

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR BAJA
CASTELLA DENGAN METODE LRFD (*LOAD AND RESISTANCE
FACTOR DESIGN*) PADA GUDANG PT. HOONGTAI WOOD BEJI
KABUPATEN PASURUAN**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Pra-Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Strata Satu (S-1) Teknik Sipil**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2025**

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR BAJA
CASTELLA DENGAN METODE LRFD (*LOAD AND RESISTANCE
FACTOR DESIGN*) PADA GUDANG PT. HOONGTAI WOOD BEJI
KABUPATEN PASURUAN**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Prasyarat untuk Memperoleh Gelar
Strata Satu (S1) Teknik Sipil**



Disusun Oleh:

ARIO SUSANTO

22001051084

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2025**

RINGKASAN

Ario Susanto, 22001051084, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Malang, (Studi Alternatif Perencanaan Struktur Baja Castella dengan Metode LRFD (*Load And Resistance Factor Design*) Pada Gudang PT.Hoongtai Wood Beji Kabupaten Pasuruan) **Pembimbing : Ir. Bambang Suprpto, M.T. dan Ir. Warsito, M.T**

Gudang PT. Hoongtai Wood berlokasi di Dusun Kasurejo Desa Gunungsari Kecamatan Beji Kabupaten Pasuruan, Provinsi Jawa Timur. Gudang ini dirancang untuk mendukung aktivitas produksi dan penyimpanan material kayu dalam skala industri, sehingga memerlukan struktur yang kuat, efisien, dan sesuai dengan standar perencanaan yang berlaku di Indonesia. Gudang PT Hoongtai Wood ini memiliki luas lahan 8.215 m² untuk panjang gudang 72 m dan lebar 40 m. Struktur utama gudang ini menggunakan rangka portal baja WF dengan bentangan yang cukup panjang dan menggunakan kolom tengah, sehingga mengganggu aktivitas didalamnya. Oleh karena itu untuk mendukung fleksibilitas ruang dan pergerakan alat maupun material maka penulis mencoba merencanakan ulang struktur gudang menggunakan rangka atap baja *Castella* untuk studi alternatif perencanaan struktur baja *Castella* dengan metode LRFD (*Load And Resistance Factor Design*).

Metode LRFD adalah Suatu metode yang mempertimbangkan berbagai jenis beban dengan faktor keamanan, keandalan yang lebih tinggi dalam menghadapi berbagai beban eksternal. Sedangkan *Etabs v.19* adalah perangkat lunak analisis struktur yang sering digunakan dalam perencanaan dan analisis struktur bangunan gedung dan struktur lainnya. Dengan menggunakan *Etabs v.19* perencanaan jembatan struktur rangka baja ini dapat menerapkan prinsip-prinsip metode LRFD dengan lebih efisien dan akurat. Perangkat lunak ini memberikan alat yang kuat untuk memastikan kinerja dan keamanan struktural dalam proyek pembangunan gudang.

Hasil analisa perhitungan didapat dimensi gording yang dibutuhkan ukuran C 150.50.3,2mm. Dimensi rafter yang dibutuhkan ukuran HC 675.200.9.14mm, diambil dari WF 450.200.9.14mm dengan sudut potong 60°. Dimensi ikatan angin yang dibutuhkan ukuran Ø12mm. Dimensi profil balok yang dibutuhkan ukuran WF 400.200.8.13mm. Dimensi profil kolom yang dibutuhkan ukuran WF 450.200.9.14mm. Jumlah dan diameter baut pada sambungan dibutuhkan, sambungan baut pada puncak (rafter) sebanyak 2 x 8 baut Ø22 mm dengan tebal plat 16 mm dan tebal las sudut 6 mm. Sambungan baut pada rafter-kolom sebanyak 2 x 8 baut Ø20 mm dengan tebal plat 16 mm dan tebal las sudut 6 mm. Berdasarkan dari data sondir dimensi pondasi yang dibutuhkan, pondasi telapak 150x150x40cm dengan kedalaman 160cm menggunakan tulangan pokok D19-150mm, dan dimensi pondasi strauss Ø30cm panjang 300cm dengan kedalaman 460cm menggunakan tulangan pokok 6-D22 dan tulangan spiral D12-50mm.

Kata Kunci: Gudang Industri, Baja WF, Struktur Baja, Baja Castella, LRFD, ETABS v.19

SUMMARY

Ario Susanto, 22001051084, Faculty of Engineering, Departement of Civil Engineering, Islamic University of Malang, (Alternative Study of Castella Steel Structure Planning with LRFD (Load And Resistance Factor Design) Method at PT. Hoongtai Wood Beji warehouse, Pasuruan Regency). **Advisor: Ir. Bambang Suprpto, M.T. And Ir. Warsito, M.T**

The warehouse of PT Hoongtai Wood is located in Kasurejo Hamlet, Gunungsari Village, Beji District, Pasuruan Regency, East Java Province. This warehouse is designed to support production activities and storage of wood materials on an industrial scale, so it requires a structure that is strong, efficient, and in accordance with applicable planning standards in Indonesia. The warehouse of PT Hoongtai Wood has a land area of 8,215 m² for a warehouse length of 72m and a width of 40m. The main structure of this warehouse uses a WF steel portal frame with a long stretch and uses a center column, thus disrupting the activities inside. Therefore, to support the flexibility of space and movement of tools and materials, the author tries to re-plan the warehouse structure using Castella steel roof trusses for an alternative study of Castella steel structure planning using the LRFD (Load And Resistance Factor Design) method.

LRFD method is a method that considers various types of loads with a safety factor, higher reliability in the face of various external loads, while Etabs v.19 is a structural analysis software that is often used in the planning and analysis of building structures and other structures. By using Etabs v.19, the planning of this steel frame structure bridge can apply the principles of the LRFD method more efficiently and accurately. The software provides a powerful tool to ensure structural performance and safety in warehouse construction projects.

The results of the calculation analysis, the required wording dimensions are C 150.50.3.2mm. The rafter dimensions required are HC 675.200.9.14mm, taken from WF 450.200.9.14mm with a cut angle of 60 °. Dimension of wind ties required size Ø12mm. The beam profile dimension required is WF 400.200.8.13mm. Dimension of column profile required WF 450.200.9.14mm. The number and diameter of bolts in the connection are required, the bolt connection at the top (rafter) is 2 x 8 bolts Ø22 mm with a plate thickness of 16 mm and a corner weld thickness of 6 mm. Based on sondir data, the required foundation dimensions, 150x150x40cm footing foundation with a depth of 160cm using D19-150mm main reinforcement, and Ø30cm long 300cm strauss foundation dimensions with a depth of 460cm using 6-D22 main reinforcement and D12-50mm spiral reinforcement.

Keywords: Industrial Warehouse, WF Steel, Steel Structure, Castella Steel, LRFD, Etabs v.19

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada perkembangan zaman sekarang ini bangunan baja semakin banyak diminati. Sehingga baja merupakan salah satu material yang banyak digunakan oleh konstruksi bangunan, khususnya konstruksi bangunan tinggi (Suprpto & Bakhtiar, 2018). Karakteristik bangunan baja yang lebih ringan dibandingkan beton, memiliki kekerasan (hardness) dan kekuatan tarik (tensile strength) yang tinggi sangat sesuai dalam dunia konstruksi. Dengan kekuatan yang tinggi dan sama kuat pada kekuatan tarik maupun tekan dan oleh karena itu baja menjadi elemen struktur yang memiliki batasan sempurna yang akan menahan beban jenis tarik aksial, tekan aksial, dan lentur dengan fasilitas yang hampir sama pada konstruksi (struktur) nya. (Badaruddin, Warsito H, & Suprpto, 2020)

Baja memiliki beberapa keunggulan yang perlu diperhatikan dalam pembangunan aitu awet dan kuat, specific strength yang lebih tinggi serta waktu pengerjaan yang lebih cepat dapat mempercepat pengerjaan struktur ditambah lagi dengan keseragaman material yang lebih terjamin karena dibuat secara fabrikasi (Bayhaqi, Warsito, & Suprpto, 2019).

Dan dalam pembangunan gudang, umumnya struktur bangunan gudang menggunakan materia baja, hal ini karena kebutuhan jarak antar kolom yang jauh sedangkan atap biasanya merupakan atap metal yang ringan. Dengan material baja, dengan kekuatan 10x lipat dari beton didapat struktur yang lebih kecil dan ringan. Untuk bentang antar kolom yang tidak terlalu panjang (misal 10m), bisa digunakan baja profil biasa, untuk yang lebih panjang dapat digunakan casteled, yaitu profil baja misal I/WF (wide flange) dibelah menjadi dua dengan irisan membentuk trapesium kemudian badan digeser ke samping dan keatas sedemikian hingga badan baja yang berada dibawah ketemu bertemu dengan yang diatas, badan ini kemudian di las, dan akan terbentuk lubang berbentuk segi enam. *Castileted Beam* ini sangat efektif karena tinggi baja akan menjadi 2 kali lipat sehingga kekakuan dan kekuatan lenturnya jauh bertambah. Dan karena terdapat lubang segi enam tadi akan mengurangi berat sendiri struktur yang menjadikannya lebih efektif. (Perencanaan, Baia, & Struktur, 2002)

Baja dapat dirancang agar tidak mudah berkarat, berjamur. Selain itu, bisa jadi terbuat dari bahan baja yang tahan air, tahan rayap, tidak mudah keropos. Rangka baja

tidak hanya digunakan untuk konstruksi atap saja, namun juga dapat dimanfaatkan membangun gedung-gedung besar, seperti pabrik, gudang, struktur konstruksi, dll. Perhitungan menggunakan LRFD sangat penting untuk mendapatkan struktur yang stabil, kuat, tahan lama, dan ekonomis. Suatu struktur dikatakan stabil bila tidak mudah terbalik, miring, atau terlantar selama perancangan bangunan.(A. Ridwan & Mukhoyyaroh, 2021).

Balok Castela (*Castellated Beam*) merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk meminimalisir hal tersebut dimana cara optimasi ini dilakukan dengan mengubah dimensi dari sebuah profil menjadi lebih tinggi, dengan demikian momen inersianya dapat meningkat. Baja kastela merupakan profil baja struktur yang berasal dari modifikasi profil I melalui pemotongan di area badan dan kemudian disambung kembali menggunakan las sedemikian rupa agar membentuk lubang pada bagian badan profil (Windu P, Sukamta, & Siti Hardiyati, 2018).

Baja Castella merupakan profil baja dengan panjang kurang lebih 8 meter, profil baja ini berberntuk I. Proses pembuatan Baja Castella dengan cara melubangi baja profil I kedalam bentuk segi enam dengan sudut yang bervariasi antara kemiringan 45° sampai 70° , atau dengan cara memotong baja profil I tersebut kemudian disambung kembali dengan proses las. Tujuan melubangi baja profil I tersbut untuk mengurangi berat tanpa mengurangi atau merunkan kekuatan baja tersebut. Sudut kemiringan yang disarankan antara 45° sampai 70° sedangkan yang sering digunakan dilapangan kemiringan berkisar antara 45° sampai 60° . Penentuan sudut tersebut dengan memperhitungkan tegangan yang terjadi pada baja kastella tersebut jangan sampai melebihi tegangan yang diizinkan (Aa Santosa, Hanifi Rizal, & Chandra AR, 2020).

Sejak awal perkembangan struktur baja untuk material konstruksi menggunakan profil baja solid digunakan sejak awal perkembangan era struktur baja. Seiring dengan perkembangannya penggunaan profil baja semakin beragam dengan mulai ditemukannya profil castellated (Windasari, Muhammad Asyhari, & Ashad Hanafi, 2019).

Untuk pembahasan pada tulisan ini penulis membahas terkait perencanaan struktur atas dengan menggunakan baja castella. Untuk perencanaan struktur bangunan harus memperhatikan fungsi bangunan, kekuatan, keamanan, kestabilan, dan pertimbangan ekonomis. Dalam perencanaan gudang pada pabrik pemotongan kayu ini lebar gudang adalah 40 meter dan panjang 70 meter. Dari beberapa pemaparan penulis mengambil judul “Studi Alternatif Perencanaan Struktur Baja Castella Dengan Metode LRFD (*Load And Resistance Factor Design*) Pada Gudang Pt. Hoongtai Wood Beji Kabupaten Pasuruan”.

1.2 Identifikasi Masalah

1. Kurang optimalnya baja WF (*Wide Flange*) dalam hal efisiensi berat dan kapasitas.
2. Baja WF (*Wide Flange*) lebih terbatas dalam mendukung bentang yang cukup panjang.
3. Baja castella dapat mengurangi berat total struktur atas tanpa mengurangi kekuatan.
4. Desain baja castella yang berlubang memberikan performa yang lebih baik dalam stabilitasnya.

1.3 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan ditinjau adalah sebagai berikut :

1. Berapa dimensi gording yang dibutuhkan?
2. Berapa dimensi rafter dengan baja castella yang di butuhkan?
3. Berapa diameter ikatan angin yang dibutuhkan?
4. Berapa dimensi balok WF yang dibutuhkan?
5. Berapa dimensi kolom WF yang dibutuhkan?
6. Berapa dimensi sambungan struktur atas baja castella?
7. Berapa dimensi pondasi yang dibutuhkan?

1.4 Batasan Masalah

Permasalahan dalam penggunaan baja sebenarnya cukup banyak yang harus diperhatikan, namun mengingat keterbatasan waktu, perencanaan ini mengambil batasan:

1. Tidak melakukan peninjauan terhadap analisa biaya dan waktu perencanaan.
2. Spesifikasi yang digunakan mengacu pada peraturan diantaranya :
 - SNI 1727:2020, “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain”.
 - SNI 1729:2020, “Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”.
 - SNI 2847:2019, “Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan”.
 - SNI 2052:2017, “Baja tulangan beton”.
3. Tidak membahas detail metode pelaksanaan.
4. Tidak melakukan peninjauan terhadap perhitungan gempa.

1.5 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui berapa dimensi gording yang dibutuhkan.
2. Mengetahui berapa besar dimensi rafter dengan baja castella.
3. Mengetahui berapa dimensi ikatan angin yang dibutuhkan.
4. Mengetahui berapa dimensi kolom baja wf yang dibutuhkan.
5. Mengetahui berapa dimensi balok baja wf yang dibutuhkan.
6. Mengetahui berapa dimensi sambungan struktur atas baja castella.
7. Mengetahui berapa dimensi pondasi yang dibutuhkan.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Bagi penulis dapat merencanakan struktur atas baja castella dengan metode LRFD (*Load Resistance Factor and Design*) pada bangunan gudang.
2. Bagi pihak PT. Hoongtai Wood mendapatkan informasi mengenai alternatif perencanaan struktur atas menggunakan baja castella.
3. Bagi masyarakat dapat memberikan informasi mengenai teknologi alternatif perencanaan struktur atas menggunakan baja castella.

1.7 Lingkup Pembahasan

Sesuai dengan judul skripsi “Studi Alternatif Perencanaan Struktur Atas Baja Castella Dengan Metode Lrfd (*Load And Resistance Factor Design*) Pada Gudang Pt. Hoongtai Wood Beji Kabupaten Pasuruan”. Maka ruang lingkup pembahasan ini meliputi :

1. Menghitung struktur gording
2. Mengitung ikatan angin
3. Menghitung balok wf
4. Menghitung rafter
5. Menghitung kolom wf
6. Menghitung base plate
7. Menghitung kolom pedestal
8. Menghitung dimensi pondasi

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa perhitungan “Studi Alternatif Perencanaan Struktur Baja Castella Dengan Metode LRFD (*Load And Resistance Factor Design*) Pada Gudang PT. Hoongtai Wood Beji Kabupaten Pasuruan”, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dimensi gording yang dibutuhkan ukuran C 150.50.3,2mm.
2. Dimensi rafter yang dibutuhkan ukuran HC 675.200.9.14mm, diambil dari WF 450.200.9.14mm dengan sudut potong 60°.
3. Dimensi ikatan angin yang dibutuhkan ukuran Ø12mm.
4. Dimensi profil balok yang dibutuhkan ukuran WF 400.200.8.13mm.
5. Dimensi profil kolom yang dibutuhkan ukuran WF 450.200.9.14mm.
6. Jumlah dan diameter baut pada sambungan dibutuhkan :
 - Sambungan baut pada puncak (rafter) sebanyak 2 x 8 baut Ø22 mm dengan tebal plat 16 mm dan tebal las sudut 6 mm.
 - Sambungan baut pada rafter-kolom sebanyak 2 x 8 baut Ø20 mm dengan tebal plat 16 mm dan tebal las sudut 6 mm.
7. Berdasarkan dari data sondir dimensi pondasi yang dibuthkan, pondasi telapak 150x150x40cm dengan kedalaman 160cm menggunakan tulangan pokok D19-150mm, dan dimensi pondasi strauss Ø30cm panjang 300cm dengan kedalaman 460cm menggunakan tulangan pokok 6-D22 dan tulangan spiral D12-50mm.

5.2 Saran

1. Dalam perencanaan gudang dapat direncanakan dengan alternatif lain seperti *Portal Truss* dan *Space Truss*.
2. Dalam perencanaan gudang rangka baja ini dapat menggunakan aplikasi lain seperti SAP2000, *STAAD Pro*, dan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aa Santosa, Hanifi Rizal, & Chandra AR. (2020). *Analisa Pengaruh Sudut Pada Baja Kastella Dengan Metode Elemen Hingga*. 19(2), 179.
- Agus Setiawan. (2008). *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*, Erlangga.
- Agus Setiawan. (2013). *“Perencanaan Struktur Baja, Metode LRFD”, Edisi II*, Erlangga, Jakarta, september 2016, 1–6.
- ANSI/AISC 360-16. (2017). *Specification for Structural Steel Buildings. Text and Performance Quarterly*, 37(2), 169–170.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Sni 2847-2019*, 8, 720.
- Badan Standarisasi Indonesia. (2020). *SNI 1727:2020 Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. Jakarta, 8, 1–336.
- Badan Standarisasi Indonesia 1729 : 2020. (2020). *Standar Nasional Indonesia 1729 : 2020 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*. 8.
- Badaruddin, Warsito H, & Suprpto. (2020). *Studi Alternatif Perencanaan Struktur Baja Dengan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Pada Gedung Rumah Sakit Universitas Islam Malang*. 8(2), 128–138.
- Bayhaqi, J. A., Warsito, W., & Suprpto, B. (2019). *Studi Alternatif Perencanaan Struktur Baja Pada Gedung Dormitory Taiwan Staaf Building kota Bekasi*. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-Journal)*, 6(2), 195–201.
- Perencanaan, P., Baia, B., & Struktur, P. (2002). *Konstruksi baja ii*. 1–27.
- Ridwan, A., & Mukhoyyaroh, N. I. (2021). *Gable Frame Structure Planning Using Lrfd Method in Pamekasan Factory Warehouse Project*. *Civilla : Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan*, 6(2), 225. <https://doi.org/10.30736/cvl.v6i2.724>
- Ridwan, K. B., Bakhtiar, A., & Baja, S. (2015). *STUDI PERBANDINGAN STRUKTUR BAJA METODE LRFD SNI-03-1729-2002 DENGAN PPBBI 1987 PADA PROYEK PEMBANGUNAN GUDANG PT . SADHANA*. 3(2), 85–99.
- Suprpto, B., & Bakhtiar, A. (2018). *Studi Perencanaan Struktur Portal Komposit*. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-Journal)*, 06, 131–137.
- Swastika, T. W., Sugihardjo, H., & Suswanto, B. (2016). *Studi Perilaku Web Post Buckling Dan Vierendeel Mechanism Pada Castellated Beams*. *Jurnal Poli-Teknologi*, 14(1). <https://doi.org/10.32722/pt.v14i1.735>

- Windasari, Muhammad Asyhari, & Ashad Hanafi. (2019). Tinjauan Penerapan Balok Baja Kastela (Castellated Beam) Dengan Menggunakan Program SAP 2000 Pada Struktur Gedung Administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Bahasa Arab. *Jilmateks*, 1(2), 256–267. <https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/JILMATEKS>
- Windu P, Sukamta, & Siti Hardiyati. (2018). Optimasi Distribusi Lubang Pada Balok Baja Kastela. *Teknik*, 39(1), 1. <https://doi.org/10.14710/teknik.v39i1.12234>
- Wiryanto Dewobroto. (2016). *Struktur Baja "Perilaku dan Desain - AISC 2010 ,Analisis Edisi ke-2*. 1–23.
- Yaqin, A., Noerhayati, E., & Salahuddin. (2021). 36 / *Jurnal Rekayasa Sipil* / Vol. 10 No. 5 Agustus 2021. 10(5), 36–44.

