

STUDI KAPASITAS SAMBUNGAN BALOK-KOLOM, BALOK-BALOK, DAN BASEPLATE PADA PERANCANGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) STRUKTUR GEDUNG KANTOR 7 LANTAI DENGAN STRUKTUR BAJA

¹Kufa Mahadir Muhammad, ²Yudhistira Kevin Maulana

^{1,2}Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

*Corresponding Author:

mputra747.mp@gmail.com, yudhistirakevin1@gmail.com

Abstrak

Pada tahun 1994, gempa Northridge yang berkekuatan 6.7 skala Richter mengguncang wilayah Los Angeles, California, menyebabkan kerusakan signifikan pada berbagai bangunan, termasuk struktur baja yang diharapkan mampu menahan beban gempa. Salah satu temuan penting pasca-gempa adalah kegagalan pada sambungan balok-kolom dalam struktur baja pemikul momen khusus (SPMK) yang seharusnya dirancang untuk menahan gaya-gaya seismik yang signifikan. Studi dan analisis pada Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas maksimum pada sambungan untuk memahami perilaku sambungan pemikul momen khusus ini sesuai dengan SNI 7972: 2020 dan untuk mengembangkan solusi yang lebih baik dalam perencanaan dan konstruksi bangunan yang tahan gempa.

Karena masih terbatas studi tentang sambungan Struktur Pemikul Momen Khusus, maka pada Tugas Akhir ini akan mengkaji tentang kapasitas maksimum dari empat jenis sambungan di antaranya tipe 4E, 4ES, 8ES, dan Local Endplate. Sambungan yang akan dianalisis akan dibantu dengan software IDEA Statica, sedangkan untuk membantu analisis struktur, gedung akan direncanakan sebagai kantor 7 lantai serta akan dilakukan pembebanan gempa pada struktur yang dibantu software ETABS20.

Melalui perancangan ini didapatkan hasil kapasitas maksimum rasio momen untuk sambungan pemikul momen tipe 4E, 4ES, 8ES, dan Local Endplate ditinjau dari rasio momen Demand/Capacity (D/C) pada penampang balok ukuran 600 x 200 x 11 x 17 sebesar 0,371, didapatkan hasil rasio momen maksimum sebesar 0,787 pada sambungan 4E, 0,799 pada sambungan 4ES, 1,131 pada sambungan 8ES, 0,811 pada sambungan Local Endplate.

Kata Kunci: Sambungan Baja, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Sambungan Prakuifikasi. Kapasitas Balok.

Abstract

In 1994, the magnitude 6.7 Northridge earthquake shook the Los Angeles region of California, causing significant damage to many buildings, including steel structures that were expected to withstand seismic loads. One of the important post- earthquake findings was the failure of beam-column connections in special moment forces (SMF) that were supposed to be designed to resist significant seismic forces. The study and analysis in this Final Project aims to analyze the maximum capacity of the connection to understand the behavior of this special moment-bearing connection in accordance with SNI 7972: 2020 and to develop better solutions in the planning and construction of earthquake resistant buildings.

Since there are still limited studies on the connections of Special Moment Forces (SMF), this Final Project will examine the maximum capacity of four types of connections including types 4E, 4ES, 8ES, and Local Endplate. The connections to be analyzed will be assisted by IDEA Statica software, while to assist the structural analysis, the building will be planned as a 7-story office and earthquake loading will be carried out on the structure assisted by ETABS20 software.

Through this design, the results of the maximum capacity of the moment ratio for moment-bearing connections of types 4E, 4ES, 8ES, and Local Endplate are obtained in terms of the Demand / Capacity (D / C) moment ratio on the beam cross section size 600 x 200 x 11 x 17 of 0.371, the maximum moment ratio results are 0.787 in the 4E connection, 0.799 in the 4ES connection, 1.131 in the 8ES connection, 0.811 in the Local Endplate connection.

Keyword: *Steel Connection, Special Moment Frame (SMF), Prequalification Connection, Capacity of Beam.*

1. PENDAHULUAN

Pada tahun 1994, gempa Northridge yang berkekuatan 6.7 skala Richter mengguncang wilayah Los Angeles, California, menyebabkan kerusakan signifikan pada berbagai bangunan, termasuk struktur baja yang diharapkan mampu menahan beban gempa. Salah satu temuan penting pasca-gempa adalah kegagalan pada sambungan balok-kolom dalam struktur baja pemikul momen khusus (SPMK) yang seharusnya dirancang untuk menahan gaya-gaya seismik yang signifikan. Kegagalan ini mengejutkan banyak ahli teknik sipil karena sambungan-sambungan ini, yang dirancang berdasarkan standar dan peraturan yang ada pada saat itu, ternyata tidak mampu menahan beban dinamis yang dihasilkan oleh gempa.

Sambungan pemikul momen khusus dirancang untuk memiliki daktilitas tinggi dan kapasitas rotasi yang cukup untuk menahan deformasi inelastis yang terjadi selama gempa. Namun, pada gempa Northridge, terjadi fenomena retakan rapuh pada sambungan-sambungan tersebut, yang menunjukkan bahwa desain yang ada belum optimal dalam menghadapi gempa kuat. Hal ini memicu serangkaian penelitian dan revisi standar desain, terutama dalam hal sambungan balok-kolom pada struktur baja pemikul momen khusus.

Penelitian pasca-gempa menunjukkan bahwa sambungan yang sebelumnya dirancang dengan mengandalkan pengelasan penuh, tidak cukup fleksibel untuk mendistribusikan

beban gempa dengan baik. Sambungan ini mengalami konsentrasi tegangan pada area pengelasan, yang menyebabkan retakan dan akhirnya kegagalan struktural. Oleh karena itu, setelah gempa Northridge, standar desain dan konstruksi untuk struktur baja pemikul momen khusus mengalami perubahan signifikan, termasuk revisi pada detail sambungan untuk meningkatkan daktilitas dan kapasitas rotasi.

Perubahan tersebut meliputi peningkatan kontrol kualitas pengelasan, penggunaan bahan baja yang lebih tahan terhadap fraktur, serta pengenalan teknologi dan metode baru dalam desain sambungan, seperti penggunaan sambungan dengan pelat geser atau penghubung yang lebih fleksibel. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa sambungan dalam struktur baja pemikul momen khusus dapat menahan deformasi yang besar tanpa kehilangan integritas struktural selama gempa besar.

Studi dan analisis pada Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas maksimum pada sambungan untuk memahami perilaku sambungan pemikul momen khusus ini sesuai dengan SNI 7972: 2020 dan untuk mengembangkan solusi yang lebih baik dalam perencanaan dan konstruksi bangunan yang tahan gempa. Dengan belajar dari kegagalan yang terjadi pada gempa Northridge, para insinyur diharapkan dapat merancang sambungan yang lebih aman dan efisien, sehingga dapat mengurangi risiko kerusakan struktural dan korban jiwa pada peristiwa gempa di masa depan.

2. TINJAUAN PUSTAKA/LANDASAN TEORI

Struktur adalah suatu kesatuan yang terdiri dari sejumlah komponen yang dimaksudkan untuk menopang beban eksternal dan beratnya sendiri tanpa mengalami deformasi melebihi batas yang diperlukan. Desain struktur bawah dan desain struktur tinggi merupakan dua komponen utama desain struktur bangunan. Salah satu komponen konstruksi yang menyalurkan beban ke dalam tanah disebut substruktur. Untuk memberikan distribusi beban yang tepat pada struktur atas, desain struktur bawah harus sangat kuat dan aman. (Atmadja & Maulana, 2017).

A. Beban – Beban yang Bekerja Pada Bangunan

Pada dasarnya pembebanan pada bangunan gedung tergantung dari fungsi setiap ruangan yang akan digunakan, sehingga beban pada setiap ruangan tidak lah sama sesuai kegunaan dan fungsinya, dan didasarkan pada standar pembebanan minimal yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional. Adapun jenis-jenis beban yang bekerja pada bangunan, yaitu sebagai berikut:

1. Beban Mati

Beban mati yaitu berat dari seluruh bagian konstruksi bangunan gedung yang terpasang, mencakup dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, komponen arsitektural dan struktur lainnya yang tetap dan tidak terpisahkan dari bangunan itu.

2. Beban Hidup

Beban hidup yaitu beban yang bersifat berpindah-pindah dan tidak tetap yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

3. Beban Gempa

Beban gempa yaitu beban statik ekuivalen pada sebuah bangunan yang terjadi akibat pengaruh gerakan tanah dibawah struktur bangunan atau bukan bangunan berdasarkan suatu analisa dinamik beban gempa pada SNI 1726: 2019 ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun sebesar 20%.

4. Beban Angin

Beban angin yaitu beban yang bekerja pada struktur yang diakibatkan oleh struktur yang berada pada lintasan angin yang menyebabkan aliran angin berbelok atau bahkan terhenti. Angin tersebut menimbulkan tekanan serta hisapan pada struktur. Besarnya tekanan angin ditetapkan oleh instansi yang berwenang dengan tekanan angin minimum yaitu $0,38 \text{ kN/m}^2$.

5. Beban Hujan

Beban hujan yaitu beban akibat akumulasi massa air yang terjadi pada atap bangunan selama hujan bercurah tinggi. Air yang terkumpul di atap bangunan akibat hujan dapat menimbulkan beban struktural yang besar.

B. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) adalah sistem rangka ruang yang dapat menahan gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial untuk daerah risiko gempa tinggi. Pada sistem ini, beban gravitasi dipikul oleh rangka struktur, dan beban lateral dipikul dengan cara aksi lentur pada setiap elemennya. Beban ditransfer oleh geser di kolom sehingga menghasilkan momen pada balok dan kolom.

Sistem ini memiliki tingkat daktilitas tinggi dan cocok digunakan pada daerah dengan tingkat resiko gempa yang tinggi. Prinsip dari sistem ini yaitu *strong column weak beam*, tahan terhadap geser dan memiliki pendetailan yang khusus. Kelebihan dari sistem ini adalah dari arsitekturnya yang sederhana, sedangkan kekurangannya yaitu pendetailan yang kompleks sehingga dapat mempersulit pekerjaan.

C. Sambungan

Perencanaan sambungan struktur baja adalah proses memperhatikan titik sambungan antar baja, yang merupakan area paling lemah dalam memikul gaya tarik baja. Sambungan baja memiliki tujuan untuk menggabungkan batang baja menjadi satu

kesatuan konstruksi, mendapatkan ukuran baja sesuai kebutuhan, dan memudahkan penyetelan konstruksi baja di lapangan.

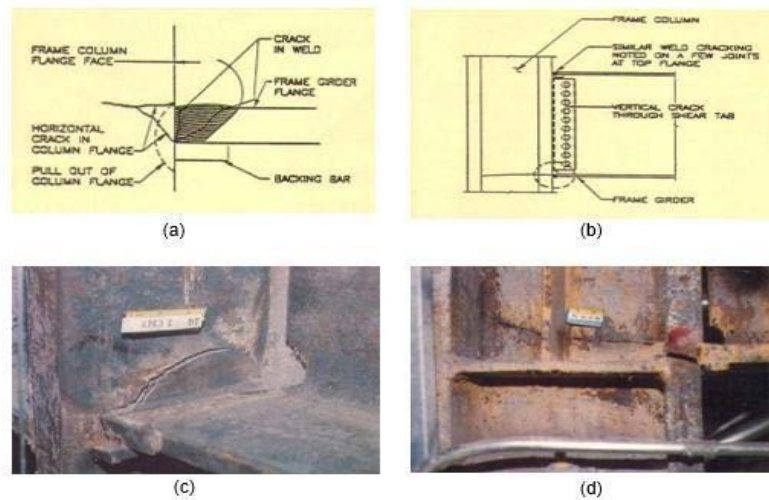
1. Sambungan Prakualifikasi

Sistem struktur rangka momen baja sangat bergantung pada sambungan antara balok dan kolom. Sambungan yang terputus dapat menyebabkan sistem struktural secara keseluruhan berperilaku sangat terdistorsi dan tidak dapat diprediksi. dari konsep awal proses analisis dan desain.

Belajar dari dampak gempa bumi Northridge tahun 1994, yang mengguncang wilayah Los Angeles dan sekitarnya, mengarah pada terciptanya AISC 358. Insinyur struktur terkejut mengetahui bahwa struktur rangka momen baja tidak berfungsi seperti yang diharapkan pada bangunan. Dalam banyak kasus, mekanisme disipasi energi seismik yang diproyeksikan pembentukan engsel fleksibel di ujung balok tidak terjadi. Mayoritas kerusakan terjadi pada sambungan antara balok dan kolom. Retak pada sambungan las adalah jenis kegagalan yang paling umum, menurut sekitar 2.000 kerangka momen, 8.600 pengamatan visual, dan 7.800 pengujian ultrasonik. (Gambar 1a). Lima puluh persen retakan ini terjadi pada hubungan antara tulang rusuk bagian bawah dan ruas tulang rusuk, dan delapan belas persen terjadi pada hubungan antara tulang rusuk tiang atas dan tulang rusuk bagian. Selain itu, banyak robekan ke atas ditemukan pada pelat geser yang menghubungkan bagian tulang belakang dengan jaring poros (Gambar 1b). Prevalensi robekan pada badan kolom dan sayap merupakan yang paling parah (Gambar 1c dan 1d).

Persepsi ini mengarah pada tujuan utama yang digunakan segala sesuatu tentang asosiasi baja kedua Rangka Momen Menengah (RMT) atau Rangka Momen Khusus (RMK) harus mempunyai kinerja seismik yang telah divalidasi melalui eksperimen yang dilakukan dalam skala praktis. Menurut AISC 341 - Ketentuan Seismik untuk Bangunan Baja Struktural, yang juga telah diadopsi sebagai SNI 7860 - Ketentuan Seismik untuk Struktur Baja Bangunan, semua sambungan momen harus lulus uji siklik untuk memenuhi kriteria kinerja sambungan RMK dan RMT, yaitu sambungan yang dapat mengembangkan sudut deviasi tingkat $\pm 0,04$ rad untuk RMK dan $\pm 0,02$ rad untuk RMT tanpa kehilangan kekuatan secara signifikan. Gagasan tentang hubungan momen "prakualifikasi" kemudian dibentuk untuk membuat proses pembuktian kepatuhan terhadap persyaratan ini lebih mudah dan langsung.

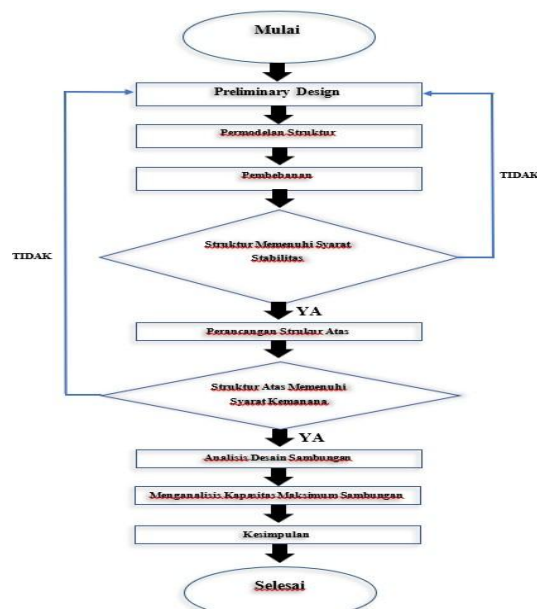
Dalam program SAC-FEMA, gagasan sambungan prakualifikasi awalnya disajikan dalam studi FEMA 350 tahun 2000 - Kriteria Desain Seismik yang Direkomendasikan untuk Bangunan Momen Baja Baru. Kemudian dimasukkan ke dalam AISC 341 pada tahun 2002. Sambungan prakualifikasi, sebagaimana didefinisikan oleh Penjelasan AISC 341 adalah sambungan yang telah melalui pengujian, evaluasi, dan peninjauan yang memadai untuk menjamin kepatuhannya terhadap standar. kinerja RMK dan RMT.



Gambar 2.1. Kegagalan Sambungan Balok – Kolom pada rangka momen baja akibat gempa Northridge 1994.

3. METODE

Permodelan dan perhitungan analisis struktur melibatkan software seperti ETABS dan IDEA STATICA untuk memodelkan dan melakukan perhitungan. Untuk pembebanan minimum dan kombinasinya menyesuaikan pada SNI 1729:2020 dan terkait sambungan terprakualifikasi pada SNI 7972:2020. Berikut langkah-langkah perhitungan dan analisis struktur yang akan direncanakan.



Gambar 3.1. Bagan Alir.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Perencanaan Struktur

1. Jenis Bangunan : Gedung Bertingkat
2. Jenis Struktur : Baja
3. Fungsi Gedung : Kantor
4. Tinggi : 28 m
5. Jumlah Lantai : 7 Lantai

Preliminary Design

1. Pelat
 - Pelat Lantai : 120 mm
 - Pelat Atap : 100 mm
2. Balok
 - Balok Induk 1 : IWF 700 X 300 X 12 X 24
 - Balok Induk 2 : IWF 600 X 300 X 12 X 25
 - Balok Induk 3 : IWF 350 X 175 X 7 X 11
 - Balok Induk 4 : IWF 400 X 200 X 8 X 13
 - Balok Induk 5 : IWF 450 X 200 X 9 X 14
 - Balok Induk 6 : IWF 500 X 200 X 10 X 16
 - Balok Anak : IWF 250 X 125 X 6 X 9
3. Kolom
 - Kolom Utama 1 : H 600 X 600 X 20 X 42
 - Kolom Utama 2 : H 350 X 350 X 12 X 19
 - Kolom Utama 3 : IWF 588 X 300 X 12 X 20

Analisa Pembebanan

1. Beban Mati Berat Sendiri (*Dead Load*)
 - Berat Jenis Material Baja: $78,5 \text{ kN/m}^3$
 - Berat Jenis Material Beton : 24 kN/m^3
2. Beban Mati Tambahan (*SIDL*)
 - Beban Pada Pelat Lantai

Tabel 4.1. Beban Mati Tambahan Pada Pelat Lantai

No.	Jenis Beban Mati	Beban (kN/m^2)
1.	Beban Pasir setebal 1 cm	0,16
2.	Beban Spesi setebal 3 cm	0,66
3.	Beban Keramik setebal 1 cm	0,22
4.	Beban <i>Plafond</i>	0,2
5.	Beban Mekanikal & Elektrikal	0,25
TOTAL		1,49

- Beban Pada Pelat Atap

Tabel 4.2. Beban Mati Tambahan Pada Pelat Atap

No.	Jenis Beban Mati	Beban (kN/m ²)
1.	Beban Pasir setebal 1 cm	0,16
2.	Beban Spesi setebal 1,5 cm	0,33
3.	Beban Keramik setebal 1 cm	0
4.	Beban <i>Plafond</i>	0,2
5.	Beban Mekanikal & Elektrikal	0,25
TOTAL		0,94

3. Beban Hidup (*Live Load*)

Tabel 4.3. Beban Hidup

No	Jenis Ruangan	Berat Merata (kN/m ³)
1	Koridor	3,83
2	Kantor	2.40
3	Atap	0,96

Penentu Sistem Penahan Seismik

Gedung yang direncanakan merupakan gedung Kantor dimana termasuk dalam kategori risiko II dengan faktor keutamaan gempa = 1. Lokasi perencanaan gedung berada di kota Semarang tepatnya di kecamatan Tembalang. Parameter respons spektrum dan penentuan kategori desain seismik ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2019 dengan hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.4. Parameter Respons Spektra Terpetakan

Variabel	Nilai
Ss (g)	0,8861
S1 (g)	0,3789
Fa	1,1455
Fv	1,9211
SDS (g)	0,6767
SD1 (g)	0,4853
TL (detik)	16

Karena nilai $SDS = 0,6767$ dan $SD1 = 0,4853$ maka diperoleh KDS D, Berdasarkan tabel 8 pada SNI 1726:2019.

Klasifikasi Situs

Tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata (N) yaitu:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

$$= \frac{30}{0,98}$$

$$= 30,6$$

Berdasarkan tabel 5 SNI 1726:2019, $15 < N < 50$, maka termasuk dalam kategori:

TANAH SEDANG (SD)

Faktor R , Ω_0 , C_d Sistem Struktur

- Parameter Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Tabel 4.5. Parameter SRPMK

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)		
Faktor koefisien modifikasi	R	8
Faktor kuat lebih sistem	Ω_0	3
Faktor pembesaran defleksi	C_d	5,5

Pemeriksaan Jumlah Ragam

Mengacu pada SNI 1726-2019 dijelaskan bahwa analisis harus meliputi jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi minimal 100 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model. Dari hasil analisis struktur pada program software ETABS menunjukkan bahwa jumlah partisipasi massa ragam telah mencapai 100% pada mode ke 21

Simpangan Antar Lantai

Mengacu pada SNI 1726-2019, penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Simpangan antar lantai didapat dari hasil analisis struktur pada program komputer. Setelah didapat hasil simpangannya maka sesuai SNI 1726-2012 Pasal 7.12.1 bahwa simpangan antar lantai tingkat desain (Δ), tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat izin (Δ_a) sebagai berikut.

Tabel 4.6. *Story Drift* Arah X dan Arah Y Permodelan.

Story	Displacement		h	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δe_x	δe_y		Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	
8	41,335	45,953	3500	16,731	22,187	53,846	OK
7	38,293	41,919	3500	22,033	27,011	53,846	OK
6	34,287	37,008	3500	28,133	32,571	53,846	OK
5	29,172	31,086	3500	33,737	37,543	53,846	OK
4	23,038	24,260	3500	37,851	40,832	53,846	OK
3	16,156	16,836	3500	38,819	40,733	53,846	OK
2	9,098	9,430	3500	33,501	34,337	53,846	OK
1	3,007	3,187	3500	16,539	17,529	53,846	OK

Cek Stabilitas Akibat Gempa dan Efektifitas Struktur

Tabel 4.7. Hasil Perhitungan P-Delta Arah X dan Y Permodelan

Story	Inelastic Drift		Story Forces			h	Koefisien Stabilitas		Batas Pengaruh P-Delta	Batas Stabilitas Struktur, θ_{max}	Cek
	Δ_x	Δ_y	P	V_x	V_y						
	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)		(mm)	θ_X			
8	16,731	22,187	2473,69	443,74	477,74	3500	0,0048	0,0060	0,1	0,0909	OK
7	22,033	27,011	7655,86	745,58	779,01	3500	0,0118	0,0138	0,1	0,0909	OK
6	28,133	32,571	12838,02	941,83	957,22	3500	0,0199	0,0227	0,1	0,0909	OK
5	33,737	37,543	18020,19	1086,74	1083,48	3500	0,0291	0,0324	0,1	0,0909	OK
4	37,851	40,832	23202,36	1222,63	1212,21	3500	0,0373	0,0406	0,1	0,0909	OK
3	38,819	40,733	28384,52	1364,88	1361,38	3500	0,0419	0,0441	0,1	0,0909	OK
2	33,501	34,337	33566,69	1495,61	1506,64	3500	0,0391	0,0397	0,1	0,0909	OK
1	16,539	17,529	38748,86	1572,03	1595,39	3500	0,0212	0,0221	0,1	0,0909	OK

Ketidakberaturan Struktur

Struktur harus dikategorikan beraturan atau tidak beraturan berdasarkan kriteria dalam pasal-pasal dalam SNI 1726 2019, yang meliputi ketidakberaturan struktur secara horizontal dan vertikal. Hal ini sesuai dengan Pasal 7.3.2 SNI 1726 2019 yang meliputi klasifikasi bangunan beraturan dan tidak beraturan.

Tabel 4.8. Cek Ketidakberaturan Horizontal

No	Jenis Ketidakberaturan	Keterangan
1	Ketidakteraturan torsi 1a dan 1b	Tidak Ada
2	Ketidakteraturan sudut dalam	Tidak Ada
3	Ketidakteraturan diskontinuitas diafragma	Tidak Ada
4	Ketidakteraturan akibat pergeseran tegak turus terhadap bidang	Tidak Ada
5	Ketidakteraturan sistem non paralel	Tidak Ada

Tabel 4.7. Cek Ketidakberaturan Vertikal

No	Jenis Ketidakberaturan	Keterangan
1	Ketidakteraturan kekakuan tingkat lunak 1a dan 1b	Tidak Ada
2	Ketidakteraturan Berat (Massa)	Tidak Ada
3	Ketidakteraturan Geometri Vertikal	Tidak Ada
4	Ketidakteraturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral	Tidak Ada
5	Ketidakteraturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat 5a dan 5b	Tidak Ada

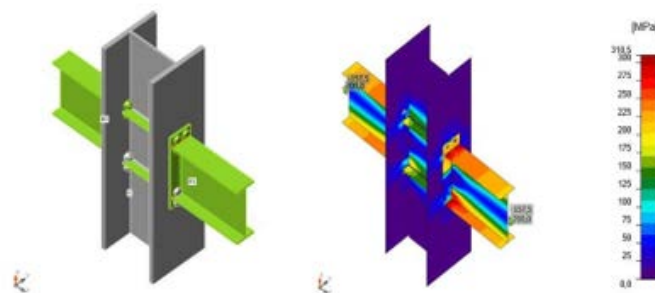
Desain Sambungan

1. Sambungan Balok-Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Dalam perancangan sambungan menggunakan 4 macam jenis mengikuti caranya AISC 358-10. Sambungan yang akan dirancang adalah pertemuan antara Kolom H 600 × 600 × 20 × 42 dengan balok IWF 600 × 200 × 11 × 17.

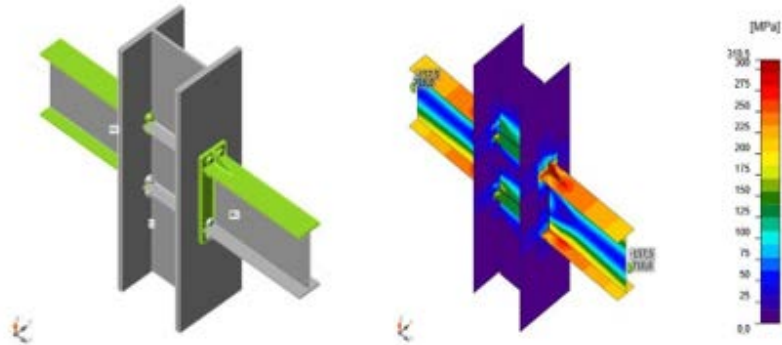
A. Tipe 4E

Name	Value	Check status
Analysis	100.0%	OK
Plates	2.0 < 5.0%	OK
Bolts	87.0 < 100%	OK
Welds	95.8 < 100%	OK
Buckling	9.65	

**Gambar 4.1.** Hasil Output Software IDEA Statica.

B. Tipe 4ES

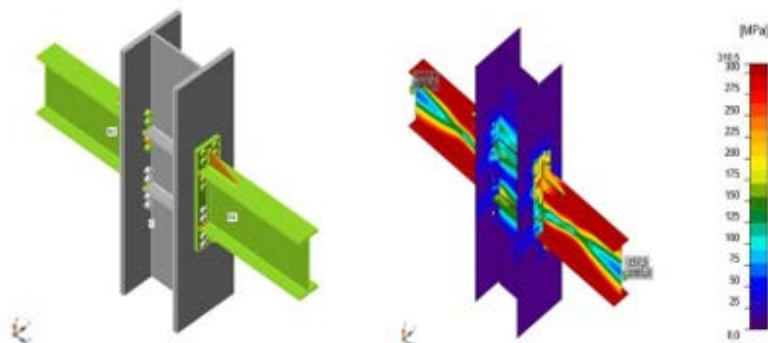
Name	Value	Check status
Analysis	100,0%	OK
Plates	2,4 < 5,0%	OK
Bolts	89,8 < 100%	OK
Welds	99,7 < 100%	OK
Buckling	9,28	



Gambar 4.2. Hasil Output Software *IDEA Statica*.

C. Tipe 8ES

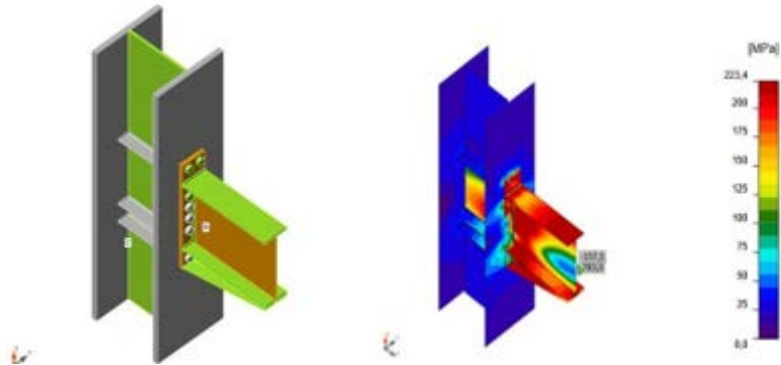
Name	Value	Check status
Analysis	100,0%	OK
Plates	3,5 < 5,0%	OK
Bolts	99,5 < 100%	OK
Welds	98,4 < 100%	OK
Buckling	6,27	



Gambar 4.3. Hasil Output Software *IDEA Statica*.

D. Tipe Local EndPlate

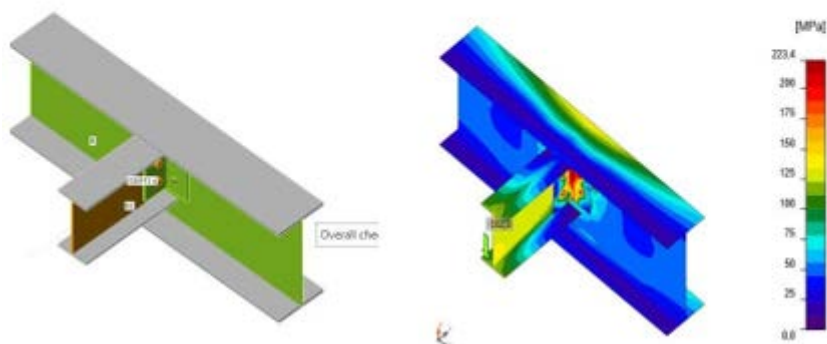
Name	Value	Check status
Analysis	100,0%	OK
Plates	5,0 < 5,0%	OK
Bolts	89,8 < 100%	OK
Welds	82,7 < 100%	OK
Buckling	7,35	



Gambar 4.4. Hasil Output Software *IDEA Statica*.

2. Sambungan Balok Anak-Balok Induk

Name	Value	Check status
Analysis	100,0%	OK
Plates	3,7 < 5,0%	OK
Bolts	99,0 < 100%	OK
Welds	23,1 < 100%	OK
Buckling	14,18	



Gambar 4.5. Hasil Output Software *IDEA Statica*.

Tabel 4.10. Perbandingan Ukuran Komponen Pada Tiap Sambungan

No.	Sambungan	Baut		Las	Pelat Ujung
		Jumlah	Diameter	Tebal	Tebal
1.	4E	8	Ø 36	10 mm	30 mm
2.	4ES	8	Ø 32	8 mm	30 mm
3.	8ES	16	Ø 26	6 mm	30 mm
4.	Local End Plate	10	Ø 26	10 mm	20 mm
5.	Kolom-Balok (Non-SRPMK)	8	Ø 22	5 mm	15 mm
6.	Balok Induk- Balok Anak	8	Ø 12	8 mm	8 mm
7.	Baseplate	6	Ø 19	10 mm	30 mm

KESIMPULAN

Berikut beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari analisis dan perhitungan yang telah dilakukan:

1. Dari hasil analisis sambungan, Kapasitas maksimum rasio momen untuk sambungan pemikul momen tipe 4E, 4ES, 8ES, dan Local Endplate ditinjau dari rasio momen Demand/Capacity (D/C) pada penampang balok ukuran 600 x 200 x 11 x 17 sebesar 0,371, didapatkan hasil rasio momen maksimum sebesar 0,787 pada sambungan 4E, 0,799 pada sambungan 4ES, 1,131 pada sambungan 8ES, 0,811 pada sambungan Local Endplate. Sedangkan kapasitas maksimum untuk sambungan penahan gravitasi pada sambungan balok-kolom (Non-SRPMK) ditinjau dari nilai (D/C) pada tabel rekapitulasi diatas memiliki kapasitas rasio geser sebesar 0,35, sambungan balok anak-balok induk memiliki kapasitas rasio geser sebesar 0,5.
2. Berdasarkan perencanaan sistem dan dimensi struktur yang telah dianalisa sesuai peraturan berlaku, didapatkan ukuran dimensi struktur, dimensi balok SRPMK yang digunakan adalah profil 600 x 200 x 11 x 17 dan 700 x 300 x 12 x 24 ditinjau pada frame 1441 dan 1395, sedangkan untuk dimensi kolom SRPMK yang digunakan profil berukuran 600 x 600 x 20 x 42 yang ditinjau pada frame 571.

Berdasarkan SNI 1726: 2019, maka sistem struktural yang digunakan pada bangunan ini adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Kategori Desain Seismik yaitu D, sehingga diharuskan menggunakan SRPMK. Sedangkan hasil untuk analisa struktur tahan gempa didapatkan kesimpulan sebagai berikut,

- a. Kontrol pada bentuk ragam dan partisipasi massa bangunan telah terpenuhi untuk arah UX, UY, dan RZ. Pada mode 1 bangunan mengalami translasi arah Y dengan

periode getar sebesar 0,7583 detik, pada mode 2 bangunan mengalami translasi arah X dengan periode getar sebesar 0,7684 detik, sedangkan pada mode 3 bangunan mengalami rotasi dengan periode getar sebesar 0,7681 detik.

- b. Kontrol simpangan antar lantai, simpangan arah X maksimum sebesar 38,819 mm pada lantai 3 bangunan dengan simpangan izin 53,846 mm dan arah Y maksimum sebesar 40,832 pada lantai 4 bangunan dengan simpangan izin 53,846 mm, dengan begitu simpangan antar lantai sudah memenuhi.
 - c. Analisa Ketidakberaturan Struktur berdasarkan SNI 1726:2019 tidak ditemukan ketidakberaturan Horizontal maupun Vertikal pada bangunan gedung ini.
3. Dari hasil analisis jenis sambungan penahan momen didapatkan hasil analisis sambungan berupa ukuran baut, las, dan pelat ujung. Untuk jenis sambungan paling lemah adalah tipe 4E ditinjau dari nilai rasio momen Demand/Capacity sebesar 0,787 dengan jumlah baut 8 dengan diameter 36 mm, ketebalan las 10 mm, dan ketebalan pelat ujung 30 mm. Sedangkan untuk jenis sambungan paling kuat adalah tipe 8ES ditinjau dari nilai rasio momen Demand/Capacity sebesar 1,131 dengan jumlah baut 16 dengan diameter 26 mm, ketebalan las 6 mm, dan ketebalan pelat ujung 30mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2019)*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729-2020)*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2019)*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2020)*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *Sambungan Terprakualifikasi Untuk Rangka Momen Khusus dan Menengah Baja Pada Aplikasi Seismik (SNI 7972-2020)*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *Ketentuan Seismik Untuk Struktur Baja Bangunan Gedung (SNI 7860-2020)*. Jakarta: BSN.
- ATMADJA, H. S., & MAULANA, S. A. (2017). *Redesign Gedung Training Centre II Universitas Diponegoro Kota Semarang* (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik UNISSULA).
- Arifi, E. S. & Setyowulan, D. (2020). *Perencanaan Struktur Baja Berdasarkan SNI 1729:2020*. Malang: UB Press.

-
- PBI 1971. (1971). Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971. *Jakarta: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan*, 7, 130.
- Moestopo, M., & Panjaitan, M. A. R. (2012). Kajian Eksperimental Peningkatan Kinerja Link Geser pada Sistem Rangka Baja Berpengaku Eksentrik. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 19(2), 93-102.
- Dewobroto, W., (2015). *Struktur Baja Perilaku, Analisis & Desain AISC 2010*. Tangerang: Lumina Press.
- Setiawan, A., (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Jakarta: Erlangga.
- Baskoro, I. A. (2019). *Tugas Akhir Perancangan Ulang Gedung Dinas Pendidikan Yogyakarta Menggunakan Struktur Baja dengan Metode Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus*.
<https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/13625?show=full>.
- Abdurrahman, H., (2022). *Analisis Perbandingan Sambungan Baja Terprakualifikasi SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) Tipe 4E Dengan 4ES Berdasarkan SNI 7972-2020 Dan SNI 7972-2013*.
<https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/40808>