

STUDI ANALISIS VARIASI DIMENSI BAUT DAN PELAT SAMBUNGAN BALOK – KOLOM BAJA PRAKUALIFIKASI SNI 7279 : 2020

Hafizas Mahdisra^{1*}, Muhammad Aryya Saputra², Sumirin³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, aryasaputra211222@gmail.com

ABSTRAK

Gempa bumi *Northridge* tahun 1994 di California menunjukkan kelemahan signifikan pada sambungan struktur baja, sehingga melumpuhkan sebagian besar infrastruktur. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis daya dukung sambungan struktur baja sesuai standar SNI 7972: 2020 dengan menggunakan software IDEA Statica. Fokus penelitian ini adalah untuk mengevaluasi jenis sambungan yang telah memenuhi syarat, termasuk variasi dimensi pelat dan sekrup, serta mengetahui pengaruh momen dan gaya tekan pada sambungan balok ke kolom. Hasil analisa memberikan pedoman desain sambungan yang lebih efektif untuk meningkatkan ketahanan dan keamanan struktur baja terhadap beban gempa. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode konstruksi tahan gempa dengan kinerja yang lebih tinggi lagi di masa depan.

Kata kunci : *A Gempa Bumi, Kegagalan Struktur, Sambungan Baja, Sambungan Baja Terprakualifikasi*

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gempa bumi merupakan sebuah kejadian alam dimana terjadi sebuah pergerakan lempengan bumi tektonik yang saling beririsan dan menyebabkan guncangan di permukaan bumi atas nya. Gempa bumi sendiri memiliki dampak cukup besar pada sebuah kerusakan di permukaan nya, karena gempa bumi menghasilkan sebuah getaran dan guncangan yang arahnya vertikal dan horizontal, tidak terkecuali Gempa *Northridge* yang terjadi pada tanggal 13 Oktober 1994 di Los Angeles, California. Gempa yang terjadi pada tahun 1994 di Los Angeles, California ini mengubah pandangan dunia tentang kekuatan sambungan struktur baja.

Struktur baja yang terkenal kuat dan tahan gempa mengalami kolaps akibat gempa ini dan banyak infrastruktur baja di bagian Kota Los Angeles, California mengalami kegagalan seperti jembatan, gedung, dan infrastruktur pendukung lainnya. Kegagalan struktur baja ini membuat guncang dunia struktur di karenakan standar – standar dan peraturan struktur baja pada saat itu tidak mampu menahan

beban dinamis gempa. Sambungan antar baja yang seharusnya bisa menahan deformasi *inelastis* yang selama gempa berlangsung nyatanya tidak bertahan dari guncangan gempa.

Pasca gempa berlangsung para peneliti melakukan investigasi terhadap sambungan baja yang dirancang mengandalakan tipe sambungan pengelasan penuh yang tidak bisa memiliki fleksibilitas untuk menyerap gaya gempa dengan sempurna. Hasil investigasi menemukan bahwa tipe sambungan pengelasan mengalami tegangan berlebihan pada area pengelasan dan berimbas retakan dan mengalami keruntuhan struktural. Setelah gempa Northridge di tahun 1994 ini terjadi terdapat perubahan baru mengenai standar desain dan konstruksi struktur baja untuk meningkatkan daya dukung *daktilitas* (kelenturan).

Analisis pada Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas dari sambungan struktur baja dan memahami perilaku sambungan baja terhadap tekanan dan regangan akibat momen sesuai dengan SNI 7972 : 2020 sambungan baja terpraktualifikasi menggunakan bantuan aplikasi perangkat lunak *IDEA Statica* dan untuk memberikan solusi lebih baik dalam perencanaan dan konstruksi bangunan tahan gempa. Dengan terjadinya kegagalan struktural baja pada Gempa Northridge di Los Angeles, California membuat para insinyur memiliki referensi atau sumber dalam merancang sambungan pada struktur baja untuk kemajuan dan keamanan struktur baja di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana merencanakan dan menentukan jenis sambungan pada kolom, balok, dan plat pada bangunan gedung baja ?
- 2) Bagaimana Bagaimana cara mengetahui kapasitas sambungan terpraktualifikasi pada struktur baja ?

1.3 Tujuan Penelitian

Dalam menyusun Tugas Akhir ini terdapat beberapa masalah yang muncul yang harus kami hadapi antara lain sebagai berikut :

1. Menganalisis variasi dimensi baut dan tebal pelat pada sambungan 4E, 4ES, dan 8ES sambungan terpraktualifikasi sesuai dengan SNI 7972-2020
2. Menganalisis pengaruh jenis sambungan terhadap rasio kapasitas momen ter-ekspektasi pada sambungan 4E, 4ES, dan 8ES sambungan ter-praktualifikasi sesuai dengan SNI 7972-2020

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Struktur

Struktur adalah suatu rangkaian komponen yang terhubung dan berfungsi untuk mendukung beban eksternal dan internal dan meneruskannya ke tanah dengan efisien. Struktur berkaitan erat dengan pemahaman anatomi bangunan, yang dikategorikan dalam dua kategori, yaitu: *substructure* (struktur bawah) dan *upperstructure* (struktur atas). (Andi Jiba Rifai B, 2010)

2.2 Pengertian Baja

Baja adalah struktur setelah beton yang paling banyak digunakan karena memiliki banyak kelebihan terutama dalam hal kekuatan dan kecepatan pengerjaannya. Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2% hingga 2,1% berat sesuai tingkatannya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan (*manganese*), krom (*chromium*), *vanadium*, dan *tungsten* (Tarkono dkk., 2012)

2.3 Metode Perancangan Struktur Baja

Dalam metode perancangan struktur terutama struktur baja, terdapat dua buah desain dalam perancangan yaitu LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) dan ASD (*Allowable Stress Design*).

2.4 Perancangan Sambungan

Pada sebuah struktur terutama struktur rangka momen baja sangat diperlukan adanya sebuah sambungan sebagai salah satu cara untuk merancang sebuah struktur pada bangunan. Sambungan pada struktur rangka momen baja sangat bergantung terhadap sambungan antara kolom dan balok di tiap titiknya. Sambungan yang terputus atau buruk dapat menyebabkan sebuah kegagalan struktur yang berperilaku sangat terdistorsi dan tidak dapat di prediksi dari konsep awal proses analisis desain

Dalam gempa Northridge di Los Angeles dan sekitarnya pada tahun 1944 di dapati bahwa struktur rangka momen baja tidak bekerja semestinya dalam menahan gaya seismic gempa. Engsel sambungan pada balok yang seharusnya fleksibel menahan gaya seismic justru malah tidak dapat bekerja. Konsep *strong column weak beam* yang diterapkan pada struktur rangka baja di bagian Kota California dan sekitarnya justru malah tidak dapat berfungsi dan mengalami kegagalan total. Sambungan yang di desain sesuai dengan standar menggunakan jenis sambungan las antara sayap balok dengan sayap kolom yang dirancang memiliki rotasi plastis sejumlah 0,02 radian atau lebih besar tanpa degradasi kekuatan yang berlebih

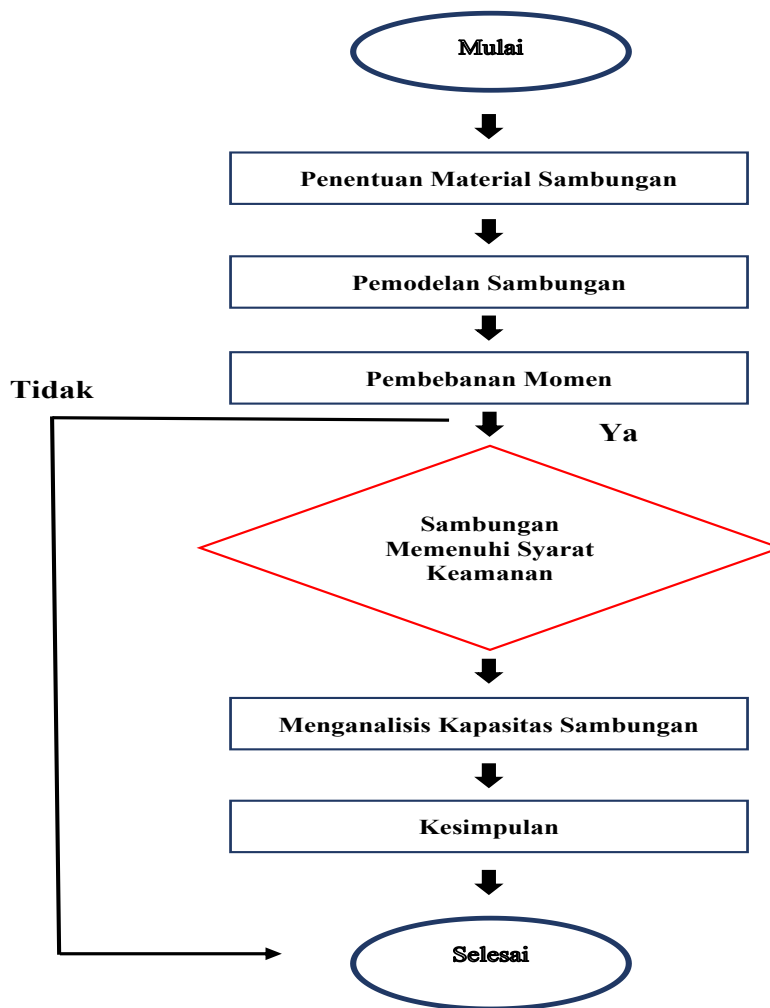
3 METODE PEMBUATAN

3.1 Fokus Penelitian

Dalam penentuan variasi dimensi baut dan ketebalan pelat di tiap sambungan melibatkan software *IDEA Statica*. Terkait desain sambungan menggunakan acuan pada SNI 7972-2020 tentang sambungan terpraktualifikasi dengan jenis sambungan Pelat Ujung di Perpanjang Berbaut dan Tanpa Pengaku (PUDBTP) dan Pelat Ujung di Perpanjang Berbaut dengan Pengaku (PUDBP) tipe 4E, 4ES, dan 8ES.

3.2 Rencana Penelitian

Bagan alir penelitian yang berisi tahapan-tahapan yang dilakukan selama penelitian ini akan dijelaskan pada gambar berikut:



4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perhitungan Balok

Pada analisis sambungan kolom- balok baja sesuai SNI 7972-2020 tentang sambungan ter-prakualifikasi kali ini kami menentukan contoh percobaan menggunakan 3 tipe sambungan dengan ketentuan profil sebagai berikut

A. Data Material Profil

➤ Kolom HWF 350 x 350 x 12 x 19

Profil Kolom = HWF 350 x 350 x 12 x 19

Mutu Baja = ASTM A36/36M

Modulus Elastisitas (E) = 200.000 MPa

Tegangan Putus Minimum (f_u) = 400 MPa

Tegangan Leleh Minimum (f_y) = 250 MPa

Panjang Badan	(H)	= 350 mm
Panjang Sayap	(B)	= 350 mm
Tebal Badan	(t_w)	= 12 mm
Tebal Sayap	(t_f)	= 19 mm
Luas Penampang	(A_g)	= 17390 mm ²
Momen Inersia X	(I_x)	= 403000000 mm ⁴
Momen Inersia Y	(I_y)	= 136000000 mm ⁴
Radius Girasi X	(ix)	= 152 mm
Radius Girasi Y	(iy)	= 88,4 mm
Modulus Plastis X	(S_x)	= 2300000 mm ³
Modulus Plastis Y	(S_y)	= 776000 mm ³
Modulus Elastis X	(Z_x)	= 2493200 mm ³
Modulus Elastis Y	(Z_y)	= 1175000 mm ³

➤ Balok IWF 350 x 175 x 7 x 11

Profil Balok		= IWF 350 x 175 x 7 x 11
Mutu Baja		= ASTM A36/36M
Modulus Elastisitas	(E)	= 200.000 MPa
Tegangan Putus Minimum	(f_u)	= 400 MPa
Tegangan Leleh Minimum	(f_y)	= 250 MPa
Panjang Badan	(H)	= 350 mm
Panjang Sayap	(B)	= 175 mm
Tebal Badan	(t_w)	= 7 mm
Tebal Sayap	(t_f)	= 11 mm
Luas Penampang	(A_g)	= 6314 mm ²
Momen Inersia X	(I_x)	= 136000 mm ⁴
Momen Inersia Y	(I_y)	= 9840000 mm ⁴
Radius Girasi X	(ix)	= 1468 mm
Radius Girasi Y	(iy)	= 395 mm
Modulus Plastis X	(S_x)	= 775000 mm ³
Modulus Plastis Y	(S_y)	= 112000 mm ³
Modulus Elastis X	(Z_x)	= 840847 mm ³
Modulus Elastis Y	(Z_y)	= 172259 mm ³

Berdasarkan hasil perhitungan properties profil kolom dan balok di dapati bahwa untuk menentukan momen dan geser pda sambungan menggunakan momen maksimal profil balok. Berikut merupakan hasil analisis momen dan geser sambungan.

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_p \\
 M_p &= F_y \times Z_x \\
 &= 0,25 \times 840847 \\
 &= 210.211,75 \text{ kN.mm}^3 \\
 &= 210,21175 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Dengan hasil Analisa gaya geser didapati dengan hasil sebagai berikut

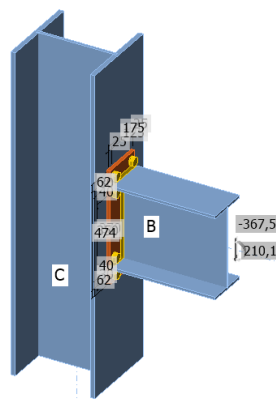
$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \times F_y \times (H \times t_w) \\
 &= 0,6 \times 250 \times (350 \times 7) \\
 &= 367,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4.2 Hasil Analisa Variasi Dimensi Pelat dan Baut

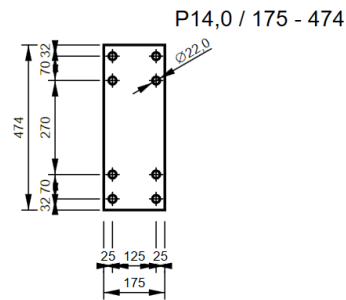
Pengaplikasian studi analisis variasi dimensi sambungan baut dan pelat pada tugas akhir ini bertujuan untuk menentukan pilihan terbaik dari penggunaan dimensi baut dan pelat pada sambungan baja 4E, 4ES, dan 8ES ini.

1. Variasi Dimensi Baut dan Pelat Sambungan 4E

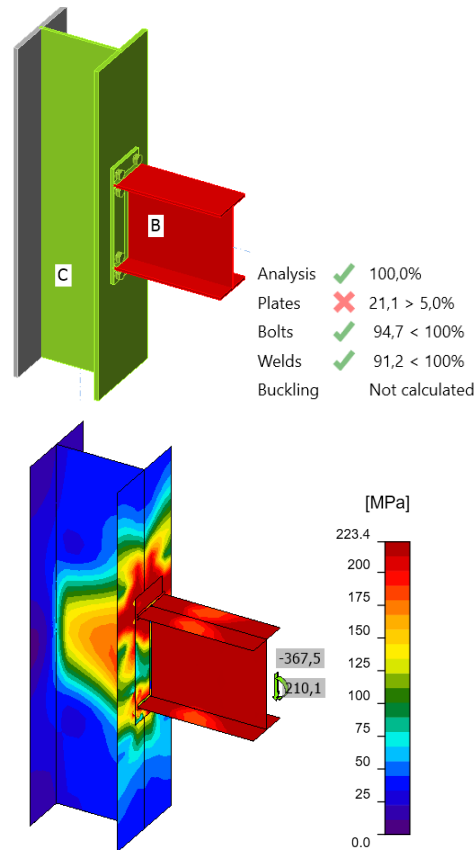
Berdasarkan hasil analisa variasi dimensi baut dan pelat pada sambungan tipe 4E kami menggunakan 3 kali percobaan pada diameter baut baut dan tebal palat dengan hasil paling optimum dapat ditunjukkan dibawah ini.



Gambar 4.1. Pemodelan Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E di *IDEA Statica*



Gambar 4.2. Konfigurasi *Endplate* Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E



Gambar 4.3. Hasil *Output* Analisis Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E *IDEA Statica*

Berikut merupakan hasil Kesimpulan dari percobaan variasi dimensi baut dan pelat pada sambungan tipe 4E dengan aplikasi *software IDEA Statica*.

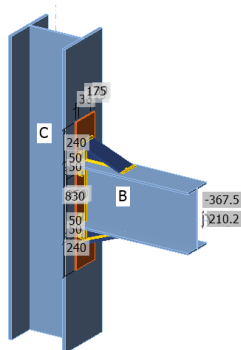
Tabel 4.1. Hasil Analisis Variasi Sambungan Baut dan Pelat Sambungan 4E

No.	Tipe Sambungan	Baut	Pelat	Kesimpulan
1	4E	D16	14 mm	Sambungan tidak aman menahan kapasitas momen plastis balok (Kapasitas Sambungan < Kapasitas Momen)

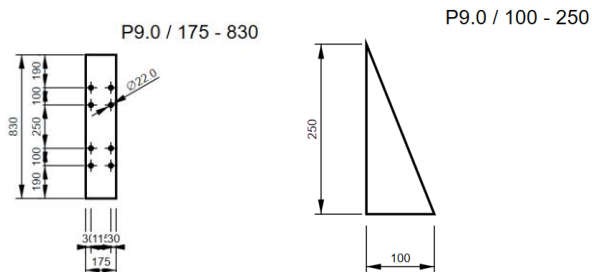
(HWF 350.350.12.19 dan IWF 350.175.7.11)	D22	14 mm	Kapasitas Sambungan terlalu besar terhadap kapasitas momen plastis balok (Kapasitas Sambungan > Kapasitas Momen)
	D20	14 mm	(Kapasitas Sambungan aman dan efektif menahan kapasitas momen plastis (Kapasitas Sambungan = Kapasitas Momen))
	D20	12 mm	Sambungan tidak aman menahan kapasitas momen plastis balok (Kapasitas Sambungan < Kapasitas Momen)
	D20	16 mm	Kapasitas Sambungan terlalu besar terhadap kapasitas momen plastis balok (Kapasitas Sambungan > Kapasitas Momen)
	D20	14 mm	(Kapasitas Sambungan aman dan efektif menahan kapasitas momen plastis (Kapasitas Sambungan = Kapasitas Momen))

2. Variasi Dimensi Baut dan Pelat Sambungan 4ES

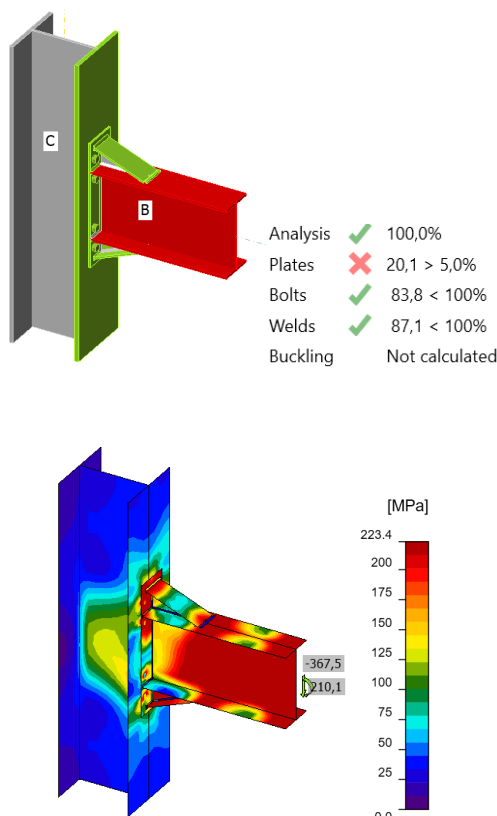
Berdasarkan hasil analisa variasi dimensi baut dan pelat pada sambungan tipe 4ES kami menggunakan 3 kali percobaan pada diameter baut dan tebal palat dengan hasil paling optimum dapat ditunjukkan dibawah ini.



Gambar 4.4. Pemodelan Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES di *IDEA Statica*



Gambar 4.5. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES



Gambar 4.6. Hasil *Output* Analisis Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES *IDEA Statica*

Berikut merupakan hasil kesimpulan dari percobaan variasi dimensi baut dan pelat pada sambungan tipe 4ES dengan aplikasi *software IDEA Statica*

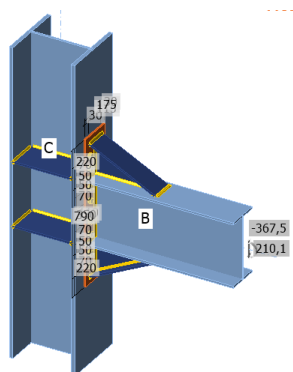
Tabel 4.2. Hasil Analisis Variasi Sambungan Baut dan Pelat Sambungan 4ES

No.	Tipe Sambungan	Baut	Pelat	Kesimpulan
2	4ES (HWF 350.350.12.19 dan IWF 350.175.7.11)	D16	9 mm	Sambungan tidak aman menahan kapasitas momen plastis balok (Kapasitas Sambungan < Kapasitas Momen)
		D22	9 mm	Kapasitas Sambungan terlalu besar terhadap

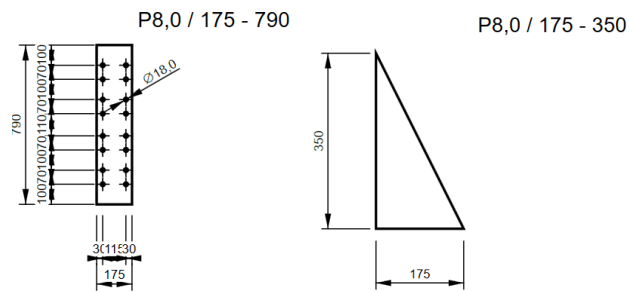
				kapasitas momen plastis balok (Kapasitas Sambungan > Kapasitas Momen)
		D20	9 mm	(Kapasitas Sambungan aman dan efektif menahan kapasitas momen plastis (Kapasitas Sambungan = Kapasitas Momen))
		D20	8 mm	Sambungan tidak aman menahan kapasitas momen plastis balok (Kapasitas Sambungan < Kapasitas Momen)
		D20	11 mm	Kapasitas Sambungan terlalu besar terhadap kapasitas momen plastis balok (Kapasitas Sambungan > Kapasitas Momen)
		D20	9 mm	(Kapasitas Sambungan aman dan efektif menahan kapasitas momen plastis (Kapasitas Sambungan = Kapasitas Momen))

3 Variasi Dimensi Baut dan Pelat Sambungan 8ES

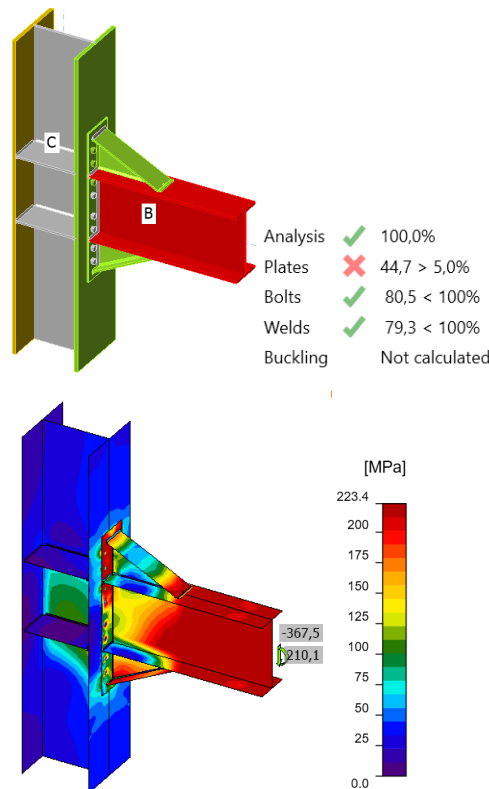
Berdasarkan hasil analisa variasi dimensi baut dan pelat pada sambungan tipe 8ES kami menggunakan 3 kali percobaan pada diameter baut dan tebal palat dengan hasil paling optimum dapat ditunjukkan dibawah ini.



Gambar 4.7. Pemodelan Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES di *IDEA Statica*



Gambar 4.8. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES



Gambar 4.9. Hasil *Output* Analisis Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES *IDEA Statica*

Berikut merupakan hasil kesimpulan dari percobaan variasi dimensi baut dan pelat pada sambungan tipe 8ES dengan aplikasi *software IDEA Statica*

Tabel 4.3. Hasil Analisis Variasi Sambungan Baut dan Pelat Sambungan 8ES

No.	Tipe Sambungan	Baut	Pelat	Kesimpulan
3	8ES	D12	8 mm	Sambungan tidak aman menahan kapasitas momen plastis balok (Kapasitas Sambungan < Kapasitas Momen)

(HWF 350.350.12.19 dan IWF 350.175.7.11)	D20	8 mm	Kapasitas Sambungan terlalu besar terhadap kapasitas momen plastis balok (Kapasitas Sambungan > Kapasitas Momen)
	D16	8 mm	(Kapasitas Sambungan aman dan efektif menahan kapasitas momen plastis (Kapasitas Sambungan = Kapasitas Momen))
	D16	6 mm	Sambungan tidak aman menahan kapasitas momen plastis balok (Kapasitas Sambungan < Kapasitas Momen)
	D16	10 mm	Kapasitas Sambungan terlalu besar terhadap kapasitas momen plastis balok (Kapasitas Sambungan > Kapasitas Momen)
	D16	8 mm	(Kapasitas Sambungan aman dan efektif menahan kapasitas momen plastis (Kapasitas Sambungan = Kapasitas Momen))

Parameter yang kita dapat dari data **Tabel 4.1**, **Tabel 4.2**, dan **Tabel 4.3** bahwa material optimum dapat terpenuhi jika diameter baut dan pelat memiliki perbandingan rasio dari tebal sayap profil balok dengan ketentuan seperti **Tabel 4.10** dibawah ini

Tabel 4.4. Hasil Analisis Parameter Material Optimum Terhadap Tebal Sayap Profil Balok

No	Tipe Sambungan	Rasio Tebal Sayap	Rasio Dimensi Baut	Rasio Tebal Pelat
1	4E	1	1,8	1,2
2	4ES	1	1,8	0,8
3	8ES	1	1,5	0,75

4.2 Analisa Kapasitas Sambungan

Dalam sebuah kapasitas sambungan terdapat batasan maksimal kapasitas dalam menerima momen dan geser yang terjadi di batas aman kemampuan sebuah sambungan. Berdasarkan hasil variasi dimensi baut dan pelat tiap

sambungan diatas dapat kita lihat berapa rasio maksimal sambungan terhadap momen dan gesernya. Disini kami menggunakan 5 rasio yaitu 0,8, 1,0, 1,1, 1,2, dan 1,3 dengan data sebagai berikut

Tabel 4.5. Hasil Rasio Momen dan Geser Ter-Ekspektasi

No	Rasio	Momen Maksimal Ekspektasi M_x	Momen Geser Ekspektasi V_x
1	0,8	168,1694	294
2	1,0	210,21175	367,5
3	1,1	231,2329	404,25
4	1,2	252,2541	441
5	1,3	273,2753	477,75

Sehingga bisa kita simpulkan bahwa untuk setiap tipe sambungan dapat menerima momen dan geser dengan rasio yang berbeda-beda dengan hasil sebagai berikut

Tabel 4.6. Hasil Kesimpulan Rasio Kapasitas Teganagan Terhadap Kapasitas Profil

No	Tipe Sambungan	Kapasitas Profil	Kapasitas Sambungan	Rasio
1	Sambungan 4E	210,21175	210,21175	1,0
2	Sambungan 4ES	210,21175	231,2329	1,1
3	Sambungan 8ES	210,21175	252,2541	1,2

5 KESIMPULAN

Berikut beberapa kesimpulan .yang dapat diambil dari analisis sambungan prakualifikasi yang telah dilakukan

1. Jenis sambungan pemikul momen tipe 4E, 4ES, dan 8ES ditinjau dari kapasitas momen pada penampang balok baja prfil IWF 350 x 175 x 7 x 11 di dapatkan spesifikasi sambungan paling optimal adalah :
 - a. Pada tipe 4E dengan jumlah baut 8 diameter 20 mm (1,8 kali tebal sayap), dan ketebalan pelat ujung 14 mm (1,2 kali tebal sayap).
 - b. pada tipe 4ES dengan jumlah baut 8 diameter 20 mm (1,8 kali tebal sayap), dan ketebalan pelat ujung 9 mm (0,8 kali tebal sayap).
 - c. pada tipe 8ES dengan jumlah baut 8 diameter 16 mm (1,5 kali tebal sayap), dan ketebalan pelat ujung 8 mm (0,75 kali tebal sayap).
2. Berdasarkan hasil analisis sambungan menggunakan metode percobaan momen dan gaya geser dengan variabel rasio 0,8; 1,0; 1,1; 1,2; dan 1,3, di dapatkan hasil kapasitas sambungan prakualifikasi tipe 4E, 4ES, dan 8ES sebagai berikut :
 - a. Kapasitas sambungan tipe 4E diperoleh nilai $M_x (2) = 210.2118$ kN.m dan $V_x (2) = 367.5$ kN.
 - b. Kapasitas sambungan tipe 4ES diperoleh nilai $M_x (3) = 231,233$ kN.m dan $V_x (3) = 404,25$ kN.
 - c. untuk sambungan tipe 8ES diperoleh nilai $M_x (4) = 252,2541$ kN.m dan $V_x (4) = 441$ kN.

Kapasitas sambungan maksimum dalam menahan momen dan gaya geser berasal dari konfigurasi 8ES, 4ES, dan 4E.`

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. SNI 7972. (2020). SNI 7972:2020 Sambungan terpraktualifikasi untuk rangka momen khusus dan menengah baja pada aplikasi seismik. *Badan Standarisasi Nasional*, 8.
- [2]. Sistem, D., & Standar, P. (2020). *Penerapan Standar Nasional Indonesia*. 8.
- [3]. Abdurrahman, H. (2022). Analisis Perbandingan Sambungan Baja Terpraktualifikasi Srpkm (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) Tipe 4E Dengan 4ES Berdasarkan SNI 7972-2020 dan SNI 7972-2013.
- [4]. Andi Jiba Rifai B. (2010). Perkembangan Struktur Dan Konstruksi Rumah Tradisional Suku Bajo Di Pesisir Pantai Parigi Moutong. *Ruang*, 2, 31–38. <https://www.neliti.com/publications/221034/perkembangan-struktur-dan-konstruksi-rumah-tradisional-suku-bajo-di-pesisir-pantai>
- [5]. Arifin, J., Purwanto, H., & Syafa'at, I. (2017). Pengaruh jenis elektroda terhadap sifat mekanik hasil Pengelasan smaw baja astm a37. *Jurnal Momentum UNWAHAS*, 13(1), 27–31.
- [6]. Cahya, H. N. (2014). *Studi Analisis Perbandingan Metode ASD (Allowable Stress Design) Dengan LRFD (Load and Resistance Factor Design) Pada Struktur Gable Frame Di Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang*.
- [7]. Rohmah, S., Wahiddin, W., & Sugiarto, A. (2021). Modifikasi Perencanaan Gedung Rsud Kota Depok Wilayah Timur Dengan Struktur Baja. *Jurnal JOS-MRK*, 2(4), 144–150. <https://doi.org/10.55404/jos-mrk.2021.02.04.144-150>
- [8]. Ii, B. (2021). *RANGKA MOMEN KHUSUS DAN MENENGAH BAJA PADA APLIKASI SEISMIK*.
- [9]. Dona, M. T., Indra, S., & Priskasari, E. (2022). Beban Gempa Dan Base Shear Menurut Sni 1726-2012 Dan Sni 1726-2019 Pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (Fik) Universitas Negeri Malang. *Prosiding SEMSINA*, 3(1), 160–164. <https://doi.org/10.36040/semsina.v3i1.5058>
- [10]. Balok-kolom, S. K. S., Pada, D. A. N. B., Muhammad, K. M., & Maulana, Y. K. (2024). *PERANCANGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN*. *September*, 530–546.