – giginya”. Sehingga terbentuk profil baja baru dengan lubang berbentuk segi enam (hexagonal), segi delapan (Octagonal) dan lingkaran (Circular).



Gambar 2.1 Hexagonal Castellated beam



Gambar 2.2 Circular Castellated beam



Gambar 1. Octagonal Castellated beam

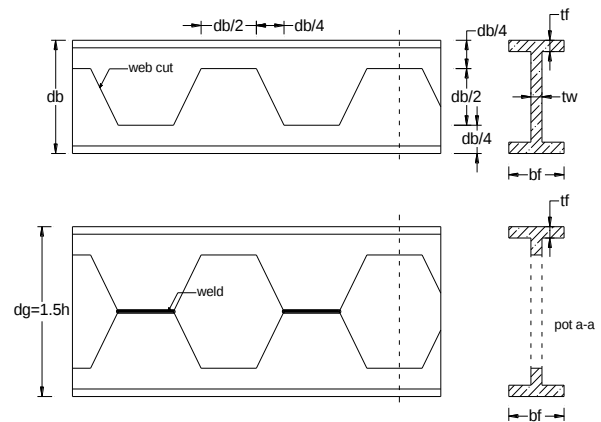
Geometri penampang *castella*.

Geometri penampang balok castella adalah :

Sudut Pemotongan (θ) mempengaruhi jumlah *castellation* (N per unit panjang). Riset membuktikan bahwa dengan adanya penambahan N tidak berpengaruh banyak terhadap kekakuan elastis *Castellated Beam*, akan tetapi perlu meningkatkan daktilitas serta kapasitas rotasi. Sudut pemotongan berkisar antara 45° - 70° .

Ekspansion Ratio (α)

Ekspansion ratio (α) adalah ratio penambahan tinggi pada *castellation* secara teoritis tinggi asli balok bertambah bisa sampai 50% dari tinggi semula.



gambar 2. penambahan tinggi setelah pemotongan baja

Welding Lenght (e)

Bila panjang bidang yang disambung dengan las terlalu pendek. Maka yang akan terjadi adalah kegagalan gaya geser horizontal pada badan profil. Tetapi bilamana panjang bidang yang disambung las terlalu panjang, akan berdampak pada pertambahan panjang bagian T (*tee section*) dimana akan terjadi kegagalan lentur *Vierendeel*

Interaksi Geser dan Lentur

kombinasi lentur dan geser dengan memakai : Rumus

$$: \frac{M_n}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi M_n} \leq 1,375$$

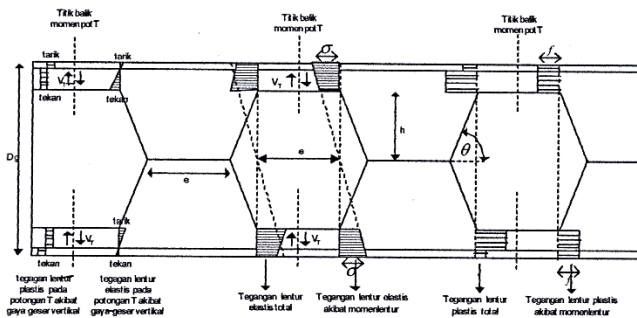
dimana:

$$M_u = \text{Momen lentur perlu}$$
$$V_u = \text{Gaya lintang perlu}$$

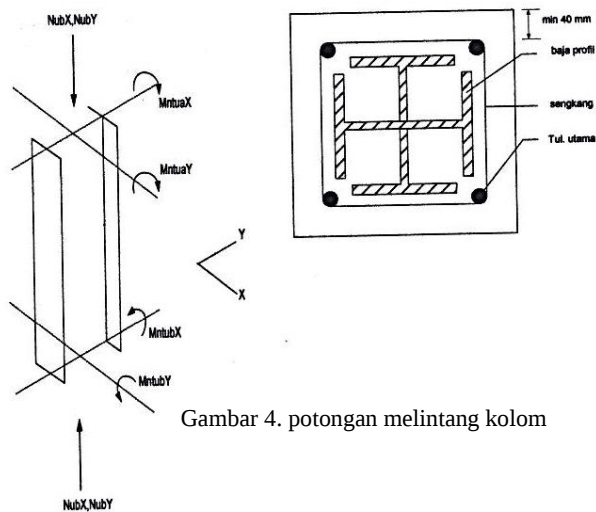
M_n = Kuat lentur nominal balok Castela

$$V_n = \text{Kuat geser nominal pelat badan akibat}$$

geser



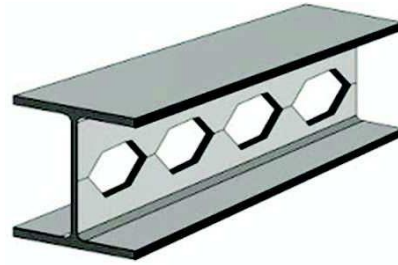
2.2. Kolom Komposit



Gambar 4. potongan melintang kolom

Persyaratan bagi suatu kolom komposit dalam SNI 03-1729-2015 pasal I2 Batasan – batasan berikut harus dipenuhi suatu kolom komposit :

Luas penampang profil baja minimal sebesar **1%** dari luas total penampang melintang kolom komposit. Jika tidak terpenuhi maka komponen struktur tersebut akan beraksi sebagai kolom biasa.



gambar 3 garis potong baja castela

Untuk profil baja yang diselubungi beton, persyaratan yang harus dipenuhi adalah :

1. Tulangan longitudinal dan lateral harus digunakan, dengan jarak antar pengikat lateral, batang tulangan 10 mm , berspasi maksimum 305 mm dari pusat ke pusat. Boleh digunakan tulangan kawat ulir atau kawat dilas dengan luas ekuivalen. Spasi maksimum dari pengikat lateral tidak boleh melebihi 0,5 kali dimensi kolom terkecil.
2. Selimut beton harus diberikan minimal 40 mm dari tepi terluar tulangan *longitudinal* dan *transversal*.
3. Tulangan *longitudinal* harus dibuat menerus pada lantai tingkat kecuali tulangan *longitudinal* yang berfungsi sebagai kekangan beton.
4. Tulangan *Transversal*, batang tulangan No. 3 (10 mm) berspasi maksimum 12 in. (305 mm) pusat ke pusat, atau batang tulangan No. 4 (13 mm) atau lebih besar harus digunakan spasi maksimum 16 in. (406 mm) pusat kepusat. Boleh digunakan tulangan kawat ulir atau kawat dilas dengan luas ekuivalen. Spasi maksimum dari pengikat lateral tidak boleh melebihi 0,5 kali dimensi *kolom* terkecil.

- Kuat tekan beton f'_c berkisar 21 hingga 70 MPa untuk beton normal.
- Tegangan leleh profil baja dan tulangan *longitudinal* tidak boleh melebihi 380 MPa.
- Rasio tulangan minimum ρ_{sr} sebesar 0,004 digunakan untuk penulangan longitudinal menerus, dimana ρ_{sr} adalah :

$$\rho_{sr} = \frac{A_{sr}}{A_g}$$

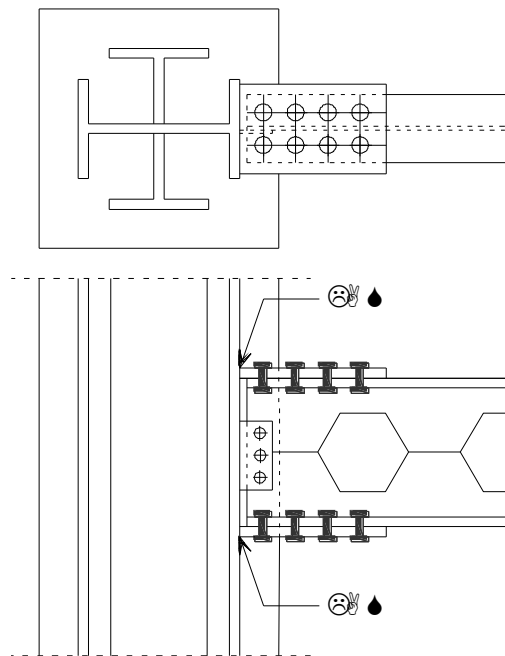
Keterangan :

A_g = Luas bruto komponen struktur komposit, mm²

A_{sr} = Luas batang tulangan menerus, mm²

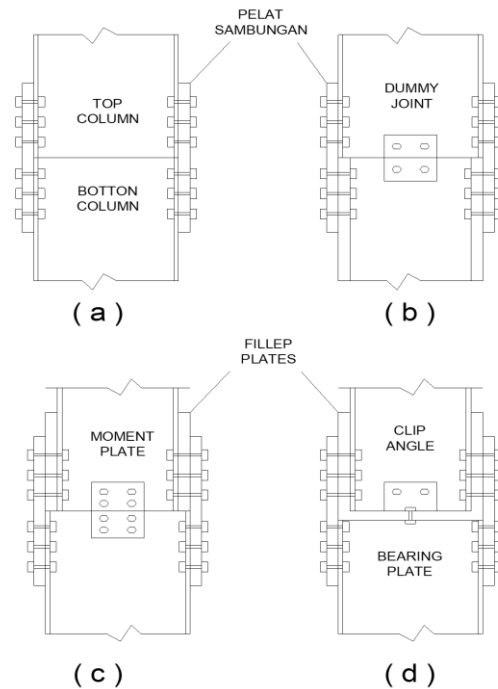
2.3 Sambungan momen jepit balok – kolom

Pada hubungan balok kolom portal baja gaya dalam yang terjadi adalah: gaya momen dan gaya lintang atau geser, karena itu dalam perencanaan sambungan harus direncanakan sambungan yang mampu menahan gaya bolak-balik akibat beban horizontal beban gempa dan gaya geser salah satu model hubungan yang disarankan.



Gambar 7. Sambungan momen jepit untuk konstruksi tahan gempa (AISC LRFD Manual)

sedangkan sambungan kolom-kolom diusahakan terletak pada saat momen terkecil atau mendekati nol, sehingga sambungan yang terjadi merupakan sambungan normal biasa



gambar 5. Contoh sambungan kolom yang umum digunakan

3. DATA PERENCANAAN

Fungsi bangunan = Gedung pendidikan

Jumlah lantai = 8 lantai

Tinggi bangunan = 36 m

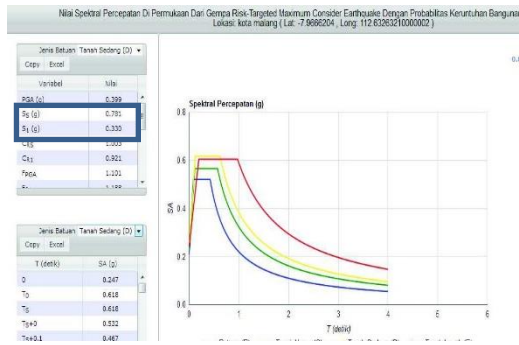
Bentang memanjang = 35 m

Bentang melintang = 15 m

digunakan baja king cross = 600 x 300 x 12 x 20

Digunakan baja WF 600 x 200 x 8.0 x 13.0 untuk balok casttela

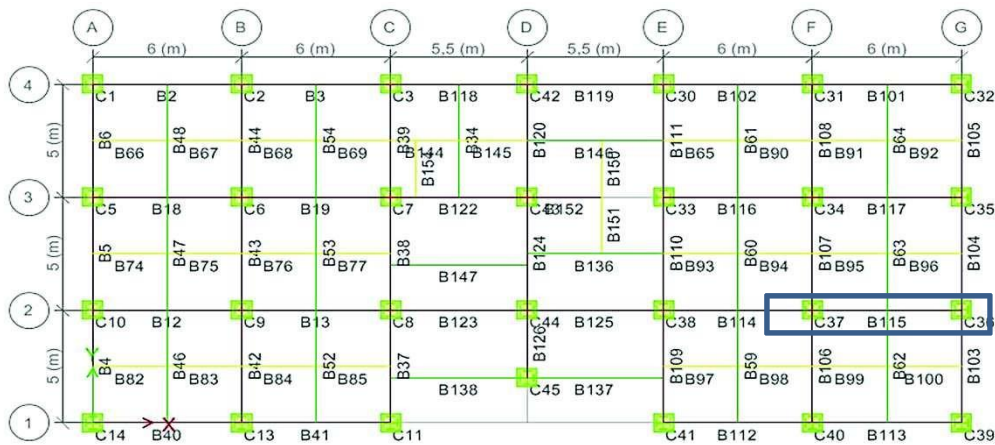
Diagram Nilai percepatan Gempa gambar 9.



4.HASIL DAN ANALISA

Tabel Tabel Output Pusat Massa dan Gravitasi dari hasil etabs

TABLE: Centers of Mass and Rigidity											
Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cumulative X	Cumulative Y	XC CM	YCC M	XCR	Y CR
		kgf-s ² /m	kgf-s ² /m	m	m	kgf-s ² /m	kgf-s ² /m	m	m	m	m
LANTAI 2	D2	80578,11	80578,11	17,4641	7,717	80578,11	80578,11	17,464	7,717	17,4998	7,702
LANTAI 3	D3	78088,06	78088,06	17,4629	7,7216	78088,06	78088,06	17,462	7,7216	17,4996	7,833
LANTAI 4	D4	78088,06	78088,06	17,4629	7,7216	78088,06	78088,06	17,462	7,7216	17,4996	7,904
LANTAI 5	D5	78088,06	78088,06	17,4629	7,7216	78088,06	78088,06	17,462	7,7216	17,4996	7,95
LANTAI 6	D6	78088,06	78088,06	17,4629	7,7216	78088,06	78088,06	17,462	7,7216	17,4997	7,982
LANTAI 7	D7	78088,06	78088,06	17,4629	7,7216	78088,06	78088,06	17,462	7,7216	17,4998	8,008
LANTAI 8	D8	78088,06	78088,06	17,4629	7,7216	78088,06	78088,06	17,462	7,7216	17,5002	8,033
ATAP	DATAP	67512,66	67512,66	17,4863	7,832	67512,66	67512,66	17,486	7,832	17,5049	8,071
ATAPLIFT	DATAP LIFT	7110,39	7110,39	20,25	11,5853	7110,39	7110,39	20,25	11,5853	19,3817	11,214

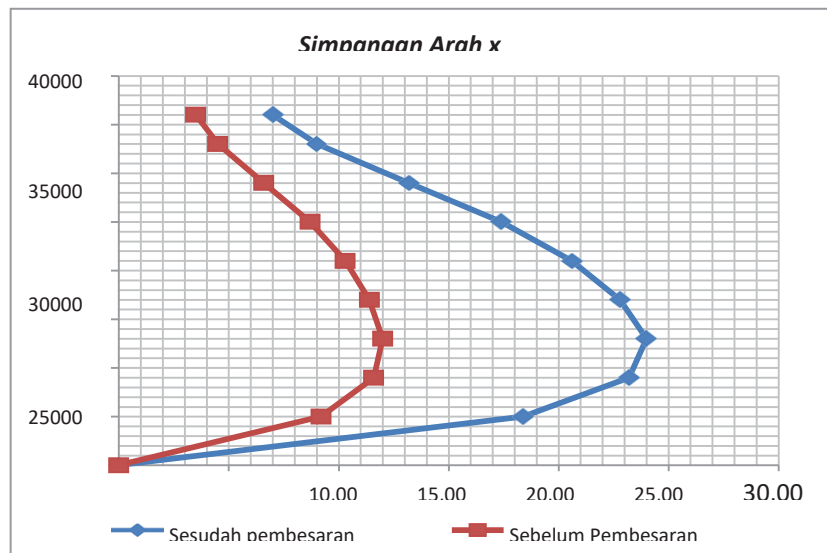


gambar 6. denah bangunan

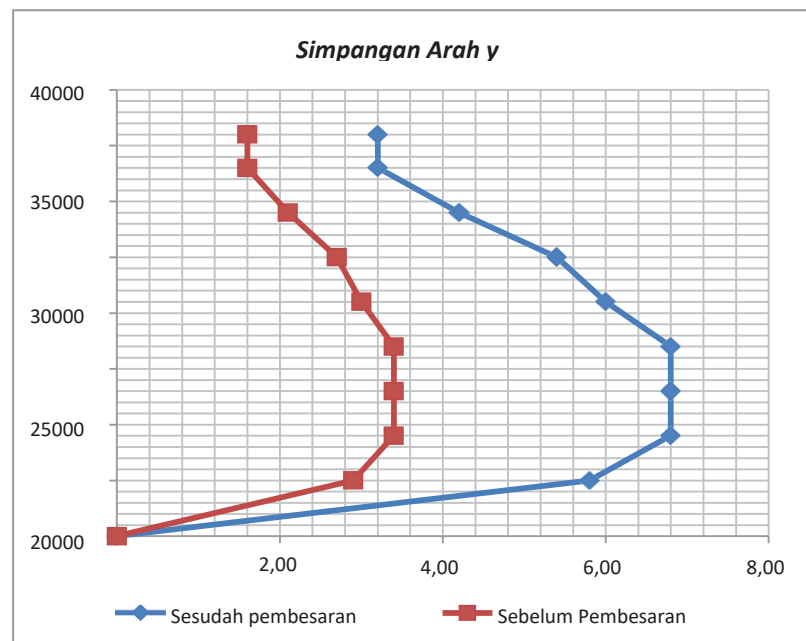
tabel hasil Perhitungan eksentrisitas dan eksentrisitas tambahan

Lantai	Pusat Massa		Pusat Kekakuan		Eksentrisitas (e)		ed = 1,5e + 0,05b Koordinat Pusat Massa		ed = e - 0,05b Koordinat Pusat Massa	
	X	Y	X	Y	X	Y	Xm'	Ym'	Xm'	Ym'
LANTAI 2	17,4641	7,7170	17,4998	7,7024	-0,0357	0,0146	19,1963	8,4743	15,7141	6,9670
LANTAI 3	17,4629	7,7216	17,4996	7,8330	-0,0367	-0,1114	19,1946	8,4159	15,7129	6,9716
LANTAI 4	17,4629	7,7216	17,4996	7,9048	-0,0367	-0,1832	19,1946	8,3800	15,7129	6,9716
LANTAI 5	17,4629	7,7216	17,4996	7,9500	-0,0367	-0,2284	19,1946	8,3574	15,7129	6,9716
LANTAI 6	17,4629	7,7216	17,4997	7,9822	-0,0368	-0,2606	19,1945	8,3413	15,7129	6,9716
LANTAI 7	17,4629	7,7216	17,4998	8,0082	-0,0369	-0,2866	19,1945	8,3283	15,7129	6,9716
LANTAI 8	17,4629	7,7216	17,5002	8,0332	-0,0373	-0,3116	19,1943	8,3158	15,7129	6,9716
ATAP	17,4863	7,8320	17,5049	8,0717	-0,0186	-0,2397	19,2270	8,4622	15,7363	7,0820
ATAPLIFT	20,2500	11,5853	19,3817	11,2142	0,8683	0,3711	22,4342	12,5209	18,5000	10,8353

Grafik 7. simpangan horizontal antar lantai arah X



Grafik 8. simpangan horizontal antar lantai arah Y



Balok portal bentang 6m dan 5m Menggunakan Profil Baja Castella 600 x 200 x 8 x 13

Balok Anak bentang 5 m Menggunakan Profil Baja Castella 450 x 150 x 6,5 x 9

Balok Anak Bentang 3m Profil Baja Castella 300 x 100 x 5,5 x 8

Pada Kolom Portal Menggunakan Kolom Encased dengan dimensi 80 x 80 cm dan profil baja King Kross 588 x 300 x 12 20 cukup kuat dalam menerima kombinasi beban aksial maksimum dan momen maksimum.

Pemasangan shear conector (penghubung geser) digunakan diameter 5/8 in= 15,88mm, tinggi HS = 80 mm pada balok induk menghindari slip/tergelincir beton terhadap baja sehingga keduanya tetap berperilaku sebagai komposit.

Sambungan Balok - Kolom

- Pada sambungan flens balok dan dan flens kolom, menggunakan sambungan dengan jumlah baut sebanyak 8 buah ($A325 \text{ } \varnothing = 7/8 \text{ in}$), dan las dengan ketebalan 5 mm cukup kuat untuk menahan momen yang bekerja.
- Pada sambungan badan balok dan dan flens

kolom, menggunakan sambungan dengan jumlah baut sebanyak 4 buah ($A325 \text{ } \varnothing = 7/8 \text{ in}$), dan las dengan ketebalan 5 mm cukup kuat untuk menahan momen yang bekerja.

Sambungan Balok Induk – Balok Anak

Pada sambungan Balok induk – balok Anak, menggunakan sambungan dengan jumlah baut sebanyak 4 buah ($A325 \text{ } \varnothing = 7/8 \text{ in}$, $f_{ub} = 620 \text{ Mpa}$, $f_{nv} = 372 \text{ Mpa}$), dengan jarak baut ke tepi 50 mm dan jarak antar baut 100 mm

Sambungan Balok Anak bentang 5m – Balok bentang 3m

Pada sambungan Balok Anak – Balok anak 3m, menggunakan sambungan dengan jumlah baut sebanyak 4 buah ($A325 \text{ } \varnothing = 7/8 \text{ in}$, $f_{ub} = 620 \text{ Mpa}$, $f_{nv} = 372 \text{ Mpa}$), dengan jarak baut ke tepi 30 mm dan jarak antar baut 67 mm.

Base Plate

Pada base plate menggunakan sambungan dengan jumlah baut sebanyak 8 buah / 3 baut tiap sisi ($A325 \text{ } \varnothing = 3/4$, $f_{uta} = 400 \text{ Mpa}$, $f_{ya} = 248 \text{ Mpa}$), dipasang dengan kedalaman 800 mm

4. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan perencanaan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada perencanaan konstruksi dengan menggunakan profil baja sangat perlu diperhatikan aspek kemudahan dalam pelaksanaan. Jangan sampai terjadi perencanaan tersebut tidak dapat dilaksanakan di lapangan. Perlu diperhatikan pula pada pemasangan angkur pada plat dasar harus sesuai dengan koordinat yang diberikan karena apabila melenceng maka konstruksi yang di atasnya tidak akan sesuai dengan perencanaan.
2. Sebagai bahan material bangunan selain beton bertulang, profil baja baik sebagai WF maupun *castelated beam* menghasilkan suatu konstruksi yang memiliki kekuatan yang aman untuk menahan beban
3. Pemakaian baja model castela sebagai balok maka akan didapatkan konstruksi yang lebih ringan sehingga dapat menekan biaya proyek dan memperkecil beban mati
4. Kolom Encased menguntungkan karena dapat menahan beban yang relatif besar , mengurangi tekuk kolom dan dapat melindungi dari bahaya kebakaran dan korosi

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2015*. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1726-2013*. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung SNI 1727-2013*. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung SNI 1727-2013*. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional
- Indarto, Himawan, dkk. 2013. *Aplikasi SNI Gempa 1726 : 2012 for Dummies*. Semarang. BDF
- Budiono, Bambang, dkk. Kajian Numerik Terhadap Kinerja Link Geser dengan Pengaku Diagonal pada Struktur Rangka Baja Berpenopang Eksentrik (EBF), Pameran dan Seminar HAKI 2010.
- Rakhman, Fahmi; Kristijanto, Heppy, Modifikasi Perencanaan Petra Square Apartement And Shopping Arcade Surabaya menggunakan Hexagonal Castellated Beam Non-Komposit <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-27400-3107100067-Presentation.pdf>
- Toreh Sharon Ruth ; Steenie E. Wallah, Servie O. Dapas” Optimasi Tinggi Pemotongan Lubang Heksagonal Pada *Castellated Beam* :Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.7 Juli 2015 (447-455) ISSN: 2337-6732
- Setiawan, Agus.2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Sesuai SNI 03-1729-2002)*. Jakarta. Erlangga