

TUGAS AKHIR

**STUDI ANALISIS VARIASI DIMENSI BAUT DAN PELAT
SAMBUNGAN BALOK – KOLOM BAJA PRA-KUALIFIKASI
SNI 7972 : 2020**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

**Hafizas Mahdisra
NIM : 30202100096**

**Muhammad Aryya Saputra
NIM : 30202100135**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI ANALISIS VARIASI DIMENSI BAUT DAN PELAT SAMBUNGAN BALOK – KOLOM BAJA PRA-KUALIFIKASI SNI 7972 : 2020



Hafizas Mahdisra
NIM : 30202100096



Muhammad Aryya Saputra
NIM : 30202100135

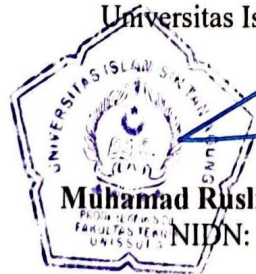
Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 24 Januari 2025

Tim Penguji

1. **Dr. Ir. H. Sumirin, MS, MS.**
NIDN: 0004056302
2. **Prof. Dr. Ir. Antonius, MT.**
NIDN: 0631128901

Tanda Tangan

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung



Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 49 / A.2 / SA-T / X / 2024

Pada hari ini tanggal 9 Oktober 2024 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Dr. Ir. H. Sumirin, MS, MS.
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Hafizas Mahdisra.
NIM : 30202100096

Muhammad Aryya Saputra
NIM : 30202100135

Judul Judul Laporan Tugas Akhir : “Studi Analisis Variasi Dimensi Baut dan Pelat Sambungan Balok – Kolom Baja Pra-Kualifikasi SNI 7972-2020”

Dengan tahapan sebagai berikut :

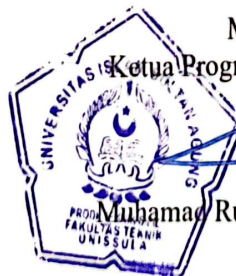
No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	09/10/2024	-
2	Seminar Proposal	27/11/2024	ACC
3	Pengumpulan data	15/10/2024	-
4	Analisis data	05/11/2024	-
5	Penyusunan laporan	16/10/2024	-
6	Selesai laporan	09/01/2025	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama

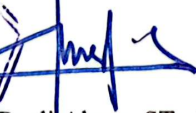


Dr. Ir. H. Sumirin, MS, MS.



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Hafizas Mahdisra
NIM : 30202100096

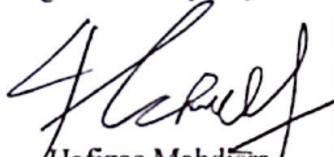
NAMA : Muhammad Aryya Saputra
NIM : 30202100135

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :
“STUDI ANALISIS VARIASI DIMENSI BAUT DAN PELAT SAMBUNGAN
BALOK – KOLOM BAJA PRA-KUALIFIKASI SNI 7972 : 2020”
benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya
bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

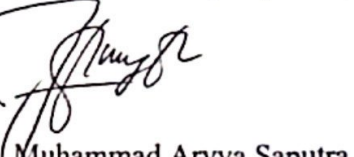
Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana
mestinya.

Semarang, 24 Januari 2025

Yang membuat pernyataan,


Hafizas Mahdisra
NIM : 30202100096

Yang membuat pernyataan,


Muhammad Aryya Saputra
NIM : 30202100135



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Hafizas Mahdisra
NIM : 30202100096

NAMA : Muhammad Aryya Saputra
NIM : 30202100135

JUDUL TUGAS AKHIR : Studi Analisis Variasi Dimensi Baut dan Pelat
Sambungan Balok-Kolom Baja Pra-Kualifikasi SNI
7972-2020

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 24 Januari 2025

Yang membuat pernyataan,

Yang membuat pernyataan,


Hafizas Mahdisra
NIM : 30202100096




Muhammad Aryya Saputra
NIM : 30202100135

MOTTO

“Maka nikmat Tuhan mana yang kau dustakan ?”

(QS. Ar-Rahman : 6)

“Barang siapa bertaqwa kepada Allah, niscaya Allah menjadikan baginya kemudahan dalam urusannya”

(QS. At-Talaq : 4)

“Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.”

(QS. Ar-Ra’ad : 11)

“Dunia itu tempat berjuang, istirahat itu di surga”

(Syekh Ali Jaber)



PERSEMBAHAN

Bismillah dan Alhamdulillah, Dengan segala Puji Syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Allah swt dengan limpahan karunia dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
2. Nabi Muhammad SAW sebagai junjungan kita dan rahmat seluruh alam yang membimbing umat dengan cahaya petunjuk dan ajaran-Nya.
3. Ayah, Ibu, dan Kakak saya yang selalu menjadi sumber kekuatan, inspirasi, dan doa. Terima kasih atas cinta tanpa syarat, pengorbanan yang tak terukur, dan dukungan yang tiada henti. Semua pencapaian ini tidak akan terwujud tanpa kalian. Semoga hasil kecil ini menjadi awal dari keberkahan yang lebih besar, dan dapat menjadi kebanggaan bagi kalian berdua.
4. Partner Laporan Tugas Akhir yaitu Muhammad Aryya Saputra, atas perjuangan, kesabaran dan kebersamaannya didalam mengerjakan Tugas Akhir hingga selesai.
5. Bapak/Ibu Dosen dan segenap anggota staff Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung.
6. Partner saya mahasiswi dengan NIM : 30202100043 yang telah banyak sekali mensupport dan memberikan dukungan tanpa henti untuk saya dari awal hingga akhir,
7. Teman-teman Kontrakan Loss yang setiap hari memberikan edukasi mendidik penuh moral dan kasih sayang sesuai dengan ajaran Budai, terimakasih atas pengalaman indah kalian teman teman,
8. Teman-teman Kontrakan Annur yang setiap hari mensuguhi saya dengan kerandoman dan ketidak-jelasan kalian terimakasih atas pengalaman indah kalian.

Hafizas Mahdisra
NIM : 30202100096

PERSEMBAHAN

Bismillah dan Alhamdulillah, Dengan segala Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Allah swt dengan limpahan karunia dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
2. Nabi Muhammad SAW sebagai junjungan kita dan rahmat seluruh alam yang membimbing umat dengan cahaya petunjuk dan ajaran-Nya.
3. Ibu dan Bapak yang selalu menjadi sumber kekuatan, inspirasi, dan doa. Terima kasih atas cinta tanpa syarat, pengorbanan yang tak terukur, dan dukungan yang tiada henti. Semua pencapaian ini tidak akan terwujud tanpa kalian. Semoga hasil kecil ini menjadi awal dari keberkahan yang lebih besar, dan dapat menjadi kebanggaan bagi kalian berdua.
4. Partner Laporan Tugas Akhir yaitu Hafizas Mahdisra, atas perjuangan, kesabaran dan kebersamaannya didalam mengerjakan Tugas Akhir hingga selesai.
5. Bapak/Ibu Dosen dan segenap anggota staf Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung.
6. Saudara-saudara saya tersayang yang memberikan masukan kepada saya agar menjadi pribadi yang lebih baik.
7. Teman-teman Kontrakan Annur yang setiap hari mensuguhi saya dengan kerandoman dan ketidak-jelasan kalian terimakasih atas pengalaman indah kalian .

Muhammad Aryya Saputra
NIM : 30202100135

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “ Studi Analisis Variasi Dimensi Baut dan Pelat Sambungan Balok – Kolom Baja Pra-Kualifikasi SNI 7972-2020” sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Pembuatan laporan ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak, oleh karena itu penyusun menyampaikan terima kasih, penghargaan, serta rasa hormat kepada:

1. Allah SWT Yang telah melimpahkan karunia, rahmat dan ridho-Nya sehingga tugas ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.
2. Kedua orang tua kami yang selalu memberikan semangat dan dedikasi penuh kepada kami untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini,
3. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang,
4. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng, selaku Kepala Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang,
5. Bapak Dr. Ir. H Sumirin, MS, MS, selaku pembimbing utama yang selalu memberikan kelancaran dan pelayanan dalam urusan akademik kami,
6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan ilmunya kepada penulis
7. Rekan-rekan yang telah membantu sehingga tugas laporan ini terselesaikan dengan baik dan lancar.

Penyusun menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik dalam isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis tetapi bagi pembaca terlebih.

Semarang, 24 Januari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

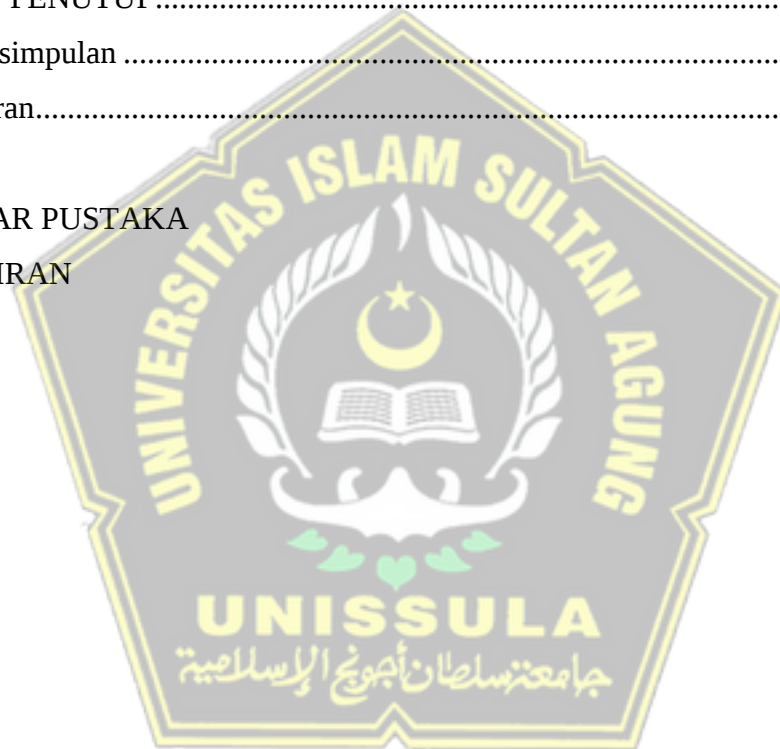
TUGAS AKHIR.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO.....	vi
PERSEMBAHAN	vii
PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxiv
ABSTRAK	xxv
ABSTRACT.....	xxvi
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 5
2.1. Pengertian Struktur.....	5
2.2. Struktur Baja	5
2.2.1. Pengertian Baja	5
2.2.2. Jenis Baja	5
2.2.3. Sifat Mekanis Baja.....	9
2.2.4. Jenis Profil Baja	12

2.3. Metode Perancangan Struktur Baja.....	18
2.3.1. Metode LRFD (<i>Load and Resistance Factor Design</i>).....	18
2.3.2. ASD (<i>Allowable Stress Design</i>).....	19
2.4. Perencanaan Sambungan.....	20
2.4.1. Jenis Sambungan Terprakualifikasi	23
2.4.2. Sambungan Kolom – Balok.....	27
2.4.3. Sambungan Balok – Balok.....	32
2.4.4. Sambungan Pelat Dasar (<i>Base Plate</i>).....	33
2.4.5. Sambungan Baut	36
2.4.6. Perencanaan Pelat Sambung	39
2.4.7. Perencanaan Pelat Penerus.....	41
2.4.8. Perencanaan Sambungan Las.....	42
2.6. Kajian Terdahulu.....	46
 BAB III METODOLOGI.....	 48
3.1. Pendahuluan	48
3.2. Pengumpulan Data	48
3.3. Rumusan Permasalahan	49
3.3.1. Perencanaan Desain Sambungan	49
3.3.2. Penyajian Hasil Analisis	50
3.4. Tahap Perencanaan.....	54
3.4.1. Pemodelan Sambungan Baja Tipe 4ES.....	54
3.5. Bagan Alir	65
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	 66
4.1. Data dan Jenis Sambungan.....	66
4.2. Data dan Material Profil.....	67
4.2.1. Data Material Profil Kolom	67
4.2.2. Data Material Profil Balok.....	71
4.3. Analisa Variasi Dimensi Baut dan Pelat	75
4.3.1. Variasi Dimensi Baut dan Pelat Sambungan 4E.....	75
4.3.2. Variasi Dimensi Baut dan Pelat Sambungan 4ES.....	91

4.3.3. Variasi Dimensi Baut dan Pelat Sambungan 8ES.....	108
4.4. Analisa Kapasitas Sambungan	124
4.4.1. Analisa Tegangan Momen dan Geser Sambungan 4E.....	126
4.4.2. Analisa Tegangan Momen dan Geser Sambungan 4ES.....	138
4.4.3. Analisa Tegangan Momen dan Geser Sambungan 8ES.....	149
4.4.4. Kesimpulan Kapasitas Maksimal Sambungan <i>IDEA Statica</i>	160
4.4.5. kekakuan lentur Sambungan <i>IDEA Statica</i>	167
4.4.6. Kesimpulan Kapasitas Maksimal Sambungan.....	171
4.5. Rekapitulasi Hasil Analisis	176
BAB V PENUTUP.....	184
5.1. Kesimpulan	184
5.2. Saran.....	185

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tabel Karakteristik Mekanis Baja Berdasarkan Mutunya	11
Tabel 2.2. Tabel Karakteristik Mekanis Baja Struktural Secara Umum.....	12
Tabel 2.3. Tabel Properties Profil IWF	13
Tabel 2.4. Tabel Properties Profil H-Beam.....	14
Tabel 2.5. Tabel Properties Kanal C	15
Tabel 2.6. Tabel Properties Profil Siku L	16
Tabel 2.7. Tabel Properties Profil T.....	18
Tabel 2.8. Tabel Sambungan Momen Terprakualifikasi (SNI 7972-2020)	23
Tabel 2.9. Tabel Pembatasan Parametrik Pada Prakualifikasi	28
Tabel 2.10. Tabel Kekuatan Nominal Pengencang pada Bagian Berulir Baut ...	37
Tabel 2.11. Tabel Dimensi Lubang Nominal Bau	38
Tabel 2.12. Tabel Jarak Tepi Minimum dari Pusat Lubang Tandar ke Tepi	38
Tabel 2.13. Tabel Ukuran Minimum Las Sudut	44
Tabel 2.14. Tabel Properti Klasifikasi Logam Pengisi untuk Las Sistem Penahan Gaya Seismik Gempa	45
Tabel 2.15. Tabel Perbandingan Sambungan tipe 4E, 4ES, dan 8ES	46
Tabel 4.1. Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E.....	76
Tabel 4.2. Variasi Dimensi pelat Sambungan 4E	76
Tabel 4.3. Hasil Analisis Variasi Sambungan Baut dan Pelat Sambungan 4E ...	89
Tabel 4.4. Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES	91
Tabel 4.5. Variasi Dimensi pelat Sambungan 4ES	92
Tabel 4.6. Hasil Analisis Variasi Sambungan Baut dan Pelat Sambungan 4ES.	105
Tabel 4.7. Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES	108
Tabel 4.8. Variasi Dimensi pelat Sambungan 8ES	108
Tabel 4.9. Hasil Analisis Variasi Sambungan Baut dan Pelat Sambungan 8ES..	121
Tabel 4.10. Hasil Analisis Parameter Optimum Terhadap Tebal Sayap profil Balok	123
Tabel 4.11. Hasil Rasio Momen dan Geser Ter-ekspektasi	126
Tabel 4.12. Hasil Analisis Tegangan Baut Sambungan 4E <i>IDEA Statica</i>	161
Tabel 4.13. Hasil Analisis Tegangan Pelat Sambungan 4E <i>IDEA Statica</i>	162

Tabel 4.14. Hasil Analisis Tegangan Baut Sambungan 4ES <i>IDEA Statica</i>	164
Tabel 4.15. Hasil Analisis Tegangan Pelat Sambungan 4ES <i>IDEA Statica</i>	164
Tabel 4.16. Hasil Analisis Tegangan Baut Sambungan 8ES <i>IDEA Statica</i>	166
Tabel 4.17. Hasil Analisis Tegangan Pelat Sambungan 8ES <i>IDEA Statica</i>	167
Tabel 4.18. Kesimpulan Tegangan Momen dan Geser Ter-Ekspektasi.....	171
Tabel 4.19. Hasil Kesimpulan Rasio Kapasitas Tegangan Terhadap Kapasitas Profil	175



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Profil Baja IWF	13
Gambar 2.2. Profil Baja H-Beam	14
Gambar 2.3. Profil Baja Canal C	15
Gambar 2.4. Profil Baja Siku L	16
Gambar 2.5. Profil Baja T	17
Gambar 2.6. Detail Sambungan Momen dengan Las pada Kolom – Balok	20
Gambar 2.7. Detail Kegagalan Sambungan Balok Kolom Pada Rangka Momen Baja Akibat Gempa Northridge 1994	20
Gambar 2.8. Kegagalan Pada Transisi Pengelasan Akibat Gempa Northridge 1994	21
Gambar 2.9. Kegagalan Pada Sambungan Las dan Merambat Hingga Sayap Kolom Akibat Gempa Northridge 1994	21
Gambar 2.10. Penampang Balok Tereduksi (PBR)	24
Gambar 2.11. Pelat Ujung di Perpanjang Berbaut Tanpa Pengaku dan dengan Pengaku	24
Gambar 2.12. Pelat Sayap Berbaut (PSB)	24
Gambar 2.13. Sayap di Las Tanpa Penguat – Badan di Las (SLTKBL)	25
Gambar 2.14. <i>Braket Kaiser</i> Berbaut (BKB)	25
Gambar 2.15. Sambungan Momen <i>ConXtech ConXL</i>	25
Gambar 2.16. Sambungan Momen <i>SidePlate</i>	26
Gambar 2.17. Sambungan Momen <i>Simpson Strong-Tie Strong Frame</i>	26
Gambar 2.18. Sambungan Momen T Ganda	26
Gambar 2.19. Konfigurasi Sambungan Pelat Ujung di Perpanjang Berbaut tanpa Pengaku dan dengan Pengaku	27
Gambar 2.20. Sambungan Balok ke Balok	32
Gambar 2.21. Sambungan Balok Anak ke Balok Induk	33
Gambar 2.22. Tampak Depan <i>Base Plate</i> , Tampak Atas <i>Base Plate</i>	34
Gambar 2.23. Distribusi Tegangan Ultimaye Base Plate	35
Gambar 2.24. Ilustrasi Panjang Efektif Sudut Las	43
Gambar 2.25. <i>Throat</i> Efektif	45

Gambar 3.1. Dimensi Baut.....	49
Gambar 3.2. Contoh Dimensi pelat.....	50
Gambar 3.3. Konfigurasi Sambungan 4E, 4ES, dan 8ES	50
Gambar 3.4. Sambungan 4E.....	51
Gambar 3.5. Konfigurasi Pelat dan Baut Sambungan 4E	51
Gambar 3.6. Sambungan 4ES	52
Gambar 3.7. Konfigurasi Pelat, Baut, dan <i>Wideners</i> Sambungan 4ES.....	52
Gambar 3.8. Sambungan 8ES	53
Gambar 3.9. Konfigurasi Pelat Baut, <i>Wideners</i> , dan <i>Stiffeners</i> Sambungan 8ES	53
Gambar 3.10. Tampilan Awal <i>Software IdeaStatica</i>	55
Gambar 3.11.. Menentukan Desain Sambungan Baja.....	56
Gambar 3.12. Menu Utama Desain <i>IDEA Statica</i>	56
Gambar 3.13. <i>Cross Section Navigator</i>	57
Gambar 3.14. <i>Rolled I</i>	57
Gambar 3.15. Menu Utama Desain <i>IDEA Statica</i>	58
Gambar 3.16. <i>Cross Section Navigator</i>	58
Gambar 3.17. <i>Rolled I</i>	58
Gambar 3.18. <i>Load Effect</i>	59
Gambar 3.19. <i>Stiffener 1</i>	60
Gambar 3.20. <i>Stiffener 2</i>	60
Gambar 3.21. <i>Stiffener 3</i>	60
Gambar 3.22. <i>Wideners</i>	61
Gambar 3.23. Desain <i>EndPlate</i>	62
Gambar 3.24. Desain Baut	62
Gambar 3.25. Detail Tata Letak Desain Baut	62
Gambar 3.26. Analisa Keseluruhan	63
Gambar 3.27. Hasil Analisa Pelat	71
Gambar 3.28. Hasil Analisa Baut.....	72
Gambar 4.1. Konfigurasi Sambungan (a) 4E, (b) 4ES, dan (c) 8ES.....	66
Gambar 4.2. Desain Pemodelan Sambungan 4E.....	75

Gambar 4.3. Pemodelan Percobaan Pertama Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E di <i>IDEA Statica</i>	77
Gambar 4.4. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Pertama Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E	77
Gambar 4.5. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Pertama Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E <i>IDEA Statica</i>	78
Gambar 4.6. Pemodelan Percobaan Kedua Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E di <i>IDEA Statica</i>	79
Gambar 4.7. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Kedua Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E	79
Gambar 4.8. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Kedua Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E <i>IDEA Statica</i>	80
Gambar 4.9. Pemodelan Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E di <i>IDEA Statica</i>	81
Gambar 4.10. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E	81
Gambar 4.11. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E <i>IDEA Statica</i>	82
Gambar 4.12. Pemodelan Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E di <i>IDEA Statica</i>	83
Gambar 4.13. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E	83
Gambar 4.14. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E <i>IDEA Statica</i>	84
Gambar 4.15. Pemodelan Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E di <i>IDEA Statica</i>	85
Gambar 4.16. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E	85
Gambar 4.17. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E <i>IDEA Statica</i>	86
Gambar 4.18. Pemodelan Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E di <i>IDEA Statica</i>	87

Gambar 4.19. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E	87
Gambar 4.20. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E <i>IDEA Statica</i>	88
Gambar 4.21. Desain Pemodelan Sambungan 4ES	91
Gambar 4.22. Pemodelan Percobaan Pertama Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES di <i>IDEA Statica</i>	93
Gambar 4.23. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Pertama Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES	93
Gambar 4.24. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Pertama Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES <i>IDEA Statica</i>	94
Gambar 4.25. Pemodelan Percobaan Kedua Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES di <i>IDEA Statica</i>	95
Gambar 4.26. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Kedua Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES	95
Gambar 4.27. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Kedua Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES <i>IDEA Statica</i>	96
Gambar 4.28. Pemodelan Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES di <i>IDEA Statica</i>	97
Gambar 4.29. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES	97
Gambar 4.30. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES <i>IDEA Statica</i>	98
Gambar 4.31. Pemodelan Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES di <i>IDEA Statica</i>	99
Gambar 4.32. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES	99
Gambar 4.33. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES <i>IDEA Statica</i>	100
Gambar 4.34. Pemodelan Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES di <i>IDEA Statica</i>	101

Gambar 4.35. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES	101
Gambar 4.36. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES <i>IDEA Statica</i>	102
Gambar 4.37. Pemodelan Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES di <i>IDEA Statica</i>	103
Gambar 4.38. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES	103
Gambar 4.39. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES <i>IDEA Statica</i>	104
Gambar 4.40. Desain Pemodelan Sambungan 8ES	107
Gambar 4.41. Pemodelan Percobaan Pertama Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES di <i>IDEA Statica</i>	109
Gambar 4.42. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Pertama Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES	109
Gambar 4.43. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Pertama Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES <i>IDEA Statica</i>	110
Gambar 4.44. Pemodelan Percobaan Kedua Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES di <i>IDEA Statica</i>	111
Gambar 4.45. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Kedua Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES	111
Gambar 4.46. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Kedua Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES <i>IDEA Statica</i>	112
Gambar 4.47. Pemodelan Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES di <i>IDEA Statica</i>	113
Gambar 4.48. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES	113
Gambar 4.49. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES <i>IDEA Statica</i>	114
Gambar 4.50. Pemodelan Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES di <i>IDEA Statica</i>	115

Gambar 4.51. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES	115
Gambar 4.52. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES <i>IDEA Statica</i>	116
Gambar 4.53. Pemodelan Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES di <i>IDEA Statica</i>	117
Gambar 4.54. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES	117
Gambar 4.55. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES <i>IDEA Statica</i>	118
Gambar 4.56. Pemodelan Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES di <i>IDEA Statica</i>	119
Gambar 4.57. Konfigurasi <i>Endplate</i> Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES	119
Gambar 4.58. Hasil <i>Output</i> Analisis Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES <i>IDEA Statica</i>	120
Gambar 4.59. Pemodelan Sambungan Tipe 4E ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$) <i>IDEA Statica</i>	127
Gambar 4.60. Konfigurasi <i>Endplate</i> Sambungan Tipe 4E ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$) <i>IDEA Statica</i>	127
Gambar 4.61. Hasil <i>Output</i> Analisis Sambungan Tipe 4E ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$) <i>IDEA Statica</i>	128
Gambar 4.62. Pemodelan Sambungan Tipe 4E ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$) <i>IDEA Statica</i>	129
Gambar 4.63. Konfigurasi <i>Endplate</i> Sambungan Tipe 4E ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$) <i>IDEA Statica</i>	129
Gambar 4.64. Hasil <i>Output</i> Analisis Sambungan Tipe 4E ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$) <i>IDEA Statica</i>	130
Gambar 4.65. Pemodelan Sambungan Tipe 4E ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$) <i>IDEA Statica</i>	131
Gambar 4.66. Konfigurasi <i>Endplate</i> Sambungan Tipe 4E ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$) <i>IDEA Statica</i>	132

Gambar 4.67. Hasil <i>Output</i> Analisis Sambungan Tipe 4E ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	133
Gambar 4.68. Pemodelan Sambungan Tipe 4E ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$) <i>IDEA Statica</i>	134
Gambar 4.69. Konfigurasi <i>Endplate</i> Sambungan Tipe 4E ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	134
Gambar 4.70. Hasil <i>Output</i> Analisis Sambungan Tipe 4E ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	135
Gambar 4.71. Pemodelan Sambungan Tipe 4E ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	136
Gambar 4.72. Konfigurasi <i>Endplate</i> Sambungan Tipe 4E ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	136
Gambar 4.73. Hasil <i>Output</i> Analisis Sambungan Tipe 4E ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	137
Gambar 4.74. Pemodelan Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	138
Gambar 4.75. Konfigurasi <i>Endplate</i> Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	138
Gambar 4.76. Hasil <i>Output</i> Analisis Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	139
Gambar 4.77. Pemodelan Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	140
Gambar 4.78. Konfigurasi <i>Endplate</i> Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	140
Gambar 4.79. Hasil <i>Output</i> Analisis Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	141
Gambar 4.80. Pemodelan Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	142
Gambar 4.81. Konfigurasi <i>Endplate</i> Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	142
Gambar 4.82. Hasil <i>Output</i> Analisis Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	143

Gambar 4.83. Pemodelan Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	144
Gambar 4.84. Konfigurasi <i>Endplate</i> Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	145
Gambar 4.85. Hasil <i>Output</i> Analisis Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	146
Gambar 4.86. Pemodelan Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	147
Gambar 4.87. Konfigurasi <i>Endplate</i> Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	147
Gambar 4.88. Hasil <i>Output</i> Analisis Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	148
Gambar 4.89. Pemodelan Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	149
Gambar 4.90. Konfigurasi <i>Endplate</i> Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	150
Gambar 4.91. Hasil <i>Output</i> Analisis Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	151
Gambar 4.92. Pemodelan Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	152
Gambar 4.93. Konfigurasi <i>Endplate</i> Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	152
Gambar 4.94. Hasil <i>Output</i> Analisis Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	153
Gambar 4.95. Pemodelan Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	154
Gambar 4.96. Konfigurasi <i>Endplate</i> Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	154
Gambar 4.97. Hasil <i>Output</i> Analisis Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	155
Gambar 4.98. Pemodelan Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$)	
<i>IDEA Statica</i>	156

Gambar 4.99. Konfigurasi <i>Endplate</i> Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$) <i>IDEA Statica</i>	156
Gambar 4.100. Hasil <i>Output</i> Analisis Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$) <i>IDEA Statica</i>	157
Gambar 4.101. Pemodelan Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$) <i>IDEA Statica</i>	158
Gambar 4.102. Konfigurasi <i>Endplate</i> Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$) <i>IDEA Statica</i>	158
Gambar 4.103. Hasil <i>Output</i> Analisis Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$) <i>IDEA Statica</i>	159
Gambar 4.104. Grafik Kapasitas Baut dan Pelat Sambungan Tipe 4E.....	160
Gambar 4.105. Grafik Kapasitas Baut dan Pelat Sambungan Tipe 4ES.....	162
Gambar 4.106. Grafik Kapasitas Baut dan Pelat Sambungan Tipe 8ES.....	165
Gambar 4.107. Grafik Kekuatan Sambungan pada Sambungan Tipe 4E.....	167
Gambar 4.108. Grafik Kekuatan Sambungan pada Sambungan Tipe 4ES.....	169
Gambar 4.109. Grafik Kekuatan Sambungan pada Sambungan Tipe 4E.....	170
Gambar 4.110. Grafik Rasio Momen dan Geser Sambungan Tipe 4E.....	173
Gambar 4.111. Grafik Rasio Momen dan Geser Sambungan Tipe 4ES.....	174
Gambar 4.112. Grafik Rasio Momen dan Geser Sambungan Tipe 8ES.....	174



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	: Pengecekan Turnitin
LAMPIRAN 2	: Berita Acara Seminar Proposal Tugas Akhir
LAMPIRAN 3	: Berita Acara Seminar Hasil Tugas Akhir
LAMPIRAN 4	: Lembar Asistensi Tugas Akhir
LAMPIRAN 5	: <i>Output</i> Data Sambungan 4E IDEA Statica
LAMPIRAN 6	: <i>Output</i> Data Sambungan 4ES IDEA Statica
LAMPIRAN 7	: <i>Output</i> Data Sambungan 8ES IDEA Statica



STUDI ANALISIS VARIASI DIMENSI BAUT DAN PELAT SAMBUNGAN BALOK – KOLOM BAJA PRA-KUALIFIKASI SNI 7972 : 2020

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: *Gempa Bumi, Kegagalan Struktur, Sambungan Baja, Sambungan Baja Terprakualifikasi*



**ANALYSIS STUDY OF VARIATIONS IN DIMENSIONS OF BOLTS AND
PLATES OF PRE-QUALIFICATION STEEL BEAM – COLUMN
CONNECTIONS SNI 7972 : 2020**

Abstract

The 1994 Northridge earthquake in California showed significant weaknesses in steel structure connections, paralyzing much of the infrastructure. The aim of this research is to analyze the bearing capacity of steel structure connections according to SNI 7972: 2020 standards using IDEA Statica software. The focus of this research is to evaluate the types of connections that meet the requirements, including variations in plate and screw dimensions, as well as determine the effect of moments and compressive forces on beam-to-column connections. The results of the analysis provide more effective connection design guidelines to increase the durability and safety of steel structures against earthquake load. This study hoped that this research can contribute to the development of earthquake-resistant construction methods with even higher performance in the future.

Keyword: Earthquake, Structural Failure, Steel Connections, Prequalified Steel Connections



BAB I

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 dikarenakan 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 mengandalkan 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

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

- a. Bagaimana merencanakan dan menentukan jenis sambungan pada kolom, balok, dan plat pada bangunan gedung baja ?
- b. Bagaimana cara mengetahui kapasitas sambungan terpraktualifikasi pada struktur baja ?

1.3 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

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

1.4 Batasan Masalah

Di dalam penulisan Tugas Akhir yang berjudul “ Studi Analisis Variasi Dimensi Baut dan Pelat Sambungan Balok – Kolom Baja Terpraktualifikasi SNI 7972-2020” dengan beberapa batasan masalah yang perlu diperhatikan dalam penyusunan Tugas Akhir ini antara lain :

- a. Standar acuan analisis struktur baja
 - Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1792 : 2020)
 - Perhitungan struktur beton yang dipakai untuk Gedung (SNI 2847 : 2019)

- Analisis ketahanan bangunan terhadap pengaruh gempa (SNI 1726 : 2019)
 - Standar pembebanan minimum yang sesuai dengan kriteria untuk bangunan (SNI 1727 : 2020)
 - Sambungan Terprakulifikasi untuk Rangka Momen Khusus dan Menengah Baja pada Aplikasi Seismik (SNI 7972 : 2020)
 - Ketentuan Seismik Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 7860 : 2020)
- b. Analisis struktur bangunan hanya mencakup bagian struktur atas bangunan bagian sambungan kolom - balok
- c. Desain analisis tidak mencakup struktur bawah pondasi gedung
- d. Untuk analisis sambungan menggunakan aplikasi perangkat lunak *IDEA Statica* V.21.1

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan Gambaran yang jelas penulis membuat sistematika penyusunan laporan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada BAB I ini menjelaskan tentang konsep dasar, tujuan, dan manfaat serta cakupan materi tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada BAB II ini menjelaskan tentang gambaran garis besar dasar cakupan materi pada tugas akhir ini.

BAB III METODE PERANCANGAN

Pada BAB III ini menjelaskan tentang data perencanaan dan pengolahan data secara rinci pada tugas akhir.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada BAB IV ini menjelaskan tentang hasil pemodelan dan analisis sambungan baik secara manual maupun menggunakan program aplikasi.

BAB V PENUTUP

Pada BAB V ini mencakup hasil dan Kesimpulan serta penutup pada akhir tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

Pada daftar Pustaka ini mencakup semua sumber dan referensi penyusunan tugas akhir

LAMPIRAN

Pada bab lampiran ini berisi tentang data data pendukung seperti gambar struktur, table perhitungan, administrasi dan surat-surat



BAB II

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). (Rifai, Andi Jiba, 2010)

2.2 Struktur Baja

2.2.1. 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)

Pengaruh utama dari kandungan karbon dalam baja adalah pada kekuatan, kekerasan, dan sifat mudah dibentuk. Kandungan karbon yang besar dalam baja mengakibatkan meningkatnya kekerasan tetapi baja tersebut akan rapuh dan tidak mudah dibentuk (Davis, 1982)

2.2.2. Jenis Baja

Baja sendiri adalah komponen besi dengan kadar karbon kurang dari 2%. Keunggulan baja sendiri dapat dibentuk berbagai macam sesuai dengan kebutuhan. Secara garis besar baja dibedakan menjadi 2 jenis yaitu;

a. Baja Karbon

Baja karbon atau biasa disebut *plain karbon steel*, mengandung unsur karbon dan sedikit *silicon*, belerang dan fosfor. Berdasarkan kandungan karbonnya, baja karbon dibagi menjadi 3 :

➤ Baja Karbon Kadar Rendah

Baja karbon kadar rendah adalah jenis baja karbon yang memiliki kadar presentase kurang dari 2% ($< 0,2\% \text{ C}$). Fasa dan struktur mikro nya adalah ferrit dan perlit. Baja jenis menggunakan Teknik pengerjaan dingin dalam pembuatannya. Sifat mekanik baja kadar rendah adalah lunak, lemah dan memiliki keuletan dan ketangguhan yang baik. Baja dengan kadar ini baik digunakan untuk bahan konstruksi gedung, rantai, dan body mobil ba

➤ Baja Karbon Kadar Sedang

Baja karbon kadar menengah adalah jenis baja yang memiliki kadar presentase antara 0,2%-0,5% C (berat). Baja dengan kadar sedang ini dapat dikeraskan dengan metode pemanasan hingga fasa ustenit dan setelah ditahan didinginkan ke dalam air atau biasa disebut *quenching* untuk memperoleh fasa ang keras yaitu *martensit*.

Baja jenis ini terdiri dari baja karbon sedang biasa (*plain*) dan baja mampu keras. Komponen karbon yang tinggi membuat kekerasan baja ini tinggi, namun baja kadar ini kurang cocok untuk di las karena memiliki kemampuan las yang rendah. Dengan penambahan Cr, Ni, dan Mo dapat meningkatkan mampu kerasnya. Baja ini lebih kuat dari baja karbon rendah dan cocok untuk komponen mesin, roda kereta api, roda gigi (*gear*), poros engkol (*crankshaft*) serta komponen struktur yang memerlukan kekuatan tinggi, ketahanan aus, dan Tangguh.

➤ Baja Karbon Kadar Tinggi

Baja karbon kadar tinggi adalah jenis baja yang memiliki komposisi kadar antara 0,6- 1,4% C (berat). Tingkat kekerasan dan kekuatannya sangat tinggi, namun tingkat keuletannya buruk. Baja dengan kadar tinggi ini cocok untuk bahan baku baja perkakas, cetakan, pegas, kawat dengan kekuatan tinggi, dan alat potong yang dapat dikeraskan dan ditemper dengan baik.

Baja karbon kadar tinggi ini terdiri dari baja karbon kadar tinggi biasa dan baja karbon kadar tinggi perkakas. Khusus untuk baja perkakas biasanya mengandung Cr, V, W, dan Mo. Dalam pemuatannya unsur-unsur tersebut bersenyawa dengan karbon menjadi senyawa yang sangat keras sehingga ketahanan aus sangat baik. Kadar karbon yang terdapat di dalam baja akan mempengaruhi kuat tarik, kekerasan dan keuletan baja. Semakin tinggi kadar karbonnya, maka kuat tarik dan kekerasan baja semakin meningkat

b. Baja Paduan

Baja Paduan adalah baja yang menjadi satu dari beberapa paduan elemen didalamnya dalam jumlah total antara 1,0% dan 50% dari berat total yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik baja tersebut. Unsur yang paling banyak di gunakan untuk baja paduan, yaitu : *Cr, Mn, Si, Ni, W, Mo, Ti, Al, Cu, Nb, Zr*. Baja Paduan sendiri dibagi menjadi 3 jenis yaitu :

➤ Baja Paduan Rendah

Baja Paduan rendah adalah jenis baja paduan yang memiliki campuran Paduan kurang dari 2,5 % wt. Jenis baja Paduan rendah ini biasa dan sering digunakan untuk alat pengukur, perkakas tukang, gergaji, pata pisau dan lain-lain

➤ Baja Paduan Sedang

Baja Paduan Sedang adalah jenis baja Paduan yang memiliki campuran Paduan dengan kadar 2-5% - 10% wt. Baja Paduan Sedang biasanya digunakan untuk bahan baku pemotong plat tebal, alat pengukur dan lain lain

➤ Baja Paduan Tinggi

Baja Paduan Tinggi adalah jenis baja Paduan yang memiliki campuran Paduan dengan kadar lebih dari 10% wt. Baja Paduan Tinggi ini biasa digunakan untuk bahan baku roll drat, cetakan, pengukur dan lain lain.

Baja Paduan sendiri memiliki keunggulan dari baja karbon biasa antara lain :

- Memiliki keuletan yang tinggi tanpa pengurangan kekuatan tarik
- Tahan terhadap korosi dan keausan yang tergantung dari jenis Paduan nya
- Memiliki butiran halus dan homogen
- Tahan terhadap perubahan suhu dan sifat fisiknya tidak berubah.

Pengaruh unsur Paduan dalam baja dapat mempengaruhi sifat baja itu sendiri. Unsur unsur yang mempengaruhi Paduan baja antara lain;

❖ Unsur Karbon (C)

Unsur karbon merupakan unsur penting yang berpengaruh kepada kekerasan dan kepadatan baja. Kandungan karbon memiliki kadar presentase dalam baja sebanyak 0,1% - 1,7%. Kandungan baja sendiri dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja, akan tetapi presentase karbon yang terlalu banyak dapat mempengaruhi keteangguhan baja menjadi buruk.

❖ Unsur Mangan (Mn)

Mangan adalah unsur campuran baja yang memiliki kadar presentase sekitar kurang lebih 0,6% dan tidak mempengaruhi sifat baja yang sangat besar. Mangan sendiri merupakan unsur baja yang dapat mempengaruhi kuat Tarik baja tanpa mengurangi regangan baja sehingga kekuatan dan keuletan baja tetap optimal.

❖ Unsur Silikon (Si)

Silikon adalah unsur campuran Paduan baja yang memiliki kandungan lebih dari 0,4% dalam baja. Kandungan silikon ini berpengaruh terhadap meningkatkan tegangan Tarik dan menurunkan laju pendinginan kritis. Silikon juga memiliki sifat meningkatkan kekerasan, kekuatan, kekenyalan, dan ketahanan yang baik terhadap panas dan karat baja.

❖ Unsur Nikel (Ni)

Nikel merupakan senyawa Paduan baja yang memiliki kadar presentase sebanyak kurang lebih 25% pada baja. Nikel juga berpengaruh terhadap kekuatan Tarik dan keuletan baja serta meningkatkan daya tahan terhadap panas yang diterima baja. Nikel yang memiliki kadar persentase lebih dari 25 % akan meningkatkan daya tahan baja terhadap korosi dan melapisi lapisan luar baja.

❖ Unsur Kromium (Cr)

Kromium sendiri adalah senyawa yang dapat menurunkan laju pendinginan kritis pada baja. Kromium dalam baja juga dapat meningkatkan kekuatan tarik dan keplastisan serta dapat melindungi baja dari korosi dan suhu tinggi

2.2.3. Sifat Mekanis Baja

Setiap material yang ada di dunia ini pasti memiliki sebuah sifat dalam pembentukannya. Sifat merupakan ciri yang ada pada material dan berhubungan dengan jenis dan besarnya tanggapan atau respon yang diberikan, jika material tersebut diberikan suatu stimulus atau rangsangan (Sari, 2018).

Sifat mekanis baja menentukan kekakuan material dalam menerima beban mati, beban hidup, beban angin, beban kejut, beban tarik, beban tegang, beban geser dan beban kombinasi dapat diterimanya. Sifat mekanis baja mencakup tekanan luluh, tekanan putus, modulus keserbagunaan, modulus geser, proporsi *Poisson*, dan koefisien pengembangan. Kemampuan suatu bahan dalam menahan beban yang bekerja disebut sebagai sifat mekanisnya. Berikut merupakan sifat mekanis baja;

➤ Kekuatan (*Strength*)

Kekuatan adalah sebuah daya tahan material dalam menerima tegangan tanpa mengalami kerusakan yang terjadi. Kekuatan sendiri dapat dibedakan bermacam macam antara lain; kekuatan tekan, kekuatan geser, kekuatan bengkok, dan kekuatan punter

➤ Kekerasan (*Hardness*)

Kekerasan adalah sebuah daya tahan material dalam menerima goresan, pengikisan, hingga penetrasi. Kekerasan ini juga bisa diartikan ke dalam sifat keausan (*wear resistance*) dimana kekeraan juga memiliki hubungan terhadap kekuatan nantinya.

➤ Ketangguhan (*Toughness*)

Ketangguhan adalah sebuah daya tahan material untuk menyerap energi tanpa menerima kerusakan. Ketangguhan juga bisa dijadikan sebuah acuan untuk mengetahui kekuatan material jika diberi energi hingga material tersebut mengalami kerusakan patah.

➤ Kekakuan (*Stiffnes*)

Kekakuan adalah sebuah daya tahan material dalam menerima tegangan dan beban tanpa mengalami perubahan bentuk deformasi dan defleksi.

➤ Keuletan (*Plasticity*)

Keuletan adalah sebuah daya tahan material dalam mengalami sejumlah deformasi plastis permanen tanpa mempengaruhi kekuatan yang besar dan mengakibatkan kerusakan

➤ Elastisitas (*Elasticity*)

Elastisitas dapat dikatakan sebagai kemampuan suatu material untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah menerima beban yang dapat menimbulkan deformasi (Murtiono, 2012)

➤ Kelelahan (*Fatigue*)

Kelelahan adalah kondisi dimana material patah karena tidak sanggup menerima tegangan secara berulang yang besar dan mengalami kerusakan tetapi tegangan tersebut masih dibawah batas kekuatan elastisitas material

➤ Keretakan (*Creep*)

Keretakan adalah kondisi dimana material mengalami deformasi plastis yang besarnya merupakan fungsi waktu, pada saat material tersebut menerima beban yang besarnya relatif sama.

a. Karakteristik Mekanis Baja Berdasarkan Mutunya

Sifat mekanis baja berdasarkan mutunya sesuai dengan SNI 1729 : 2002 dapat diklasifikasikan menjadi beberapa sesuai dengan tegangan luluh (f_y) dan tegangan putus (f_u) dan tidak boleh melebihi dari standar tersebut. Untuk nilai karakteristik mekanis baja sesuai mutu dapat kita lihat **Tabel 2.1** berikut

Tabel 2.1. Karakteristik Mekanis Baja Berdasarkan Mutunya

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum (fu/MPa)	Tegangan Leleh Minimum (fy/MPa)	Peregangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

(Sumber : SNI 1729 : 2002)

b. Karakteristik Mekanis Baja Struktural Secara Umum

Pada dasarnya setiap baja memiliki karakteristik struktural secara umum, berdasarkan struktur baja yang dipakai di Indonesia yaitu menggunakan SNI 1729 : 2002 yang mendasarkan pada *American Institute of Steel Construction (AISC) 360-16* dan juga *American Society for Testing and Material (ASTM)* memberikan panduan untuk standar ini juga. Dengan ketentuan mekanis baja yang digunakan sesuai dengan **Tabel 2.2** dibawah ini.

Tabel 2.2. Karakteristik Mekanis Baja Struktural Secara Umum

Sifat Mekanis	Simbol	Nilai	Satuan
Modulus Elastisitas	E	200.000	MPa
Modulus Geser	G	80.000	MPa
Nisbah Poisson	μ	0,3	-
Koefisien Pemuaian	α	12×10^{-6}	/oC

(Sumber : SNI 1729 : 2002)

2.2.4. Jenis Profil Baja

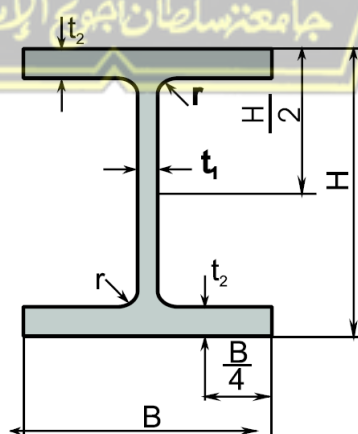
Pada sebuah pembangunan bangunan struktur baja tentu tidak lepas dari yang namanya profil baja yang akan digunakan. Profil dalam baja sendiri memiliki beberapa bentuk dan ukuran yang berbeda – beda. Profil baja sendiri adalah sebuah batangan (lonjoran) baja dengan penampang bentuk yang berbeda-beda dengan panjang umumnya 6 meter.

Penampang inilah yang nantinya menjadi sebuah susunan yang akan membentuk struktur bangunan yang terbuat dari baja. Profil lonjoran ini nantinya akan disusun satu persatu dengan sebuah sambungan atau las untuk membentuk kesatuan yang sempurna. Pada baja terdapat beberapa jenis profil yang digunakan untuk struktural yang berada di pasaran, antara lain sebagai berikut.

1. Profil IWF

Profil baja *wide flange* atau IWF ini adalah jenis profil baja struktural yang didesain menyerupai huruf “ I “ dengan Panjang standar bisa sampai 12 meter. Profil IWF ini banyak digunakan untuk mendukung beban yang melintang terhadap sumbu panjangnya, seperti pada bangunan tinggi dan jembatan.

Baja IWF ini memiliki spesifikasi sesuai dengan ASTM A992, A572-50, atau A529-50 yang memiliki kualitas kekuatan yang konsisten dengan fleksibilitas yang baik untuk memikul dan menerima beban yang besar. Berikut merupakan bentuk dan *properties* baja profil IWF padaa **Gambar 2.1** dan **Tabel 2.3**



Gambar 2.1. Profil Baja IWF

(Sumber : Gunung Garuda)

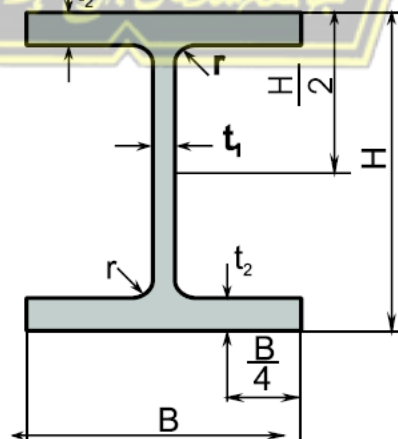
Tabel 2.3. Tabel *Properties Profil IWF*

STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS					SECTION AREA	UNIT WEIGHT		INFORMATIVE REFERENCE					
Nominal Dimensional	H x B	t ₁	t ₂	r				GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION	
mm	mm x mm	mm	mm	mm	cm ²	Kg/m	Kg/12m	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _y	Z _x
150 x 75	150 x 75	5	7	8	17.85	14.00	168	666	49.5	6.11	1.66	88.8	13.2
150 x 100	148 x 100	6	9	11	26.84	21.10	253.2	1 020	151	6.17	2.37	138	30.1
200 x 100	198 x 99	4.5	7	11	23.18	18.20	218.4	1 580	114	8.26	2.21	160	23.0
	200 x 100	5.5	8	11	27.16	21.30	255.6	1 840	134	8.24	2.22	184	26.8
200 x 150	194 x 150	6	9	12	38.80	30.60	367.2	2 675	507	8.30	3.60	275.8	67.6
250 x 125	248 x 124	5	8	12	32.68	25.70	308.4	3 540	255	10.4	2.79	285	41.1
	250 x 125	6	9	12	37.66	29.60	355.2	4 050	294	10.4	2.79	324	47.0
300 x 150	298 x 149	5.5	8	13	40.80	32.0	384	6 320	442	12.4	3.29	424	59.3
	300 x 150	6.5	9	13	46.78	36.70	440.4	7 210	508	12.4	3.29	481	67.7
350 x 175	346 x 174	6	9	14	52.68	41.40	469.8	11 100	792	14.5	3.88	641	91.0
	350 x 175	7	11	14	63.14	49.60	595.2	13 600	984	14.7	3.95	775	112
400 x 200	396 x 199	7	11	16	72.16	56.60	679.2	20 000	1 450	16.7	4.48	1 010	145
	400 x 200	8	13	16	84.1	66.0	792	23 700	1 740	16.8	4.54	1 190	174
450 x 200	450 x 200	9	14	18	96.8	76.0	912	33 500	1 870	18.6	4.40	1 490	187
500 x 200	500 x 200	10	16	20	114.2	89.6	1075.2	47 800	2 140	20.5	4.43	1 910	214
600 x 200	600 x 200	11	17	22	134.4	106	1272	77 600	2 280	24.0	4.12	2 590	228

(Sumber : Gunung Garuda)

2. Profil H-Beam

Profil baja H-Beam adalah jenis profil baja dengan desain penampang yang berbentuk huruf “H” dimana dimensi flange sama dengan dimensi web nya, missal saja dimensi baja H-Beam 300 x 300 atau 250 x 250. Profil H-Beam ini adalah jenis profil yang sering digunakan untuk struktur atap, struktur lantai, bahkan digunakan untuk fondasi bawah tanah gedung bertingkat. Berikut merupakan bentuk dan *properties* baja profil H-Beam padaa **Gambar 2.2** dan **Tabel 2.4**



Gambar 2.2. Profil Baja H-Beam

(Sumber : Gunung Garuda)

Tabel 2.4. Tabel *Properties Profil H-Beam*

STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS				SECTION AREA	UNIT WEIGHT		INFORMATIVE REFERENCE					
							GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION	
H x B	t1	t2	r	A	Kg/m	Kg/12m	Ix	Iy	Ix	Iy	Zy	Zy
mm x mm	mm	mm	mm	cm ²			cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³
100 x 100	6	8	10	21.90	17.20	206	383	134	4.18	2.47	76.5	26.7
125 x 125	6.5	9	10	30.31	23.80	286	847	293	5.29	3.11	136	47
150 x 150	7	10	11	40.14	31.50	378	1 640	563	6.39	3.75	219	75.1
175 x 175	7.5	11	12	51.21	40.20	482	2 880	984	7.50	4.38	330	112
200 x 200	8	12	13	63.53	49.90	599	4 720	1 600	8.62	5.02	472	160
250 x 250	9	14	16	92.18	72.40	869	10 800	3 650	10.8	6.29	867	292
300 x 300	10	15	18	119.80	94	1128	20 400	6 750	13.1	7.51	1 360	450
350 x 350	12	19	20	173.9	137	1644	40 300	13 600	15.2	8.84	2 300	776

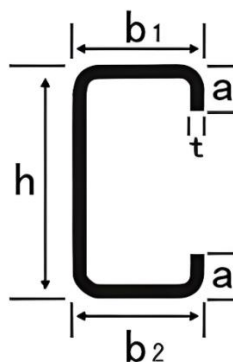
NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity

(Sumber : Gunung Garuda)

3. Profil Kanal C

Profil baja kanal C ini adalah jenis profil baja dengan penampang yang memiliki bentuk seperti huruf “ C “, profil baja ini tergolong memiliki kekuatan dan dayabtahan yang tinggi serta fleksibilitas yang baik namun tergolong ringan dibanding profil H dan IWF.

Baja Canal C ini digunakan sebagai elemen pendukung atau sekunder dalam konstruksi seperti, joint transversal, rangka dinding, dan bahkan baja ini kerap kali digunakan di industry transportasi karena kemampuannya mendukung beban secara efisien dengan budget yang sederhana. Berikut merupakan bentuk dan *properties* baja profil Kanal C padaa **Gambar 2.3** dan **Tabel 2.5**



Gambar 2.3. Profil Baja *Canal C*

(Sumber : Gunung Garuda)

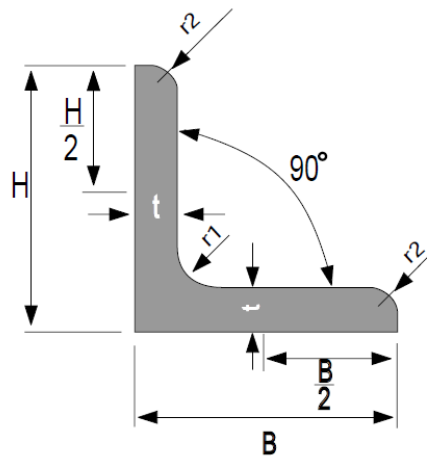
Tabel 2.5. Tabel Properties Canal C

Dimension		Section Area	Unit Weight	Informative Reference									
				Geometrical Moment of Inertia		Modulus of Section		Radius of Gyration		Center of Gravity	Shear Center	Torsion Constant	Warping Constant
H x B x C mm	t mm	A cm ²	Kg/m	I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	Z _x cm ³	Z _y cm ³	r _x cm	r _y cm	C _y cm	X _o cm	J cm ⁴	C _w cm ⁶
C 100 x 50 x 20	2	4.54	3.56	71	17	14.3	5.4	3.97	1.93	1.87	4.48	605	444
	2.3	5.17	4.06	81	19	16.1	6	3.95	1.92	1.86	4.46	912	496
	2.5	5.59	4.39	87	20	17.3	6.5	3.94	1.9	1.86	4.45	1164	528
	2.8	6.2	4.87	95	22	19.1	7.1	3.92	1.89	1.86	4.42	1621	574
	3	6.61	5.19	101	23	20.2	7.4	3.91	1.88	1.86	4.41	1982	603
	3.2	7.01	5.5	106	24	21.3	7.8	3.9	1.87	1.86	4.4	2392	630
C 125 x 50 x 20	2	5.04	3.95	120	18	19.3	5.5	4.89	1.91	1.69	4.15	672	675
	2.3	5.75	4.51	136	21	21.8	6.2	4.87	1.89	1.69	4.12	1013	755
	2.5	6.21	4.88	147	22	23.5	6.6	4.86	1.88	1.69	4.11	1295	805
	2.8	6.9	5.42	162	24	25.9	7.2	4.84	1.86	1.69	4.08	1804	877
	3	7.36	5.78	172	25	27.5	7.6	4.83	1.85	1.69	4.07	2207	922
	3.2	7.81	6.13	181	27	29	8	4.82	1.84	1.68	4.05	2665	965
C 150 x 50 x 20	2	5.54	4.35	185	19	24.7	5.6	5.79	1.87	1.55	3.86	738	971
	2.3	6.32	4.96	210	22	28	6.3	5.77	1.86	1.55	3.84	1115	1088
	2.5	6.84	5.37	226	23	30.2	6.8	5.75	1.85	1.55	3.82	1425	1162
	2.8	7.6	5.97	250	26	33.3	7.4	5.73	1.83	1.54	3.8	1987	1267
	3	8.11	6.37	265	27	35.4	7.8	5.72	1.82	1.54	3.78	2432	1334
	3.2	8.61	6.76	280	28	37.4	8.2	5.71	1.81	1.54	3.77	2938	1398
C 150 x 65 x 20	2	6.14	4.82	218	36	29.1	8.3	5.96	2.43	2.12	5.19	818	1784
	2.3	7.01	5.5	248	41	33	9.4	5.94	2.42	2.12	5.16	1236	2006
	2.5	7.59	5.96	267	44	35.6	10	5.93	2.41	2.12	5.15	1581	2148
	2.8	8.44	6.63	295	48	39.4	11	5.91	2.39	2.12	5.13	2207	2352
	3	9.01	7.07	314	51	41.8	11.6	5.9	2.38	2.11	5.11	2702	2482
	3.2	9.57	7.51	332	54	44.2	12.2	5.89	2.37	2.11	5.09	3265	2608
C 200 x 75 x 20	2	7.54	5.92	467	56	46.7	10.6	7.87	2.73	2.2	5.49	1005	4571
	2.3	8.62	6.77	531	64	53.1	12	7.85	2.72	2.2	5.47	1520	5159
	2.5	9.34	7.33	573	68	57.3	12.9	7.84	2.71	2.2	5.45	1946	5537
	2.8	10.4	8.17	636	75	63.6	14.2	7.82	2.69	2.2	5.42	2719	6085
	3	11.11	8.72	676	80	67.6	15	7.8	2.68	2.19	5.41	3332	6437
	3.2	11.81	9.27	716	84	71.6	15.8	7.79	2.67	2.19	5.39	4030	6779

(Sumber : Gunung Raja Paksi)

4. Profil Siku L

Profil baja Siku L ini adalah profil baja yang memiliki bentuk seperti huruf “ L “ dengan sudut 90° sehingga membentuk sudut siku di pertemuannya. Profil baja Siku L ini sering digunakan dalam konstruksi struktur siku untuk penguatan sudut, rangka, dan bracing. Profil ini sering digunakan karena memiliki daya efisien dalam menahan geseran dan tegangan di bawah beban titik, serta memberikan dukungan tambahan pada struktur utama. Berikut merupakan bentuk dan *properties* baja profil Siku L padaa **Gambar 2.4** dan **Tabel 2.6**



Gambar 2.4. Profil Baja Siku L
(Sumber : Gunung Garuda)

Tabel 2.6. Tabel *Properties* Profil Siku L

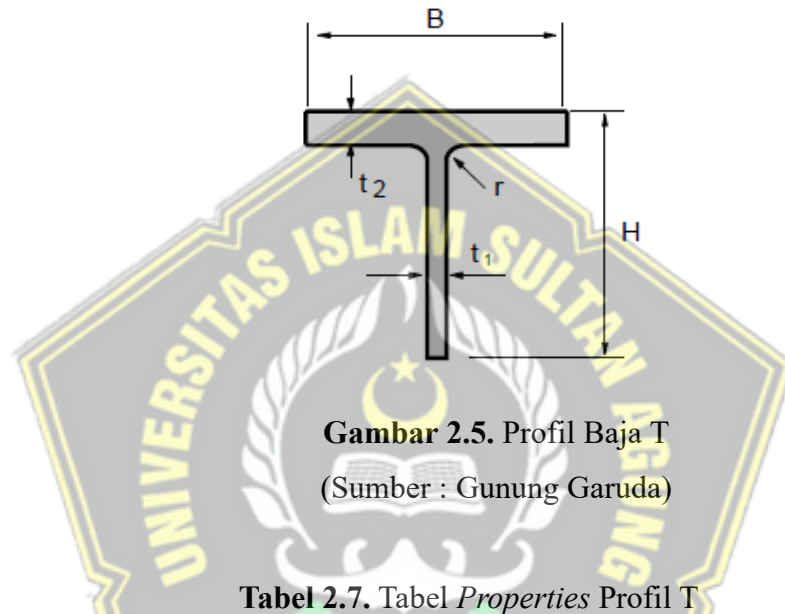
STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS						SECTION AREA	UNIT WEIGHT			INFORMATIVE REFERENCE								MODULUS OF SECTION				
										Center of Gravity	Geometrical Moment of Inertia			Radius of Gyration of Area			Modulus of Section					
H	x	B	t	r ₁	r ₂	A				C _x = C _y	I _x = I _y	Max I _u	Min I _v	I _x = I _y	Max I _u	Min I _v	Z _x = Z _y					
mm	x	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	kg/cm	kg/12m	cm	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm	cm ³					
50	x	50	5	6.5	3	4.802	3.77	22.62	45.24	1.410	11.100	17.50	4.580	1.520	1.91	0.98	3.080					
50	x	50	6	6.5	4.5	5.644	4.43	26.58	53.16	1.440	12.600	20.00	5.230	1.500	1.88	0.96	3.550					
60	x	60	5	6.5	3	5.802	4.55	27.5	55	1.660	19.600	31.20	8.090	1.840	2.32	1.18	4.520					
60	x	60	6	8	4	6.910	5.40	32.5	65	1.700	22.790	36.16	9.420	1.820	2.29	1.17	5.280					
65	x	65	5	8.5	3	6.367	5.00	30	60	1.770	25.300	40.10	10.500	1.990	2.51	1.28	5.350					
65	x	65	6	8.5	4	7.527	5.91	35.5	71	1.810	29.400	46.60	12.200	1.980	2.49	1.27	6.260					
65	x	65	8	8.5	6	9.761	7.66	46	92	1.880	36.800	58.30	15.300	1.940	2.44	1.25	7.960					
70	x	70	6	8.5	4	8.127	6.38	38.5	77	1.930	37.100	58.90	15.300	2.140	2.69	1.37	7.330					
75	x	75	6	8.5	4	8.727	6.85	41	82	2.060	46.100	73.20	19.000	2.300	2.90	1.48	8.470					
80	x	80	6	8.5	4	9.230	7.32	43.9	87.8	2.180	56.400	89.60	23.200	2.460	3.10	1.58	9.700					
90	x	90	7	10	5	12.220	9.59	57.6	115.2	2.460	93.000	148.00	38.300	2.760	3.48	1.77	14.200					
90	x	90	10	10	7	17.000	13.30	80	160	2.570	125.000	199.00	51.700	2.710	3.42	1.74	19.500					
100	x	100	7	10	5	13.620	10.70	64	128	2.710	129.000	205.00	53.200	3.080	3.88	1.98	17.700					
100	x	100	10	10	7	19.000	14.90	89.5	179	2.820	175.000	278.00	72.000	3.040	3.83	1.95	24.400					
120	x	120	8	12	5	18.760	14.70	88	176	3.240	258.000	410.00	106.000	3.710	4.67	2.38	29.500					
120	x	120	11	13	6.5	25.370	19.90	119.5	239	3.300	340.000	541.00	140.000	3.660	4.62	2.35	39.360					
120	x	120	12	13	6.5	27.540	21.60	130	260	3.400	367.000	583.00	151.000	3.650	4.60	2.35	42.680					
130	x	130	9	12	6	22.740	17.90	107.4	214.8	3.530	366.000	583.00	150.000	4.010	5.06	2.57	38.700					
130	x	130	12	12	8.5	29.760	23.40	140.5	281	3.640	467.000	743.00	192.000	3.960	5.00	2.54	49.900					
150	x	150	12	14	7	34.770	27.30	164	328	4.140	740.000	1,180.00	304.000	4.610	5.82	2.96	68.100					
150	x	150	15	14	10	42.740	33.60	202	404	4.240	888.000	1,410.00	365.000	4.560	5.75	2.92	82.600					
150	x	150	19	14	10	53.380	41.90	251.5	503	4.400	1,090.000	1,730.00	451.000	4.520	5.69	2.91	103.000					
175	x	175	12	15	11	40.520	31.80	191	382	4.730	1,170.000	1,860.00	480.000	5.380	6.78	3.44	91.800					
175	x	175	15	15	11	50.210	39.40	236.5	473	4.850	1,440.000	2,290.00	589.000	5.350	6.75	3.48	114.000					
200	x	200	15	17	12	57.750	45.30	272	544	5.460	2,180.000	3,470.00	891.000	6.140	7.75	3.93	150.000					
200	x	200	20	17	12	76.000	59.70	358	716	5.670	2,820.000	4,490.00	1,160.000	6.090	7.68	3.90	197.000					
200	x	200	25	17	12	93.750	73.60	442	884	5.860	3,420.000	5,420.00	1,410.000	6.040	7.61	3.88	242.000					
250	x	250	25	24	12	119.400	93.70	562	1124	7.100	6,950.000	11,000.00	2,860.000	7.630	9.62	4.89	388.000					
250	x	250	35	24	18	162.600	128.00	768	1536	7.450	9,110.000	14,400.00	3,790.000	7.490	9.42	4.83	519.000					
125	x	75	8	11	12	15.5	12.2	73	146	4.14	1.68	247	67.6	274	40.9	3.96	2.06	4.17	1.61	0.360	29.6	11.6
125	x	75	9	17	12	93.750	13.49	81	162	4.22	1.75	299	80.8	330	49.0	3.96	2.06	4.17	1.61	0.676	17.4	12.4
125	x	75	10	10	7	19.00	14.9	89	178	4.22	1.75	299	80.8	330	49.0	3.96	2.06	4.17	1.61	0.357	36.1	14.1
150	x	90	9	12	6	20.94	16.4	98.5	197	4.95	1.99	485	133	537	80.4	4.81	2.52	5.06	1.96	0.361	48.2	19.0
150	x	90	10	12	6	23.2	18.1	109	218	5.00	2.04	533	146	591	88.3	4.81	2.52	5.06	1.96	0.360	53.3	21
150	x	90	12	12	8.5	27.36	21.5	129.5	259	5.07	2.10	619	167	685	102	4.76	2.47	5.00	1.93	0.357	62.3	24.3

NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity

(Sumber : Gunung Garuda)

5. Profil T

Profil T adalah jenis profil baja yang memiliki bentuk menyerupai huruf “T” yang dihasilkan dari memotong secara *longitudinal* profil IWF menjadi 2 buah melalui *web* nya. Profil ini sering digunakan sebagai daya dukung tambahan pada konstruksi struktur baja, antara lain sebagai profil pendukung atap, struktur lantai dan lain lain karena profil T ini memiliki distribusi beban yang efisien dan kekuatan terpusat pada satu titik. Berikut merupakan bentuk dan *properties* baja profil T padaa **Gambar 2.5** dan **Tabel 2.7**



Sectional Index	Standard Sectional Dimension						Unit Weight	Informative Reference						
	Depth of Section	Width of Section	Thickness		Corner Radius	Sectional Area		Center of Gravity	Geometrical Moment of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section	
	HB	H	t ₁	t ₂	r	A		y	I _x	I _y	I _x	I _y	Z _x	Z _y
mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	mm	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³
T 50 x 100	50	100	6	8	10	10.95	8.6	40	16	67	1.2	2.47	4	13.4
T 62.5 x 125	62.5	125	6.5	9	10	15.16	11.9	50.6	35	147	1.51	3.11	6.9	23.5
T 75 x 75	75	75	5	7	8	8.93	7	57	42	25	2.18	1.67	7.4	6.6
T 75 x 150	75	150	7	10	11	20.07	15.75	61.3	66	282	1.81	3.75	10.8	37.6
T 100 x 100	100	100	5.5	8	11	13.58	10.65	71.7	114	67	2.9	2.22	14.8	13.4
T 99 x 100	99	100	4.5	7	11	11.59	9.1	78.1	94	58	2.84	2.25	12	11.7
T 87.5 x 175	87.5	175	7.5	11	12	25.61	20.1	72	114	492	2.11	4.38	15.8	56.2
T 100 x 200	100	200	8	12	13	31.77	24.95	82.7	184	801	2.41	5.02	22.2	80.1
T 125 x 125	125	125	6	9	12	18.83	14.8	97.2	248	147	3.63	2.79	25.5	23.5
T 124 x 124	124	124	5	8	12	16.34	12.85	97.7	207	127	3.56	2.79	21.2	20.5
T 125 x 250	125	250	9	14	16	46.09	36.2	104.2	411	1825	2.98	6.29	39.4	146
T 150 x 150	150	150	6.5	9	13	23.39	18.35	115.9	463	254	4.45	3.29	39.9	33.8
T 149 x 149	149	149	5.5	8	13	20.4	16	116.4	393	221	4.39	3.29	33.7	29.6
T 150 x 300	150	300	10	15	18	59.9	47	125.3	796	3378	3.64	7.51	63.5	225.2
T 175 x 175	175	175	7	11	14	31.57	24.8	137.5	814	492	5.08	3.95	59.2	56.3
T 173 x 174	173	174	6	9	14	26.34	20.7	136	678	396	5.07	3.88	49.9	45.5
T 175 x 350	175	350	12	19	20	86.95	68.85	146.4	1515	6794	4.17	8.84	103.5	388.2
T 200 x 200	200	200	8	13	16	42.06	33	157.7	1395	868	5.76	4.54	88.5	86.8
T 198 x 199	198	199	7	11	16	36.08	28.3	156.3	1193	723	5.75	4.48	76.3	72.7
T 200 x 400	200	400	13	21	22	109.35	86	167.9	2470	11207	4.75	10.12	147.1	560.4
T 225 x 200	225	200	9	14	18	48.38	38	173.5	2155	936	6.67	4.4	124.2	93.6
T 250 x 200	250	200	10	16	20	57.1	44.8	190.5	3210	1071	7.5	4.33	168.5	107.1
T 300 x 200	300	200	11	17	22	67.2	53	221.6	5786	1139	9.29	4.12	261.9	113.9
T 294 x 300	294	300	12	20	28	96.25	75.5	233.2	6695	4509	8.34	6.84	295.3	300.6
T 350 x 300	350	300	13	24	28	117.75	92.5	274.5	12015	5412	10.1	6.78	447.3	360.8
T 400 x 300	400	300	14	26	28	133.7	105	308.3	18787	5866	11.85	6.62	609.5	391.1

(Sumber : Gunung Garuda)

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*). Untuk penjelasan lebih detailnya dapat dilihat dibawah ini.

3.3.1. Metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*)

Metode Load and Resistance Factor Design atau yang biasa disingkat LRFD adalah salah satu metoda perencanaan struktur dengan prinsip mereduksi kapasitas yang dimiliki oleh suatu penampang. Menurut Teknik LRFD, suatu struktur dianggap aman dengan asumsi setiap komponen memiliki kekuatan yang serupa atau lebih kuat dari yang dibutuhkan mengingat beban yang diterima tidak ditentukan. Berikut merupakan persamaan desain LRFD.

$$R_u \leq \Phi R_n \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

R_u = Kuat Perlu (KN)

Φ = Faktor Keamanan

R_n = Kuat Nominal (KN)

Beban yang harus ditopang oleh struktur ditunjukkan pada persamaan sisi kiri dan hambatan atau komponen struktur ditunjukkan pada sisi kanan persamaan. Resistensi desain dapat diperoleh dengan mengalikan nilai resistensi nominal (R_n) dengan factor resistensi (Φ) (Setiawan, 2008)

3.3.2. ASD (*Allowable Stress Design*)

Allowable Stress Design (desain tegangan yang diijinkan) yang disebut pula *working stress design* (desain tegangan kerja), didalam metode ini, elemen struktur pada bangunan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga tegangan yang timbul akibat beban kerja atau/layan tidak melampaui tegangan ijin yang telah ditetapkan yaitu $\sigma_{maks} \leq \sigma_{ijin}$ (Cahya, Heppy Nur. 2014).

Berikut merupakan persamaan metode *Allowable Stress Design* (ASD).

$$\frac{\phi R_n}{\gamma} \geq \sum Q_i \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

ϕ = Faktor resistensi faktor reduksi

R_n = Kekuatan nominal

γ = Faktor- faktor kelebihan beban

$\sum Q_i$ = Beban

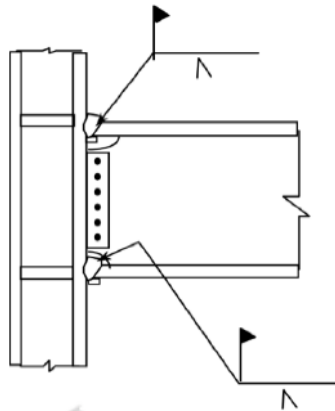
Dalam persamaan ini semua beban memiliki variabilitas yang sama, untuk ruas kiri hendaknya mewakili kekuatan balok nominal M_n yang dibagi oleh suatu faktor keamanan FS (sama dengan ϕ/γ), sedangkan ruas kanan mewakili momen lentur beban layanan M yang bekerja sebagai hasil dari semua tipe beban. (Cahya, Heppy Nur. 2014).

2.4 Perencanaan 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 sambunghan 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.

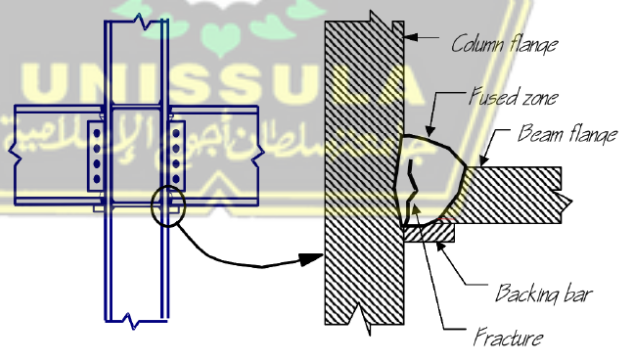
Dalam gempa Northridge di Los Angeles dan sekitarnya pada tahun 1944 di dapati bahwa struktur rangka momen baja tidak bekerja semestinya dalam menahan gaya seismic gempa. Engsel sambungan pada balok yang seharusnya fleksibel menahan gaya seismic justru malah tidak dapat bekerja. Konsep *strong column 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



Gambar 2.6. Detail Sambungan Momen dengan Las pada Kolom – Balok

Dari hasil pengamatan dan investigasi, retak pada sambungan las adalah jenis kegagalan yang paling umum terjadi, dari sekitar 2.000 kerangka momen, 8.600 pengamatan visual, dan 7.800 pengujian ultrasonic terhadap sambungan di dapati justru kegagalan sambungan lebih banyak berasal dari sambungan balok ke kolom, seharusnya sifat fleksibilitas sambungan balok tidak akan merambat sampai ke kolom.



Gambar 2.7. Detail Kegagalan Sambungan Balok Kolom Pada Rangka Momen Baja Akibat Gempa Northridge 1994



Gambar 2.8. Kegagalan Pada Transisi Pengelasan Akibat Gempa Northridge 1994



Gambar 2.9. Kegagalan Pada Sambungan Las dan Merambat Hingga Sayap Kolom Akibat Gempa Northridge 1994

Setelah terjadinya peristiwa gempa Northridge di California tahun 1994 mulai terbuka nya lah para analis struktur terhadap pengaruh kekuatan gempa terhadap struktur rangka baja yang berkembang saat itu yang tidak mampu menahan gaya seismic pada gempa yang berlangsung. Struktur rangka momen baja yang dirancang saat itu yang di analisa dapat menerima momen seismic gempa secara fleksibel nyatanya mengalami kegagalan dan kerusakan.

AISC (*American Institute of Steel Construction*) akhirnya membentuk sebuah tim inverstigasi untuk mengumpulkan data permasalahan struktur rangka baja pada bangunan terdampak gempa Northridge. Pada tahun 2000, FEMA 350 memperkenalkan jenis standar sambungan terprakualifikasi yang kemudian diadopsi oleh AISC 341–2002 pada tahun 2002. Menurut AISC 341-2002,

sambungan terprakualifikasi didefinisikan sebagai sambungan yang telah menjalani pengujian, analisis, evaluasi, dan tinjauan yang memadai sedemikian rupa sehingga diperoleh tingkat kepercayaan yang tinggi bahwa sambungan tersebut memiliki kapasitas serta kinerja yang mencukupi untuk rangka pemikul momen khusus (RMK) dan menengah (RMT).

Pada tahapan yang lebih kompleks AISC pun sadar bahawa sambungan pra kualifikasi ini perlu dilakukan persyaratan pengujian lebih kompleks dan detail. Oleh karena itu AISC membentuk sebuah tim yang diberi nama *Connection Prequalification Review Panel* (CPRP) pada tahun 2000 an sebagai sebuah tim yang melakukan pengujian detail pada sambungan prakualifikasi.

Berdasarkan hasil pengujian eksperimental yang dilakukan oleh CPRP didapati beberapa poin penting tentang sambungan terprakualifikasi berdasarkan AISC 341 pasal K1 (*Prequalification of Beam-to-Column and Link-to-Column Connections*) yang menjelaskan tentang “Prakualifikasi Sambungan Balok ke Kolom dan Sambungan Kolom”.

Terdapat pula poin untuk sambungan terprakualifikasi yang harus sesuai dengan AISC 341 pasal K2 (*Cyclic Test for Qualification of Beam-to-Column and Link-to-Column Connections*) yang mengatur tentang “Pengujian Siklik pada Prakualifikasi Balok ke Kolom dan Sambungan Kolom” yang harus melalui uji siklik.

Standar tentang sambungan prakualifikasi terdapat pada AISC 358 dengan pembaruan tahun 2010 dan 2016. AISC 358-10/358s1-11 ini di adopsi langsung oleh SNI 7972-2013, dan AISC 358-16 ini diadopsi langsung oleh SNI 7972-20xx.

2.5.1. Jenis Sambungan Terprakualifikasi

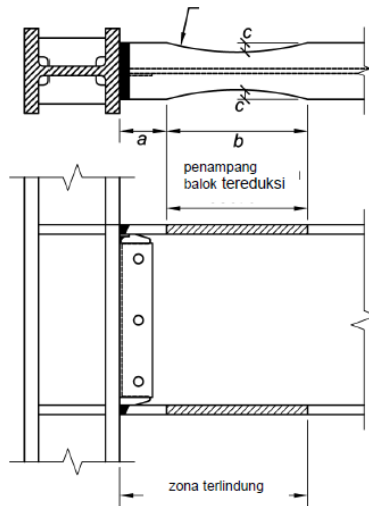
Berdasarkan SNI 7972-2020 jenis sambungan baja balok ke sayap kolom pada Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMT) yang ter prakualifikasi sesuai standar dapat bagi beberapa jenisnya antara lain seperti pada **Table 2.8** dibawah ini

Tabel 2.8. Sambungan Momen Terprakualifikasi (SNI 7972-2020)

Sambungan Momen Terprakualifikasi (SNI 7972 – 2020)			
No	Tipe Sambungan	BAB	Sistem
1	Penampang Balok Tereduksi (PBR)	5	RMK dan RMT
2	Pelat Ujung di Perpanjang Berbaut dan Tanpa Pengaku (PUDBTP)	6	RMK dan RMT
3	Pelat Ujung di Perpanjang Berbaut dengan Pengaku (PUDBP)	6	RMK dan RMT
4	Pelat Sayap Berbaut (PSB)	7	RMK dan RMT
5	Sayap di Las Tanpa Penguat – Badan di Las (SLTKBL)	8	RMK dan RMT
6	<i>Braket Kaiser</i> Berbaut (BKB)	9	RMK dan RMT
7	Sambungan Momen <i>ConXtech ConXL</i>	10	RMK dan RMT
8	Sambungan Momen <i>SidePlate</i>	11	RMK dan RMT
9	Sambungan Momen <i>Simpson Strong-Tie Strong Frame</i>	12	RMK dan RMT
10	Sambungan Momen T Ganda	13	RMK dan RMT

(Sumber : SNI 7972-2020)

Berikut merupakan gambar detail dari jenis sambungan momen terprakualifikasi (SNI 7972-2020)



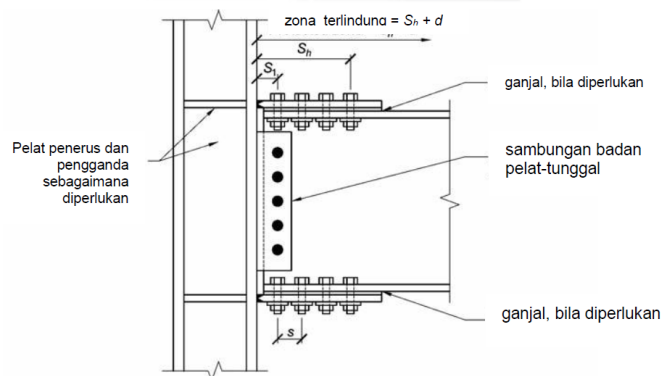
Gambar 2.10. Penampang Balok Tereduksi (PBR)

(Sumber : SNI 7972-2020)



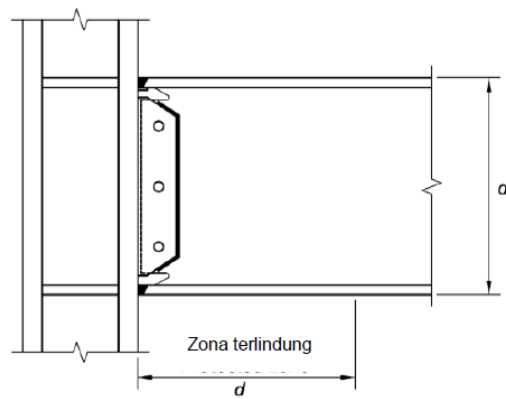
Gambar 2.11. Pelat Ujung di Perpanjang Berbaut Tanpa Pengaku dan dengan Pengaku

(Sumber : SNI 7972-2020)



Gambar 2.12. Pelat Sayap Berbaut (PSB)

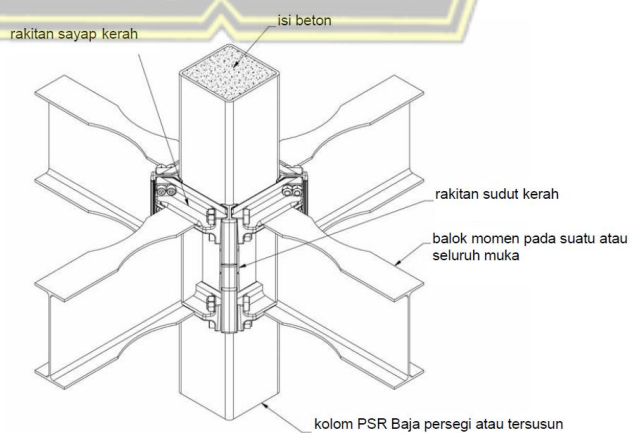
(Sumber : SNI 7972-2020)



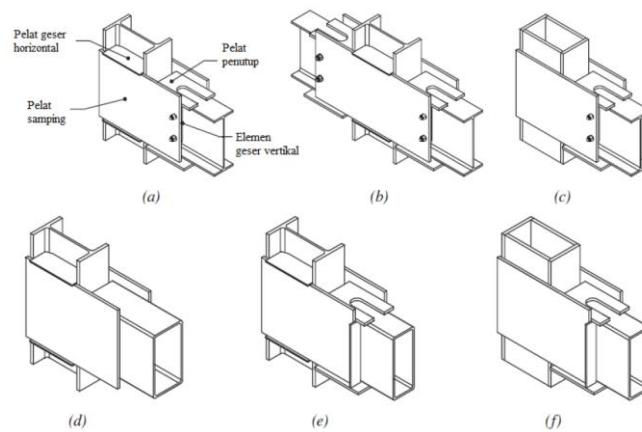
Gambar 2.13. Sayap di Las Tanpa Penguat – Badan di Las (SLTKBL)
(Sumber : SNI 7972-2020)



Gambar 2.14. *Braket Kaiser* Berbaut (BKB)
(Sumber : SNI 7972-2020)

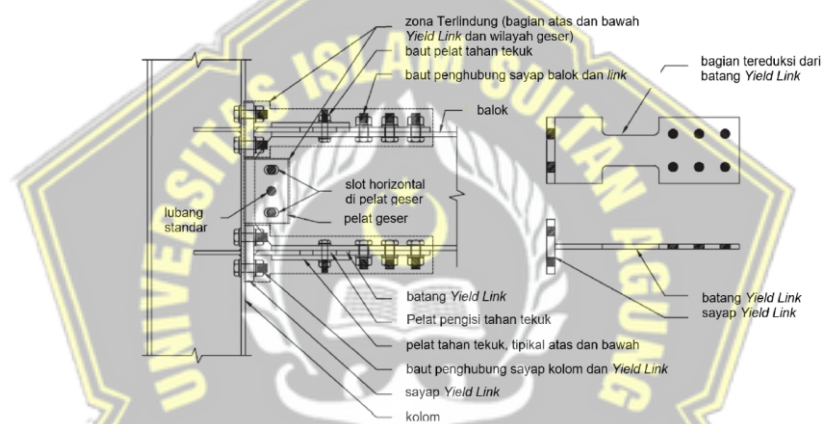


Gambar 2.15. Sambungan Momen *ConXtech ConXL*
(Sumber : SNI 7972-2020)



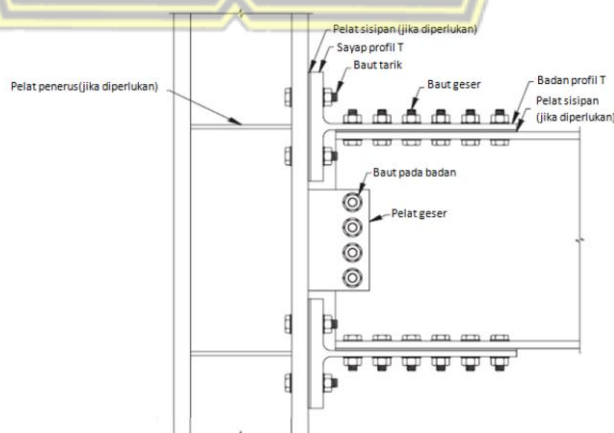
Gambar 2.16. Sambungan Momen *SidePlate*

(Sumber : SNI 7972-2020)



Gambar 2.17. Sambungan Momen *Simpson Strong-Tie Strong Frame*

(Sumber : SNI 7972-2020)

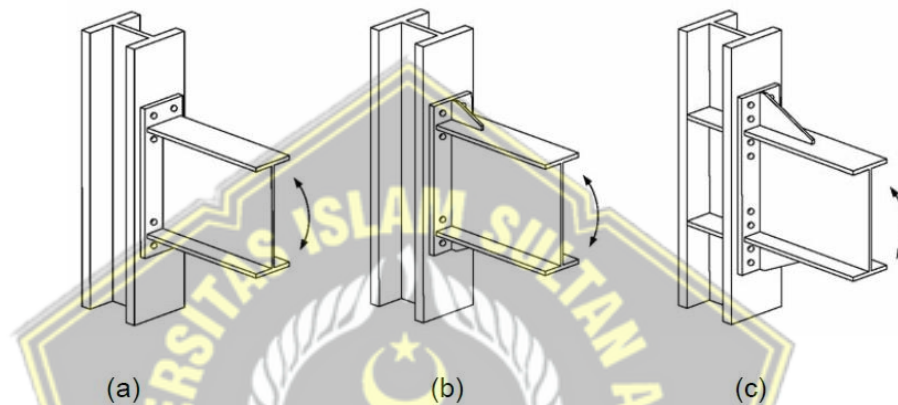


Gambar 2.18. Sambungan Momen T Ganda

(Sumber : SNI 7972-2020)

2.5.2. Sambungan Kolom – Balok

Sebuah konstruksi bangunan baja tentunya akan memerlukan sebuah sambungan pada pertemuan kolom dengan balok di setiap titiknya. Pada SNI 7279-2020 tentang sambungan prakualifikasi terdapat beberapa jenis sambungan, tetapi untuk jenis sambungan yang biasa di gunakan dalam kostruksi gedung adalah jenis sambungan Pelat Ujung di Perpanjang Berbaut dan Tanpa Pengaku (PUDBTP) dan Pelat Ujung di Perpanjang Berbaut dengan Pengaku (PUDBP).



Gambar 2.19. Konfigurasi Sambungan Pelat Ujung di Perpanjang Berbaut tanpa Pengaku dan dengan Pengaku
(Sumber : SNI 7972-2020)

Untuk jenis sambungan Pelat Ujung di Perpanjang Berbaut dan Tanpa Pengaku (PUDBTP) dan Pelat Ujung di Perpanjang Berbaut dengan Pengaku (PUDBP) terdapat beberapa konfigurasi dengan keterangan sebagai berikut

- Konfigurasi Pelat Ujung di Perpanjang Empat Baut Tanpa Pengaku (4E)
- Konfigurasi Pelat Ujung di Perpanjang Empat Baut dengan Pengaku (4ES)
- Konfigurasi Pelat Ujung di Perpanjang Delapan Baut dengan Pengaku (8ES)

Pada Sambhungan jenis sambungan Pelat Ujung di Perpanjang Berbaut dan Tanpa Pengaku (PUDBTP) dan Pelat Ujung di Perpanjang Berbaut dengan Pengaku (PUDBP) memiliki analisis desain dengan kekuatan pada muka kolom lebih kuat dibandingkan kekuatan pada balok sehingga plastifikasi dimungkinkan terjadi pada muka kolom.

Beberapa persyaratan untuk balok dan kolom yang didesain dengan sambungan PUDBTP dan PUDBDP adalah sebagai berikut:

a. Persyaratan Balok

- Balok di desain dengan penampang IWF atau profil I tersusun dengan Batasan parametrik yang sesuai dengan Tabel 6.1 pada SNI 7972-2020 tentang Pembatasan Parametrik pada Prakuifikasi sesuai dengan **Tabel 2.9** dibawah ini

Tabel 2.9. Pembatasan Parametrik Pada Prakuifikasi

TABEL 6.1 Pembatasan Parametrik pada Prakuifikasi						
Parameter	Tanpa pengaku dengan Empat-Baut (4E)		Dengan pengaku dengan Empat-Baut (4ES)		Dengan pengaku dengan Delapan-Baut (8ES)	
	Maksimum in. (mm)	Minimum in. (mm)	Maksimum in. (mm)	Minimum in. (mm)	Maksimum in. (mm)	Minimum in. (mm)
t_{bf}	$\frac{3}{4}$ (19)	$\frac{3}{8}$ (10)	$\frac{3}{4}$ (19)	$\frac{3}{8}$ (10)	1 (25)	$\frac{9}{16}$ (14)
b_{bf}	$9\frac{1}{4}$ (235)	6 (152)	9 (229)	6 (152)	$12\frac{1}{4}$ (311)	$7\frac{1}{2}$ (190)
d	55 (1 400)	$13\frac{3}{4}$ (349)	24 (610)	$13\frac{3}{4}$ (349)	36 (914)	18 (457)
t_p	$2\frac{1}{4}$ (57)	$\frac{1}{2}$ (13)	$1\frac{1}{2}$ (38)	$\frac{1}{2}$ (13)	$2\frac{1}{2}$ (64)	$\frac{3}{4}$ (19)
b_p	$10\frac{3}{4}$ (273)	7 (178)	$10\frac{3}{4}$ (273)	7 (178)	15 (381)	19 (229)
g	6 (152)	4 (102)	6 (152)	$3\frac{1}{4}$ (83)	6 (152)	5 (127)
p_n, p_{to}	$4\frac{1}{2}$ (114)	$1\frac{1}{2}$ (38)	$5\frac{1}{2}$ (140)	$1\frac{3}{4}$ (44)	2 (51)	$1\frac{5}{8}$ (41)
p_o	-	-	-	-	$3\frac{3}{4}$ (95)	$3\frac{1}{2}$ (89)
b_{bf} = lebar sayap balok, in. (mm) b_p = lebar pelat-ujung, in. (mm) d = tinggi penampang balok penyambung, in. (mm) g = jarak horizontal antara baut-baut, in. (mm) p_o = jarak vertikal antara baris baut sebelah dalam dan sebelah luar dalam sambungan 8ES, in. (mm) p_n = jarak vertikal dari bagian dalam dari suatu sayap tarik balok ke baris baut bagian dalam terdekat, in. (mm) p_{to} = jarak vertikal dari bagian luar dari suatu sayap tarik balok ke baris baut bagian luar terdekat, in. (mm) t_{bf} = tebal sayap balok, in. (mm) t_p = tebal pelat-ujung, in. (mm)						

(Sumber : SNI 7972-2020)

- Tidak dikenakannya pembatasan per berat satuan panjang
- Rasio bentang bersih dibagi tinggi penampang balok minimum 7 untuk Rangka Momen Khusus dan 5 untuk Rangka Momen Menengah
- Untuk Sambungan Perpanjang Berbaut dan Tanpa Pengaku, zona terlindung perlu disediakan sepanjang atau sam dengan yang terkecil di antara tinggi penampang balok atau 3 kali lebar sayap balok
- Untuk Sambungan Pelat Ujung di Perpanjang Berbaut dengan Pengaku, zona terlindung perlu disediakan sama dengan yang terkecil di antara lokasi ujung

pengaku ditambah setengah tinggi penampang balok atau 3 kali lebar sayap balok.

b. Persyaratan Kolom

- Kolom di desain dari profil gilasan atau susun sesuai pasal 2.3. SNI 7972-2020
- Balok perlu disambung ke sayap kolom
- Tinggi penampang kolom untuk profil gilasan dan susun dibatasi maksimum setinggi 920 mm
- Tidak dikenakannya pembatasan berat per satuan Panjang dan tebal sayap kolom

Pada perancangan sambungan kolom balok ini terdapat beberapa analisis sebelum memasuki ranah perancangan. Terlebih pada sambungan kolom - balok ini terdapat sebuah sifat sambungan dalam menahan momen dan gaya geser

a. Aspek analisis sambungan

- Analisis momen maksimum penampang
- Analisis gaya geser penampang
- Analisis gaya geser pada baut
- Analisis gaya tarik pada baut

b. Aspek perencanaan sambungan

- Perancangan Pelat Sambungan
 - Kekuatan geser pelat
 - Kekuatan tumpuan pelat
 - Tekuk local pelat
- Perencanaan baut
 - Konfigurasi baut
 - Kekuatan geser baut
 - Kekuatan Tarik baut
 - Jumlah baut
- Desain sambungan las

Dalam menentukan sebuah momen plastis maksimal pada penampang balok terdapat sebuah tahapan dalam menentukannya, berikut merupakan persamaannya

$$M_p = F_y \times Z_x \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan keterangan pendukung di dapati dari persamaan dibawah ini

$$Z_x = \left[\frac{b h^2 - (b+tw) (h-2tf)^2}{4} \right] \dots\dots\dots(2.4)$$

$$Z_y = \frac{1}{2} b^2 tf + \frac{1}{4} tw^2 (d - 2tf) \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan

M_p = Momen Maksimal Plastis

F_y = Tegangan leleh minimum (MPa)

F_u = Kekuatan Tarik minimum (MPa)

Z_x = Modulus Area X profil

Z_y = Modulus Area Y profil

h = Panjang badan profil

b = Panjang sayap profil

tw = Tebal badan profil

tf = Tebal sayap profil

Selanjutnya untuk mencari kekuatan faktor KO sendi atas pada profil yang mencakup penguatan regangan, Batasan terdekat, dukungan ekstra, dan kondisi sendi dapat ditentukan pada persamaan dibawah ini

$$C_{pr} = \frac{(F_y + F_u)}{2 F_y} \leq 1,2 \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan

C_{pr} = Faktor nilai KO sendi atas, termasuk penguatan regangan, batasan terdekat, dukungan ekstra , dan kondisi sendi lainnya

F_y = Tegangan leleh minimum (MPa)

F_u = Kekuatan Tarik minimum (MPa)

Selajutnya perhitungan momen probabilitas maksimum pada penampang dapat ditentukan sesuai dengan persamaan sebagai berikut

$$M_{prx} = M_p \cdot R_y \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan

M_{pr} = Momen maksimum yang terjadi di sendi plastis (N/meter)

R_y = Rasio tegangan leleh Terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum yang diisyaratkan F_y sesuai dengan SNI Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural

Setelah mendapatkan momen maksimal seuatu penampang terdapat pula gaya geser yang harus diketahui, berikut merupakan persamaannya dibawah

$$V_n = 0,6 \times F_y (h \times tw) \dots\dots\dots(2.8)$$

Serta persamaan perhitungan momen pada muka kolom dapat dilihat dengan persamaan dibawah ini

$$M_f = M_{pr} + V_u S_h \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan

V_n = Gaya geser (kN)

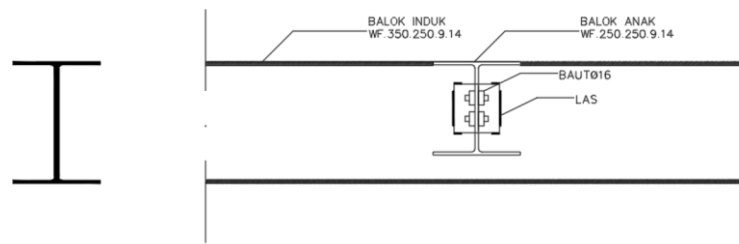
S_h = Jarak sendi plastis (mm)

2.5.3. Sambungan Balok – Balok

Dalam perancangan sebuah sambungan balok dengan balok pada struktur baja terdapat sambungan pada poros dan segmen serta hubungan antar radiasi yang memiliki sifat yang sama yaitu dapat menahan gaya geser namun tidak dapat bertahan dalam hitungan menit. Perencanaan jumlah baut pada sambungan balok – balok memiliki kriteria satu sisi, sehingga perlu di kalikan dua untuk mendapatkan jumlah baut seluruhnya



Gambar 2.20. Sambungan Balok ke Balok



Gambar 2.21. Sambungan Balok Anak ke Balok Induk

Pada perancangan sambungan balok - balok ini terdapat beberapa aspek analisis sebelum memasuki ranah perancangan. Berikut keterangannya

1. Aspek analisis sambungan

- Analisis gaya geser penampang
- Analisis gaya geser pada baut
- Analisis gaya tarik pada baut

2. Aspek perencanaan sambungan

➤ Perancangan Pelat Sambungan

- Kekuatan geser pelat
- Kekuatan tumpuan pelat

➤ Perencanaan baut

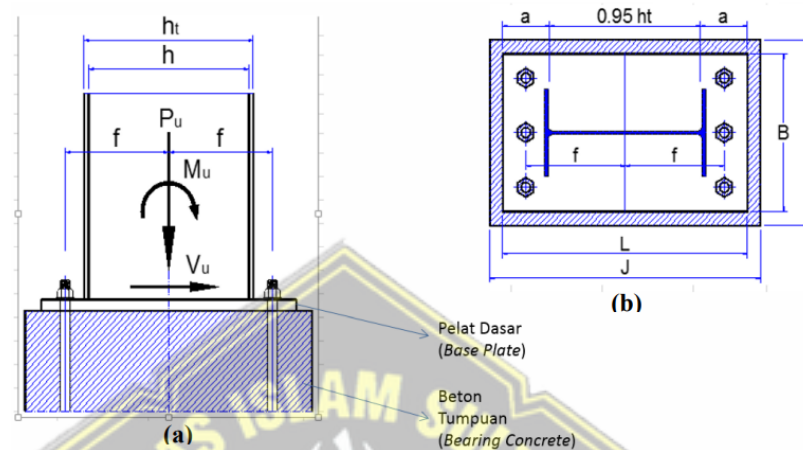
- Konfigurasi baut
- Kekuatan geser baut
- Jumlah baut

➤ Desain sambungan las

2.5.4. Sambungan Pelat Dasar (*Base Plate*)

Pelat dasar (*base plate*) adalah pelat yang berada diantara kolom baja dengan pondasi yang terbuat dari material beton pada umumnya. Pelat dasar (*base plate*) memiliki fungsi yaitu: meneruskan beban dari kolom ke pondasi serta meratakan beban kolom yang terjadi. Pelat dasar dihubungkan dengan kolom baja melalui sambungan las, sedangkan plat dasar (*base plate*) sebagai desain penghubung antara kolom baja dengan pondasi beton mempunyai 2 tipe perletakan yaitu:

1. Perletakan Sendi, dimana baut angkur tidak memikul momen hanya memikul beban tekan atau beban Tarik
2. Perletakan Jepit, dimana sebagian baut angkur memikul tarik akibat momen sedangkan yang lainnya memikul tekan.

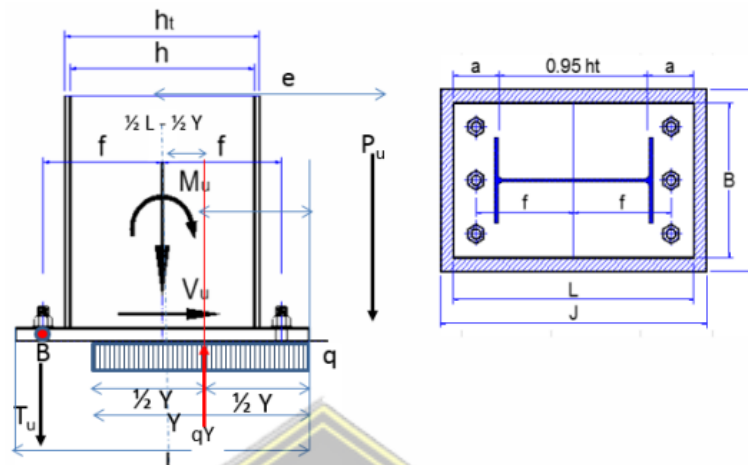


Gambar 2.22. (a) Tampak Depan *Base Plate*; (b) Tampak Atas *Base Plate*
(Sumber : Dewobroto, 2016)

Pada perancangan *base plate* ini terdapat beberapa aspek analisis sebelum memasuki ranah perancangan. Berikut keterangannya

- a. Aspek analisis sambungan
 - Analisis momen
 - Analisis gaya geser
 - Analisis gaya aksial
- b. Aspek perencanaan sambungan
 - Perancangan Dasar
 - Dimensi pelat dasar
 - Perencanaan baut
 - Konfigurasi baut
 - Panjang angkur pelat dasar
 - Jumlah baut
 - Desain sambungan las

Dalam menentukan sebuah tegangan ultimate yang terjadi pada base plate dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut



Gambar 2.23. Distribusi Tegangan Ultimate Base Plate
(Sumber : Dewobroto, 2016)

Dengan persamaaan Eksentrisitas sebagai berikut

$$e = \frac{M_u}{P_u} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan persamaaan Tegangan Beton Ultimate sebagai berikut

$$q = \Phi 0,85 f_c' B \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan persamaaan gaya tarik pada baut sebagai berikut

$$T_u = qY - P_u \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan

- E = Eksentrisitas
- Q = Tegangan
- Pu = Gaya tekan (KN),

$\Phi = 0,9$ (DFBK).

B = Bentang pendek pelat dasar (mm)

2.5.5. Sambungan Baut

Sebuah sambungan baut pada struktur baja berfungsi sebagai penghubung atau pemersatu dari dua komponen batang dengan menggunakan suatu cara tertentu. Baut sendiri adalah sebuah alat sambung dengan badan batang bulat dan berulir drat yang di salah satu ujungnya berbentuk kepala baut (yang umumnya ber betuk segi enam), dan ujung lainnya dipasang mur sebagai pengunci nya.

a. Kekuatan Tarik dan Geser Baut dan Bagian Berulir

Kekuatan tarik dan geser suatu baut memiliki beberapa batas dalam kekutan dan geser nya. Berikut merupakan persamaan dalam menentukan kekeuatan geser dan tarik suatu baut ΦR_n ,

$$R_n = F_n A_b \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan nilai $\Phi = 0,75$ (DFBK)

Keterangan

A_b = luas tubuh baut tak-berulir nominal atau bagian berulir (mm²)

F_n = tegangan tarik nominal F_{nt} atau tegangan geser F_{nv} dari **Tabel 2.14** (MPa).

Berikut merupakan **Tabel 2.10** mengenai kekuatan nominal pengencang pada baut berulir

Tabel 2.10. Kekuatan Nominal Pengencang pada Bagian Berulir Baut

Deskripsi Pengencang	Kekuatan Tarik Nominal, F_{nt} (MPa)	Kekuatan Geser Nominal dalam Sambungan Tipe Tumpu, F_{nt} (MPa)
Baut A307	310	188
Baut grup A (misal A325), bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	620	372
Baut grup A (misal A325), bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	620	457
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	780	457
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	780	579

(Sumber : SNI 1729-2015)

b. Kombinasi Gaya Tarik dan Geser dalam Sambungan Tipe Tumpuan

Kombinasi gaya tarik dan geser pada sambungan tipe tumpuan ini digunakan sebagai nilai efektifitas pada suatu baut yang mampu menahan gaya geser dan tekanan suatu kegagalan geser. Persamaan dari kombinasi ini dapat di tentukan sesuai dibawah ini

$$R_n = F'_{nt} A_b \dots\dots\dots(2.14)$$

Dengan nilai $\Phi = 0,75$ (DFBK)

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\Phi F_{nt}} f_{rv} \leq F_{nt} \text{ (DFBK)} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan:

F'_{nt} = tegangan tarik nominal yang dimodifikasi efek tegangan geser (MPa)

F_{nt} = tegangan tarik nominal dari Tabel 3.25 (MPa)

F_{nv} = tegangan geser dari Tabel 3.25 (MPa), dan

f_{rv} = tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi DFBK (MPa).

Berikut merupakan tabel ukuran lubang nominal baut pada **Tabel 2.11** dibawah ini

Tabel 2.11. Dimensi Lubang Nominal Baut

Diameter Baut (in)	Dimensi Lubang (in)			
	Standar (Diameter)	Uuran-lebih (Diameter)	Slot-Pendek (Lebar x Panjang)	Slot-Panjang (Lebar x Panjang)
1/2	9/16	5/8	9/16 x 11/16	9/16 x 1 1/4
5/8	11/16	13/16	11/16 x 7/8	11/16 x 1 9/16
3/4	13/16	15/16	13/16 x 1	13/16 x 1 7/8
7/8	15/16	1 1/16	15/16 x 1 1/8	15/16 x 2 3/16
1	1 1/16	1 1/4	1 1/16 x 1 5/16	1 1/16 x 2 1/2
≥ 1 1/8	$d + 1/16$	$d + 5/16$	$(d + 1/16) \times (d + 3/8)$	$(d + 1/16) \times (2,5 \times d)$

c. Jarak Tepi Minimum

Berdasarkan SNI 1729-2015 ketentuan jarak tepi minimum merupakan jarak tepi berdasarkan fabrikasi standar dan toleransi hasil suatu pekerjaan. Jarak antara pusat lubang standar ke suatu tepi yang disambung pada setiap arah tidak boleh kurang dari nilai **Tabel 2.12** berikut.

Tabel 2.12. Jarak Tepi Minimum dari Pusat Lubang Tandar ke Tepi Bagian Sambung

Diameter Baut (in)	Jarak Tepi Minimum
1/2	3/4
5/8	7/8
3/4	1
7/8	1 1/8
1	1 1/4
1 1/8	1 1/2
1 1/4	1 5/8
Diatas 1 1/4	1 1/4d

(Sumber : SNI 1729-2015)

d. Spasi Jarak Minimum

Spasi jarak minimum adalah jarak antara as lubang baut satu dengan as lubang baut lainnya. Spasi minimum as baut ini bernilai $s \geq 2,67 d$., tetapi untuk kesempurnaan direkomendasikan memakai nilai $s = 3d$. Untuk jarak bersih antar baut dapat digunakan perhitungan $s \geq d$, dengan d adalah diameter baut.

2.5.6. Perencanaan Pelat Sambung

a. Kekuatan Geser Pelat Sambung

Pada suatu elemen sambung pasti terdapat gaya geser yang timbul akibat dua elemen tersebut, pada dasarnya kekuatan geser harus menemui nilai terendah sesuai dengan nilai maksimal keluluan geser dan keruntuhan geser sesuai dengan persamaan dibawah

$$R_n = 0,60 F_y A_{gv} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan nilai $\Phi = 1,00$ (DFBK)

$$R_n = 0,60 F_u A_{nv} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dengan nilai $\Phi = 0,75$ (DFBK)

Keterangan:

A_{nv} = luas neto yang menahan geser (mm²)

A_{gv} = luas bruto yang menahan geser (mm²)

b. Kekuatan Tumpuan Pada Lubang Baut

Dalam sebuah tumpuan (ΦR_n) lubang lubang baut harus ditentukan kekuatan tumpuan dengan nilai $\Phi = 0,75$ (DFBK). Dengan baut yang disambung dengan as lubang standar, as lubang berlebih, dan slot lubang pendek, kuat arah beban tak menentu maka akan memerlukan perhitungan perhitungan kekutan tumpuan sebagai berikut dibawah.

$$R_n = 1,5lc \ t \ Fu \leq 3,0 \ dt \ Fu \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan:

F_u = kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari material yang disambung (MPa)

d = diameter baut nominal (mm)

lc = jarak bersih, dalam arah dari gaya, antara tepi lubang dan tepi lubang yang berdekatan atau tepi dari material (mm)

t = ketebalan dari material yang disambung (mm)

Untuk sebuah perencanaan sambungan, ketahanan ini perlu mengetahui sejumlah ketahanan tiap baut

c. Lentur Lokal Sayap

Pada sebuah bagian sayap local terdapat sebuah gaya gaya terpusat Tunggal tarik dan gaya terpusat ganda. Kekuatan desain (ΦR_n) untuk batas lentur ditentukan dengan persamaan berikut

$$R_n = 6,25 F_y t_f^2 \quad \dots\dots\dots(2.19)$$

Dengan nilai $\Phi = 0,9$ (DFBK)

Keterangan:

F_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari sayap (MPa)

t_f = ketebalan dari sayap yang dibebani (mm)

2.5.7. Perencanaan Pelat Penerus

a. Persyaratan Pelat Menerus

Suatu balok IWF dilas dan menyambung ke profil I bertampak pada lebar muka kolom akan mengalami beberapa ketentuan mengenai ketebalan nya, berikut merupakan persamaan nya

$$t_{cf} \geq 0,4 \sqrt{1,8 b b_f t b_f \frac{R_{yb} F_{yb}}{R_{yc} F_{yc}}} \quad \dots\dots\dots(2.20)$$

$$t_{cf} \geq \frac{b b_f}{6} \quad \dots\dots\dots(2.21)$$

Nilai $\Phi = 0,90$ (DFBK) menentukan kekuatan maksimum pada setiap panel web untuk menahan batas leleh geser. Berikut merupakan persamaan dalam menentukan kekuatan nominal R_n

Untuk $P_r \leq 0,4 P_c$

$$R_n = 0,6 F_y d_c t_w \dots\dots\dots (2.22)$$

Untuk $P_r > 0,4 P_c$

$$R_n = 0,60 F_y d_c t_w \left(1,4 - \frac{P_r}{P_c}\right) \dots\dots\dots (2.23)$$

Keterangan:

A_g = luas penampang bruto komponen struktur (mm²)

b_{cf} = lebar sayap kolom (mm)

d_b = tinggi balok (mm)

d_c = tinggi kolom (mm)

F_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari badan kolom (MPa)

$P_c = P_y$ (N)

P_r = kekuatan aksial yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK (N)

$P_y = F_y A_g$ (N),

t_{cf} = ketebalan sayap kolom (mm)

t_w = ketebalan badan kolom (mm)

b. Tebal Zona Panel

Ketebalan badan kolom dan pelat pengganda tentunya berbeda beda, masing masing memiliki ketebalan dan digunakan persamaan sebagai berikut

$$t \geq (d_z + w_z)/90 \dots\dots\dots (2.24)$$

Keterangan:

d_z = $d - 2t_f$ dari balok tinggi pada sambungan (mm)

t = tebal badan kolom atau pelat pengganda (mm)

w_z = lebar dari zona panel antara sayap kolom (mm)

2.5.8. Perencanaan Sambungan Las

a. Kekuatan

Kekuatan desain sambungan las (ΦR_n) harus memiliki nilai yang lebih rendah dari kekuatan material dasar. Keruntuhan tarik dan Keruntuhan geser dan kekuatan logam las ditentukan seperti persamaan dibawah ini.

$$R_n = F_{nw} A_{we} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$F_{nw} = 0,60 F_{EXX} \dots\dots\dots (2.26)$$

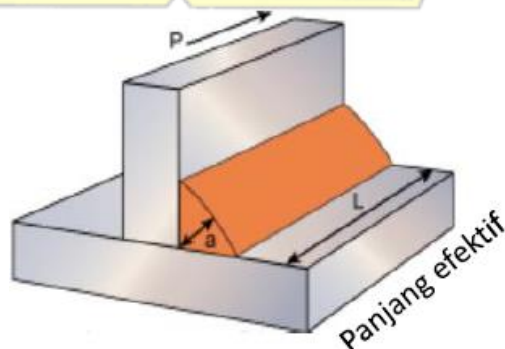
Keterangan:

F_{nw} = tegangan nominal dari logam las (MPa)

A_{we} = luas efektif las (mm²).

b. Luas Efektif Las Sudut

Untuk menentukan luas efektif suatu sudut las perlu mengalikan dengan throat efektif yaitu jarak terpendek (garis tinggi) dari kaki las ke muka las. Peningkatan throat diperbolehkan jika penetrasi terus berada di luar jarak terpendek dari sambungan ujung las ke permukaan las. Sebagaimana ditunjukkan pada ilustrasi gambar dibawah ini



Gambar 2.24. Ilustrasi Panjang Efektif Sudut Las

(Sumber : SNI 7972-2013)

Dimensi ukuran las minimum harus sama dengan ukuran yang berada di table SNI 1729-2020 untuk menerima dan meneruskan gaya yang terjadi. Ketentuan ini harus di terapkan pada las sudut dari las tumpul penetrasi joint-sebagian atau las tumpul penetrasi-joint-lengkap sesuai dengan **Tabel 2.13** tentang ukuran minimum las sudut

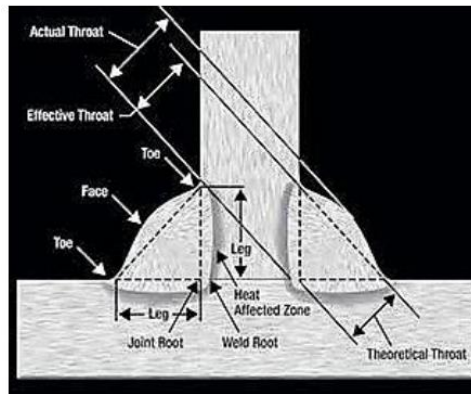
Tabel 2.13. Ukuran Minimum Las Sudut

Ketebalan Material dari Bagian Paling Tipis yang Tersambung (mm)	Ukuran Minimum Las Sudut (mm)
Sampai dengan 6	3
Lebih besar dari 6 sampai dengan 13	5
Lebih besar dari 13 sampai dengan 19	6
Lebih besar dari 19	8

(Sumber : SNI 1729-2015)

Ketentuan ukuran maksimum sudut las harus memenuhi persyaratan sebagai berikut

- Sepanjang tepi material dengan tebal kurang dari 6mm dan tidak melebihi ketebalan material
- Sepanjang tepi material dengan ketebalan 6 mm atau lebih tidak lebih besar dari ketebalan material dikurangi 2 mm, kecuali las yang secara khusus diperlihatkan pada gambar pelaksanaan untuk memperoleh ketebalan *throat*-penuh. Untuk kondisi las yang sudah jadi, jarak antara tepi logam dasar dan ujung kaki las boleh kurang dari 2 mm, bila ukuran las secara jelas dapat diverifikasi.



Gambar 2.25. Throat Efektif

(Sumber : SNI 7860-2015)

c. Las Kritis Perlu

Logam pengisi perlu memenuhi standar sesuai dengan ketentuan pengelasan kritis. AWS A5 menyatakan bahwa parameter mekanis yang tercantum digunakan sebagai klasifikasi seluruh pengelasan sistem gaya seismic gempa sesuai dengan **Tabel 2.14** tentang klasifikasi logam pengisi las sistem penahan gaya seismic gempa

Tabel 2.14. Properti Klasifikasi Logam Pengisi untuk Las Sistem Penahan Gaya Seismik Gempa

Properti	Klasifikasi	
	480 Mpa	550 MPa
Kekuatan Leleh (MPa)	Minimum 400	Minimum 470
Kekuatan Tarik (MPa)	Minimum 480	Minimum 550
Elongasi (%)	Minimum 22	Minimum 19

(Sumber : SNI 7860-2015)

2.5 Kajian Terdahulu

Pada penyusunan sebuah laporan tentunya kami memiliki bantuan bantuan dari sebuah kajian kajian terdahului yang kami jadikan ulasan dan sebuah perbandingan dalam menyusun laporan ini. Berikut merupakan kajian kajian terdahulu yang memiliki studi kasus seperti laporan kami mengenai sebuah sambungan struktur baja pada kolom – balok. Berikut merupakan sebuah kajian kajian terdahulu yang kami gunakan sebagai ulasan dan sebuah perbandingan pada **Tabel 2.15** dibawah ini

Tabel 2.15. Kajian Terdahulu

No.	Penulis	Judul	Hasil Kesimpulan
1	Abdurrahman Habib, 2022	Analisis Perbandingan Sambungan Baja Terprakualifikasi SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) Tipe 4E dengan 4ES Berdasarkan SNI 7972-2020 dan SNI 7972-2013	Terdapat perbedaan nilai momen pada desain rencana sambungan yang diakibatkan oleh nilai R_y dikarenakan nilai SNI 7972-2020 lebih tinggi dari pada SNI 7972-2013 sehingga menghasilkan dimensi pelat ujung dan diameter yang lebih konservatif. Dari perencanaan kedua jenis sambungan yang telah dilakukan, diperoleh dari segi harga, penggunaan sambungan tipe 4ES pada struktur lebih menguntungkan dari penggunaan sambungan tipe 4E dengan selisih harga sebesar 0.335% sejumlah Rp 34,635,431.06
2	Syifaurohman, Wahiddin,	Modifikasi Perencanaan Gedung RSUD	Kesimpulan desain sambungan menggunakan <i>software IdeaStatica</i> dengan 6 macam

	Agus Sugiarto, 2021	Kota Depok Wilayah Timur Dengan Struktur Baja	jenis sambungan, yaitu sambungan 1 pada balok induk-kolom dengan total 132 baut Ø22 dan plat 300 x 1362 x 20 mm, sambungan 2 pada balok induk balok anak dengan total 16 baut Ø22 dan plat 200 x 872 x 12 mm, sambungan 3 pada kolom balok sudut dengan total 56 baut Ø22 dan plat 300 x 1648 x 16 mm, sambungan 4 pada kolom-balok-bracing dengan total 130 baut Ø22 dan plat 300 x 918 x 16 mm, sambungan 5 pada X brace dengan total 18 baut Ø27 dan plat 350 x 300 x 30 mm, dan sambungan 6 (base plate) dengan total 8 <i>anchor</i> Ø30 panjang 300mm dengan pelat 950 x 1300 x 16 mm, beton tumpuan dengan dimensi 1450 x 1800 x 600 mm dan pelat pengaku 200 x 300 x 40 mm.
--	---------------------------	--	---

BAB III

METODE PERANCANGAN

3.1 Pendahuluan

Pada Skripsi / Tugas Akhir , penulis menganalisa mengenai sambungan struktur baja menggunakan tipe 4E , 4ES, dan 8ES . Analisa sambungan struktur bja ini menggunakan *software IDEA Statica*.

Peraturan - peraturan yang digunakan sebagai pedoman pada proses perencanaan sambungan struktur baja :

1. Standar baut mutu tinggi untuk desain struktur bangunan baja (SNI 1729:2020)
2. Tata cara perencanaan struktur baja tahan gempa untuk bangunan (SNI 7971 2013)

3.2 Pengumpulan Data

Dalam proses perancangan dan analisis perhitungan sambungan baja ada beberapa data yang dibutuhkan. Informasi penting dan tambahan tentang struktur diharapkan dapat menampilkan dan membedah hasil Analisa sambungan struktur baja . Berikut contoh data yang dikumpulkan :

a. Pengumpulan Data Primer

- Data ukuran profil baja

b. Pengumpulan Data sekunder

- Data pembebanan sambungan stuktur baja
- Mutu dan material yang dipakai
- Metode analisa sambungan struktur baja
- Standar dan refrensi yang digunakan dalam proses perencanaan

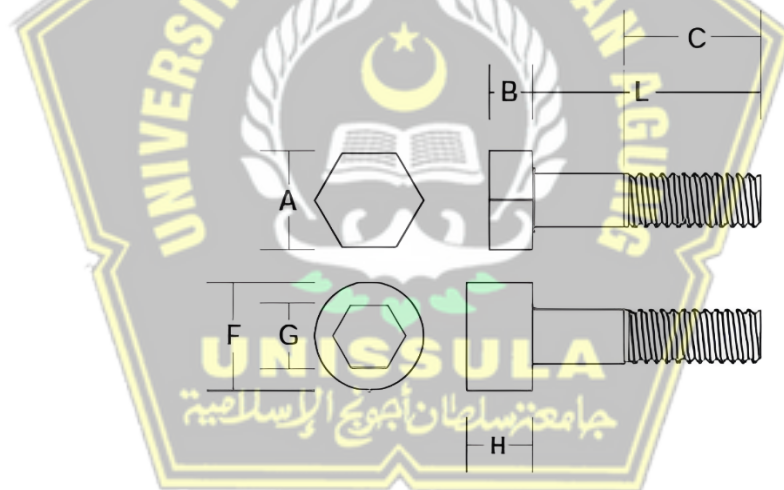
3.3 Rumusan Permasalahan

3.3.3. Perencanaan Desain Sambungan

Perencanaan desain sambungan baja melibatkan beberapa bagian yang mempunyai kegunaannya masing-masing seperti baut dan pelat. Oleh karena itu, bagaimana pengaturan baut dan pelat sehingga dapat mempengaruhi distribusi gaya pada sambungan ?

a. Baut

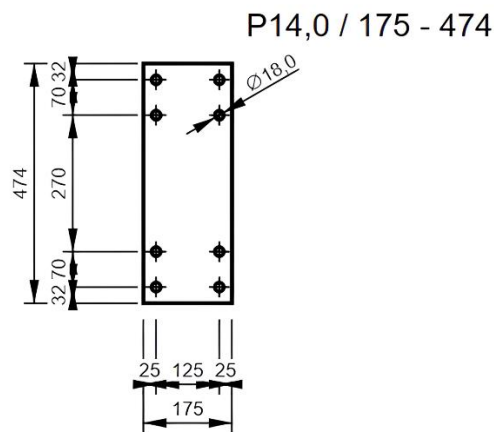
Baut pada sambungan baja merupakan sebuah elemen pengikat yang digunakan untuk menggabungkan antar elemen baja secara mekanis. Baut bekerja dengan mengandalkan gaya gesekan atau gaya tekan pada sambungan. Contoh material baut yang digunakan yaitu ASTM A325. Dalam hal ini menentukan dimensi ukuran baut untuk menahan gaya yang dibebani ?



Gambar 3.1. Dimensi baut

b. Pelat

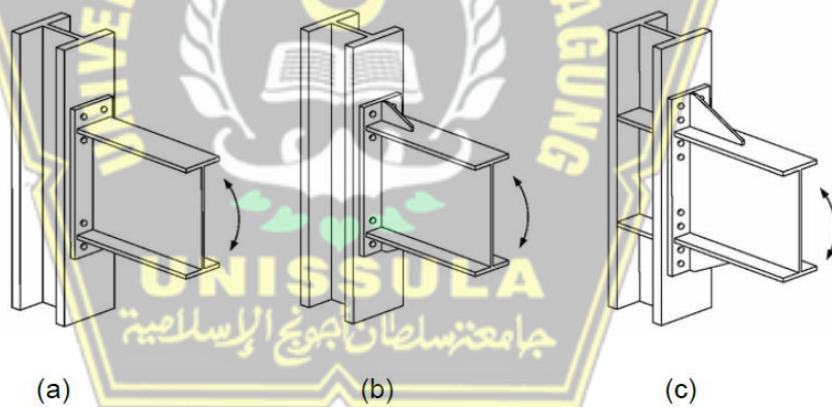
Pelat pada sambungan baja merupakan sebagai alat atau pelat tumpu untuk mendistribusikan gaya dari elemen struktur ke bagian yang lebih luas. Dalam hal ini menentukan dimensi ukuran pelat untuk menahan gaya yang dibebani ?



Gambar 3.2. Contoh Dimensi Pelat

3.3.4. Penyajian Hasil Analisis

Apa perbedaan kapasitas sambungan antara tipe 4E, 4ES, dan 8ES berdasarkan hasil simulasi pada *IDEA Statica* ?



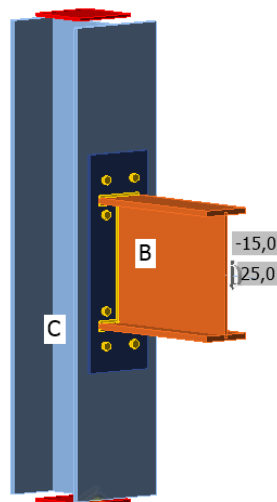
Gambar 3.3. Konfigurasi Sambungan (a) 4E, (b) 4ES, dan (c) 8ES

(Sumber : SNI 7972-2020)

a. Sambungan 4E

Sebuah sambungan baja dengan konfigurasi 4E adalah jenis sambungan yang menggunakan sistem pengelasan dengan penggunaan 4 baut. Dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Pengelasan
- 4 Baut



Gambar 3.4. Sambungan 4E



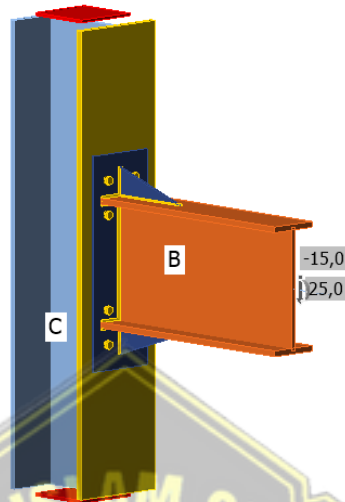
Gambar 3.5. Konfigurasi Pelat dan Baut Sambungan 4E

b. Sambungan 4ES

Sebuah sambungan baja dengan konfigurasi 4ES adalah jenis sambungan yang menggunakan sistem pengelasan dengan penggunaan 4 baut dengan tambahan *Wideners* di atas dan bawah sambungan tanpa menggunakan pengaku atau stiffeners. Dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Pengelasan

- 4 Baut
- Wideners 2 sisi atas dan bawah



Gambar 3.6. Sambungan 4ES

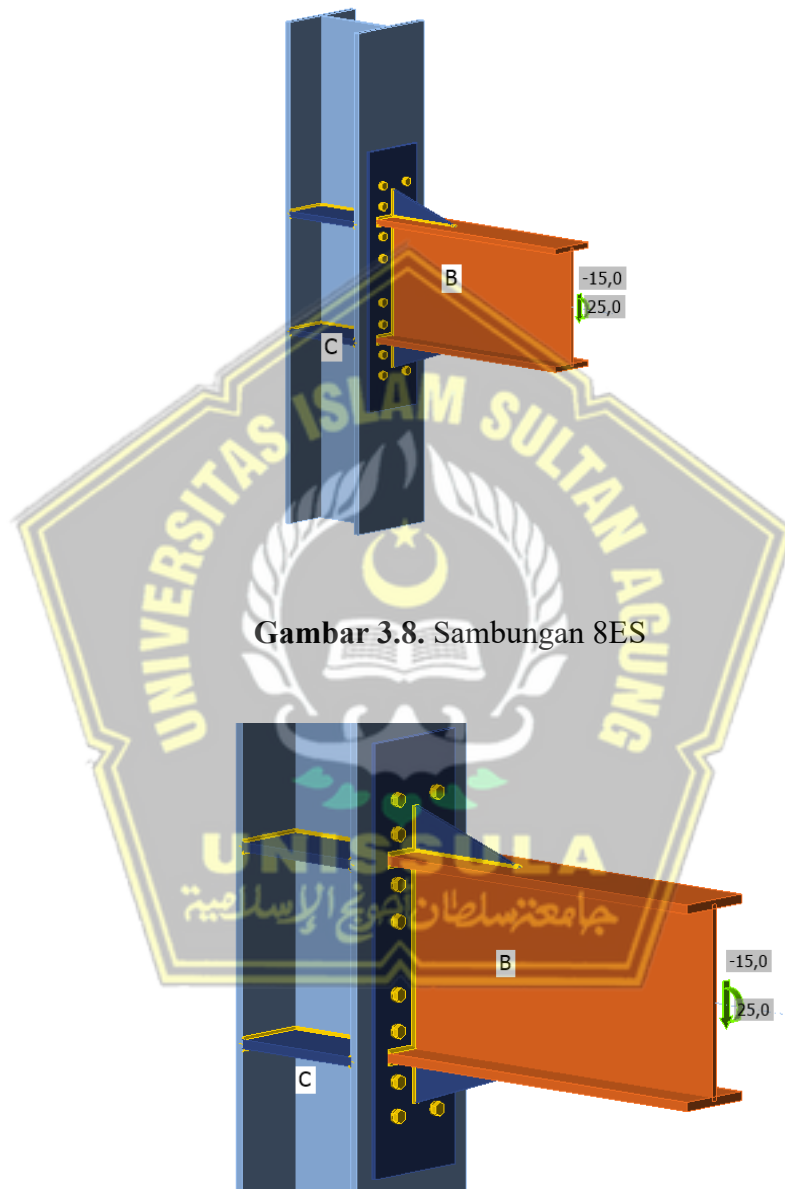


Gambar 3.7. Konfigurasi Pelat, Baut, dan *Wideners* Sambungan 4ES

c. Sambungan 8ES

Sebuah sambungan baja dengan konfigurasi 8ES adalah jenis sambungan yang menggunakan sistem pengelasan dengan penggunaan 8 baut dengan tambahan *Wideners* di atas dan bawah sambungan serta menggunakan pengaku (*stiffeners*) di profil kolomnya. Dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Pengelasan
- 4 Baut
- Wideners 2 sisi atas dan bawah
- Pengaku (*Stiffeners*)



Gambar 3.8. Sambungan 8ES

Gambar 3.9. Konfigurasi Pelat Baut, *Wideners*, dan *Stiffeners*
Sambungan 8ES

3.4 Tahap Perencanaan

Untuk menganalisa sambungan struktur baja menggunakan *software IDEA Statica* dilakukan beberapa langkah, yaitu sebagai berikut :

3.4.1. Pemodelan Sambungan Baja Tipe 4ES

Dalam tampilan awal *software IDEA Statica* terdapat tab menu utama di bagian atas yaitu baja , beton , dan bim yang digunakan untuk memilih jenis material yang digunakan . Dalam Tampilan awal juga terdapat beberapa fitur utama diantaranya;

- *Connection* = digunakan untuk mendesain dan menganalisa sambungan pada struktur baja atau beton.
- *Member* = digunakan untuk mendesain dan menganalisa elemen struktural individu tertentu
- *Checkbot* = digunakan untuk pengecekan pada desain struktural yang telah dibuat.

Tahapan dalam permodelan sambungan struktur baja ke dalam *software IDEA Statica* V21.1.1 adalah sebagai berikut :

a. Penentuan Material Sambungan

Dalam konteks ini, karena kita akan menganalisis fitur sambungan pada baja, pilih fitur "*Steel*" pada menu utama. Hal ini dilakukan karena material yang digunakan adalah baja. Setelah itu, pilih fitur "*Connection*" untuk memulai analisis sambungan.



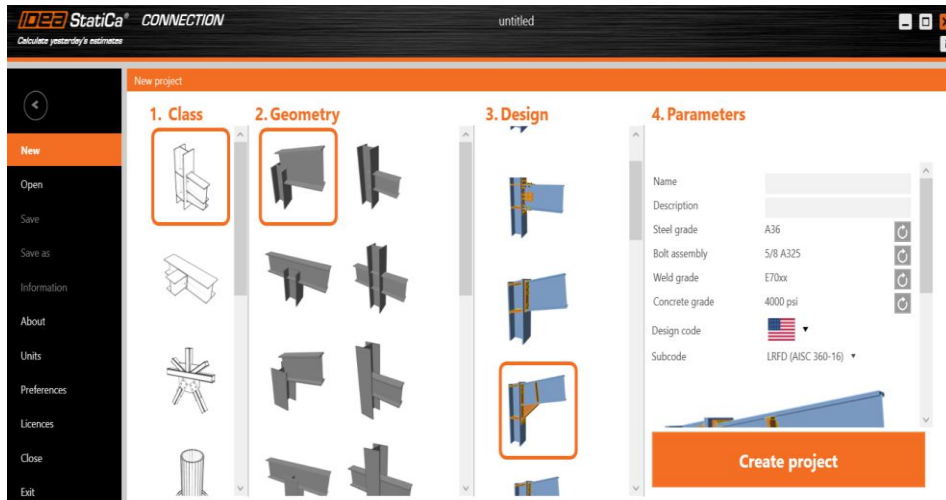
Gambar 3.10. Tampilan Awal Software *IDEA Statica*

b. Pengaturan Tipe dan Desain Sambungan

Dalam langkah ini kita dapat memilih dan membuat desain yang kita inginkan, dikarenakan sambungan yang kita analisa tipe 4E,4ES dan 8ES oleh karena itu memilih tipe yang akan kita Analisa. Sedangkan parameter yang dipakai adalah sebagai berikut :

Kelas Baja	= A36
Spesifikasi Baut	= A325
Mutu Las	= E70xx
Standarisasi	= LRFD (AISC 360-16)

Oleh karena itu setting pada menu parameter sesuai dengan ketentuan yang akan di aplikasikan pada sambungan baja.

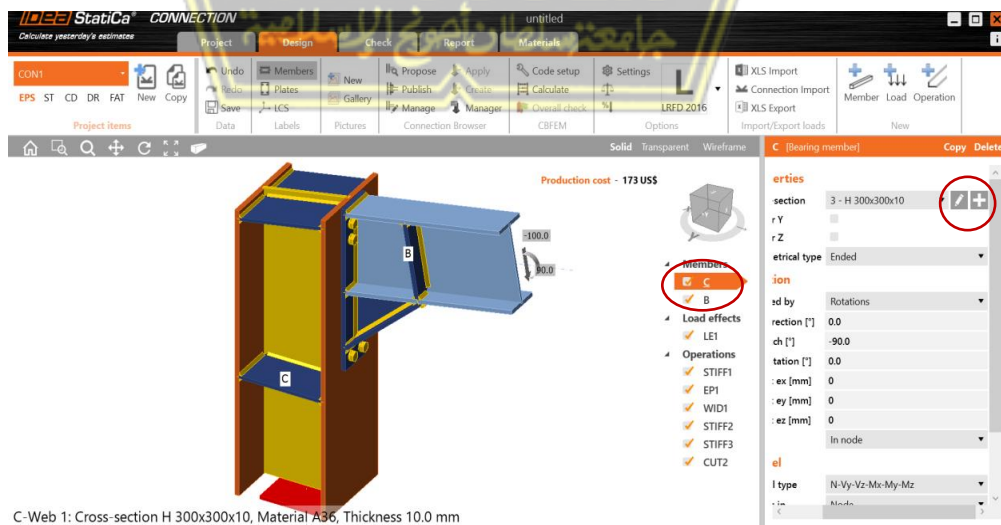


Gambar 3.11. Menentukan Desain Sambungan Baja

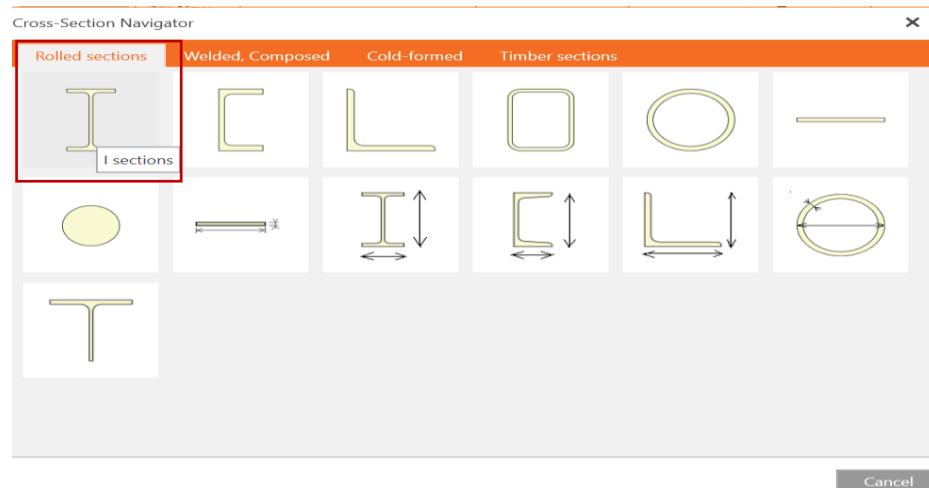
c. Pengaturan Kolom

Untuk mengedit kolom:

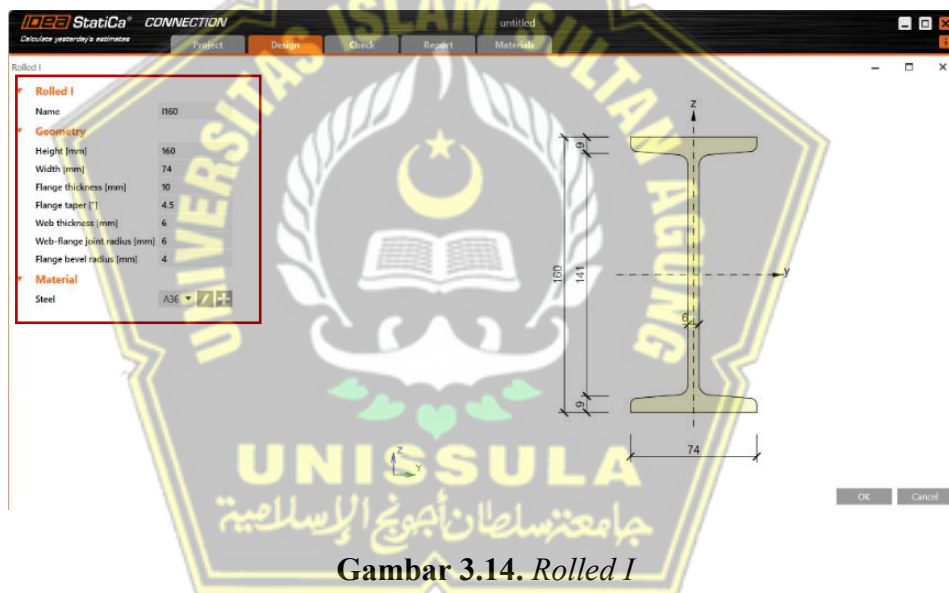
- Pilih *Member C* → *Properties* → *Add New*.
- Pilih *Cross section* sesuai dengan desain kolom baja *I section* pada menu *Rolled Section*.
- Masukan ukuran baja yang digunakan pada fitur geometri pada menu *Rolled I*.



Gambar 3.12. Menu Utama Desain *IDEA Statica*



Gambar 3.13. Cross Section Navigator

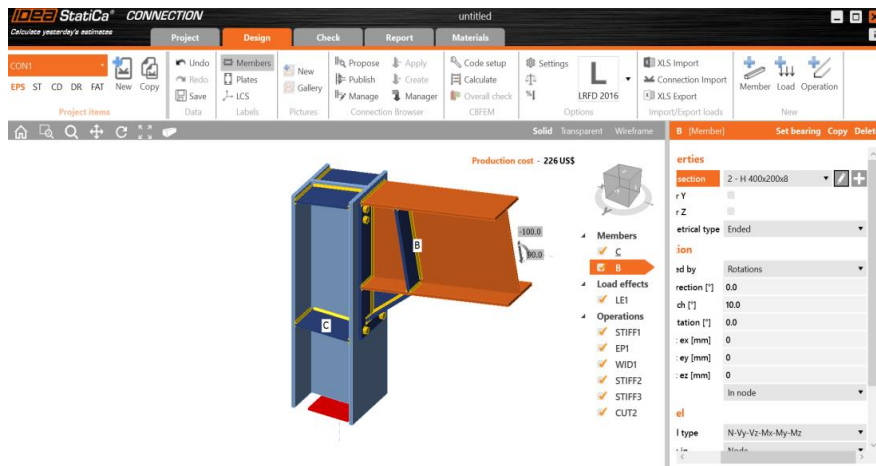


Gambar 3.14. Rolled I

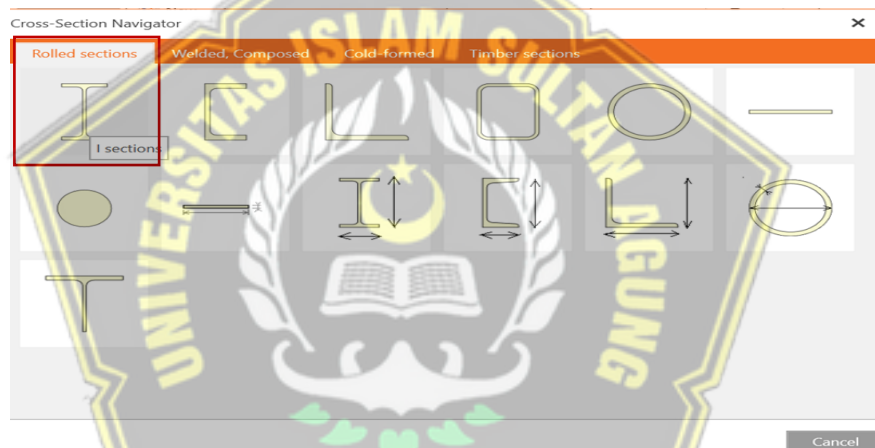
d. Pengaturan Balok

Untuk mengedit balok:

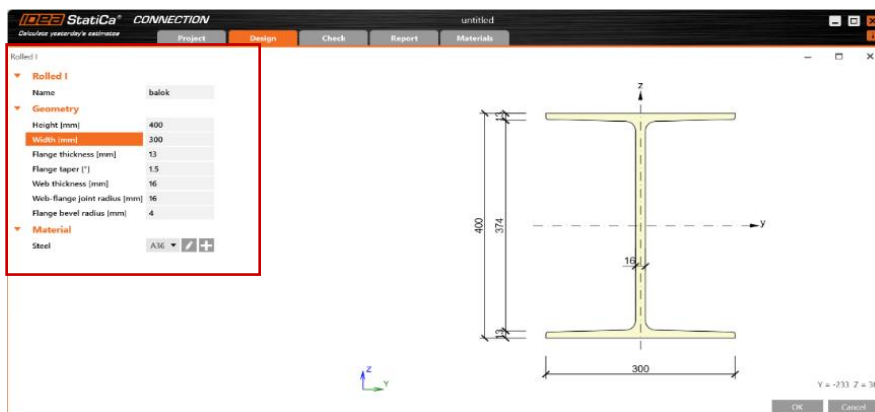
- Pilih member B → Properties → Add New.
- Pilih Cross section sesuai desain baja.
- Masukkan ukuran balok baja yang digunakan pada fitur geometri pada menu Rolled I .



Gambar 3.15. Menu Utama Desain *IDEA Statica*



Gambar 3.16. *Cross Section Navigator*

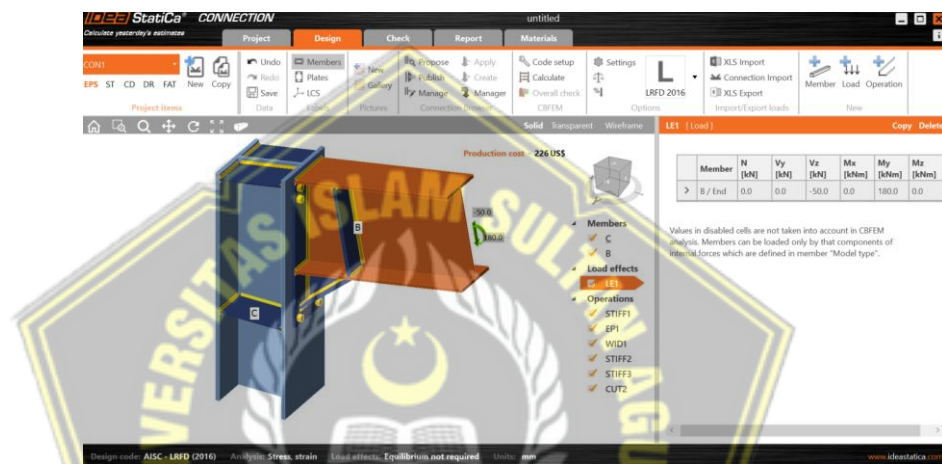


Gambar 3.17. Rolled I

e. Memasukan Beban

Perangkat lunak *IDEA Statica* memungkinkan pengguna memasukkan berbagai jenis beban yang ditanggung oleh struktur baja. Beban yang dapat ditambahkan meliputi gaya normal, gaya geser, dan momen, yang dimaksudkan untuk menganalisis daya dukung sambungan baja.

Untuk memasukkan beban pada sambungan baja, klik ikon beban pilih *load effect* masukkan beban sesuai dengan kondisi sambungan.

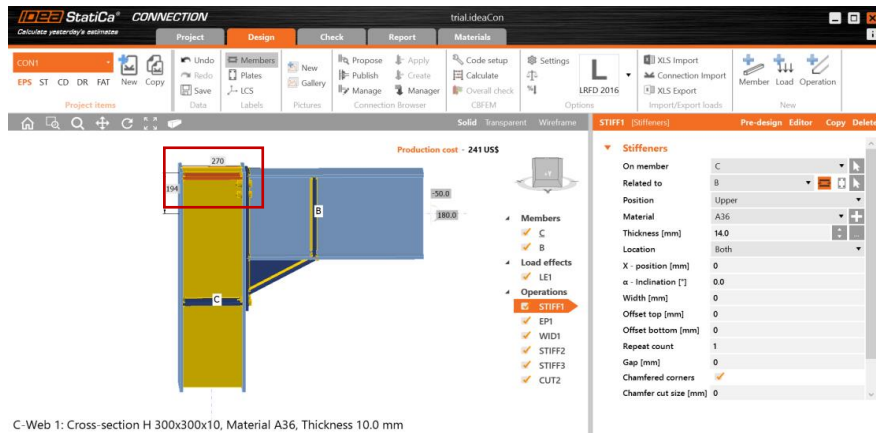


Gambar 3.18. Load Effect

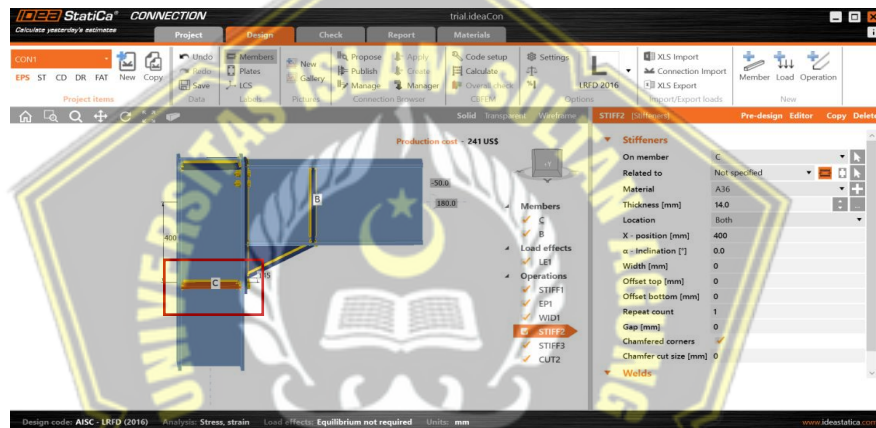
f. Desain spesifik sambungan

a. Stiffener

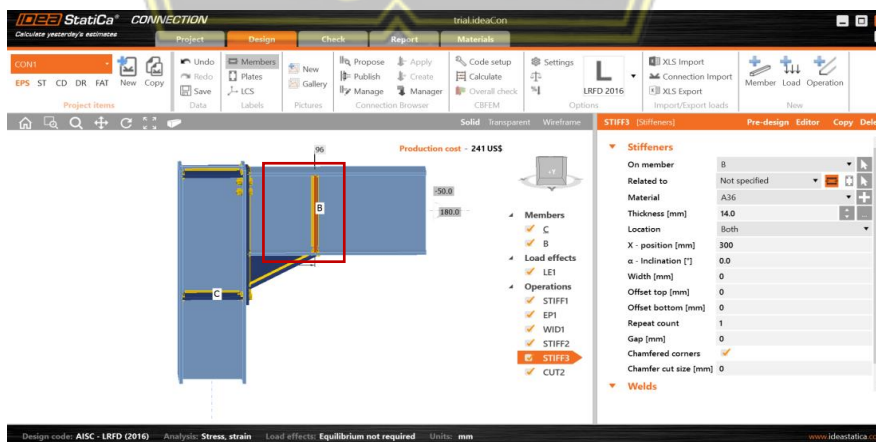
Stiffener merupakan bantalan atau pelat penguat yang digunakan pada titik tumpu balok ketika balok tidak dapat menahan beban terpusat atau gaya reaksi ujung. Pilih opsi “*STIFF*” pada menu “*operation*” → pilih bahan yang digunakan pada opsi *material* pada menu *stiffener* aturlah ketebalan *stiffeners* pada opsi *thickness* pada menu *stiffeners*.



Gambar 3.19. Stiffener 1



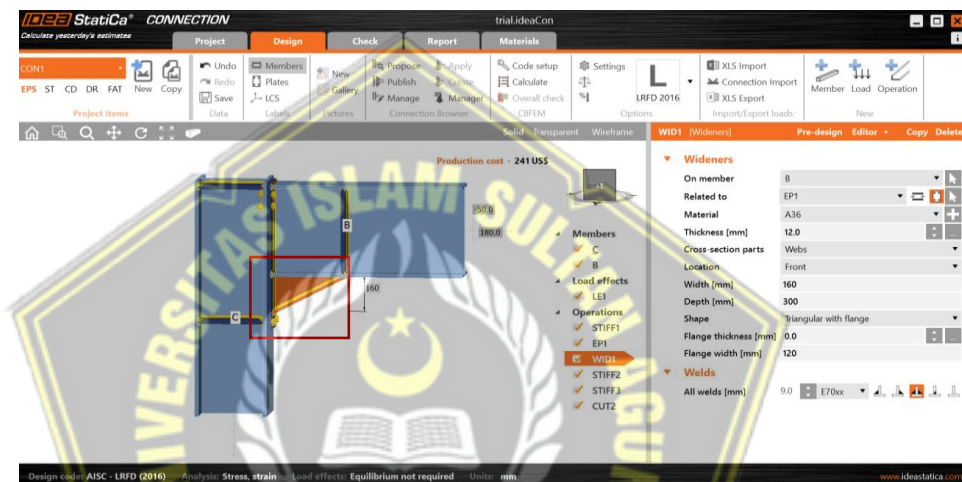
Gambar 3.20. Stiffener 2



Gambar 3.21. Stiffener 3

b. Wideners

Menambahkan *wideners* untuk memperluas permukaan sambungan dan memperkuat ikatan. Pilih opsi “*WID*” pada menu “*operation*” → pilih bahan yang digunakan pada opsi *material* pada menu *wideners* → aturlah ketebalan *stiffeners* pada opsi *thickness* pada menu *stiffeners* → pilih opsi *webs* pada menu *cross section parts* → pilih opsi *front* pada menu *location* → aturlah ukuran *wideners* pada menu *width* dan *depth*.

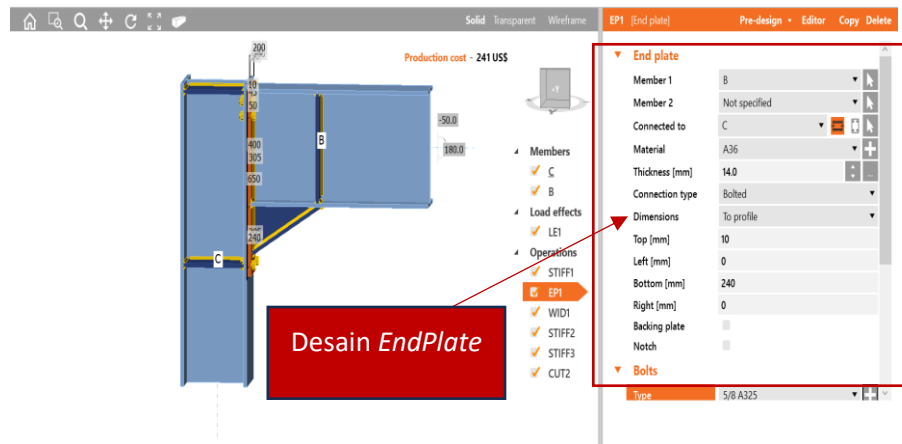


Gambar 3.22. *Wideners*

c. End plate

Untuk bagian atau langkah ini kita dapat mendesain *endplate* dan juga letak baut atau ukuran baut yang akan kita pakai. Langkah – Langkah dalam mendesain *endplate* dengan urut sebagai berikut;

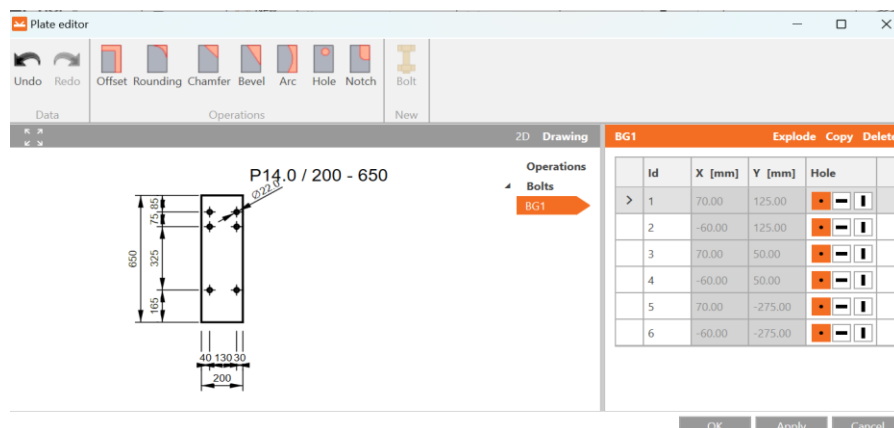
Pilih opsi “*EP*” pada menu “*operation*” → pilih bahan yang digunakan pada opsi *material* pada menu *End Plate* → aturlah ketebalan *End Plate* pada opsi *thickness* pada menu *End Plate* → pilih opsi *Bolted* pada menu *Connection Type* → pilih opsi *To profile* pada menu *Dimension* agar plat baja dapat sejajar → aturlah ukuran plat pada menu *top*, *left*, *bottom*, dan *right* → pilih tipe baut yang digunakan pada menu *bolt* → Sesuaikan tata letak baut melalui menu “*Bolts*”.



Gambar 3.23. Desain EndPlate



Gambar 3.24. Desain Baut



Gambar 3.25. Detail Tata Letak Desain Baut

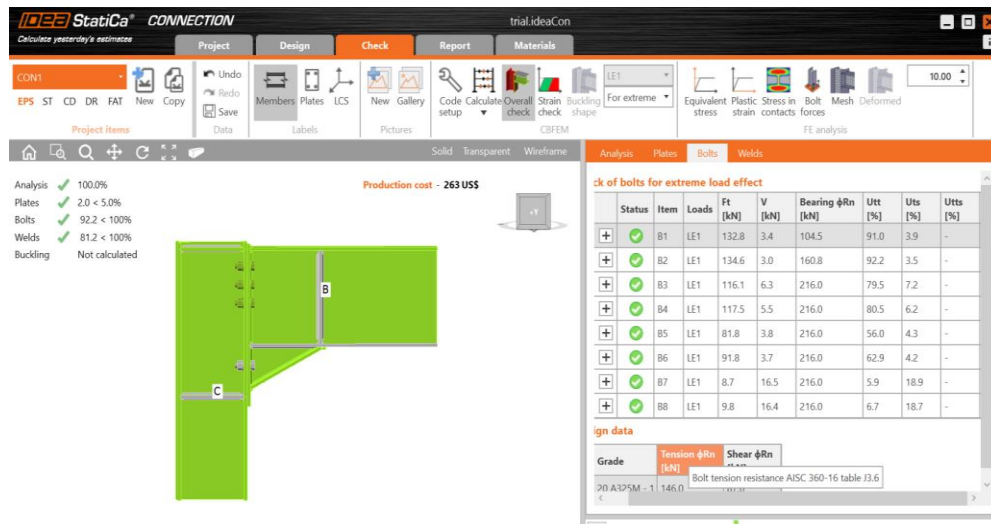
g. Analisa Desain Sambungan

Pilih menu desain → CBFEM → *Calculate* untuk melakukan analisis sambungan.
Analisis ini mencakup:

- Hasil Analisa Keseluruhan
Memberikan hasil perhitungan keseluruhan dari sambungan yang dirancang.
- Hasil Analisa *Plate*
Mengevaluasi ketahanan dan kapasitas dari *plate* pada sambungan.
- Hasil Analisa Baut
Menguji kekuatan baut dalam sambungan untuk memastikan kestabilan sambungan beban yang di terima.



Gambar 3.26. Analisa Keseluruhan



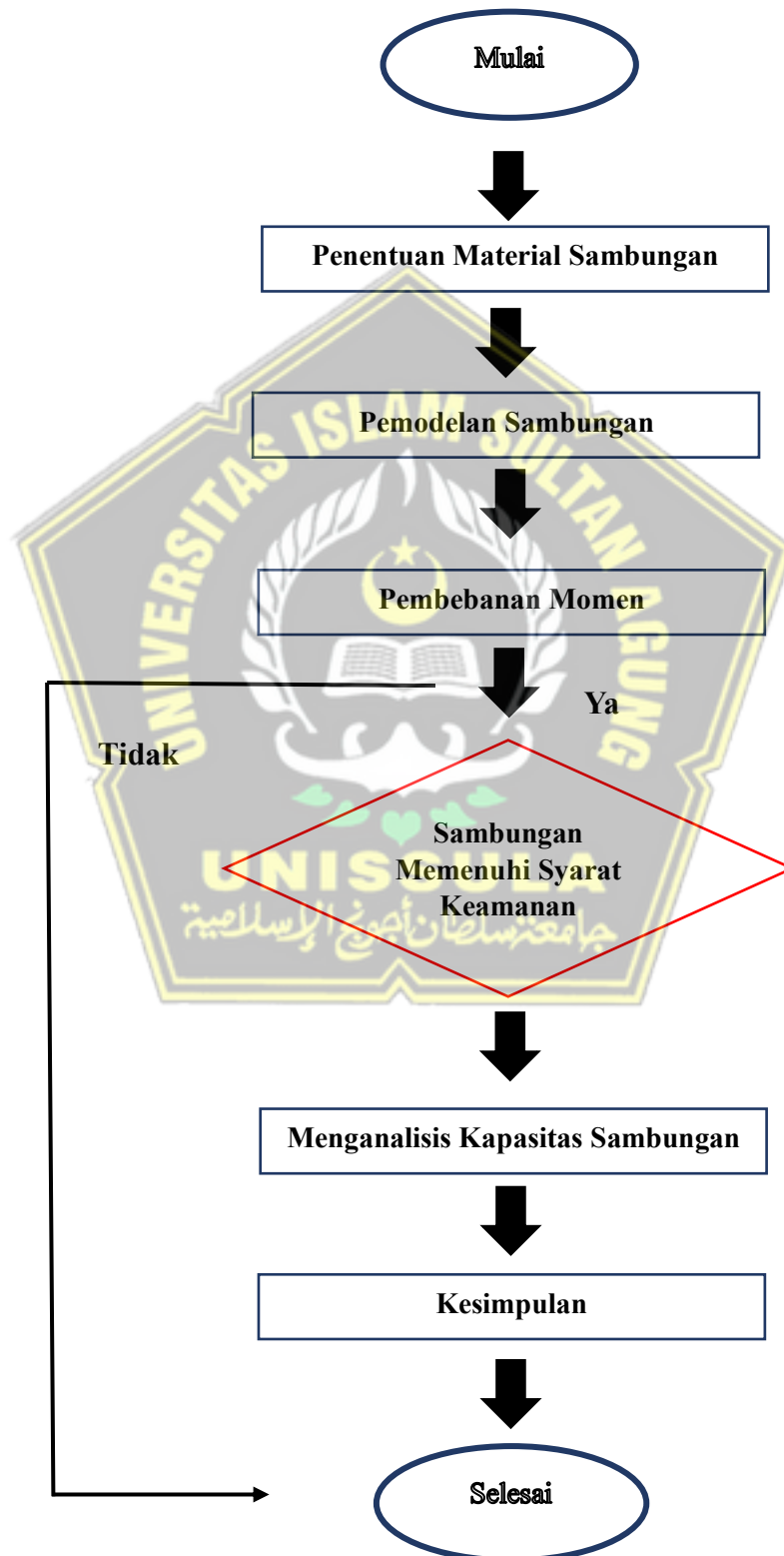
Gambar 3.27. Hasil Analisa Baut



Gambar 3.28. Hasil Analisa Pelat

3.5 Bagan Alir

Bagan alir digunakan sebagai petunjuk arah bagaimana penyusunan tugas akhir ini dilakukan. Bagan alir yang digunakan dalam perancangan sambungan struktur baja tersaji sesuai berikut :

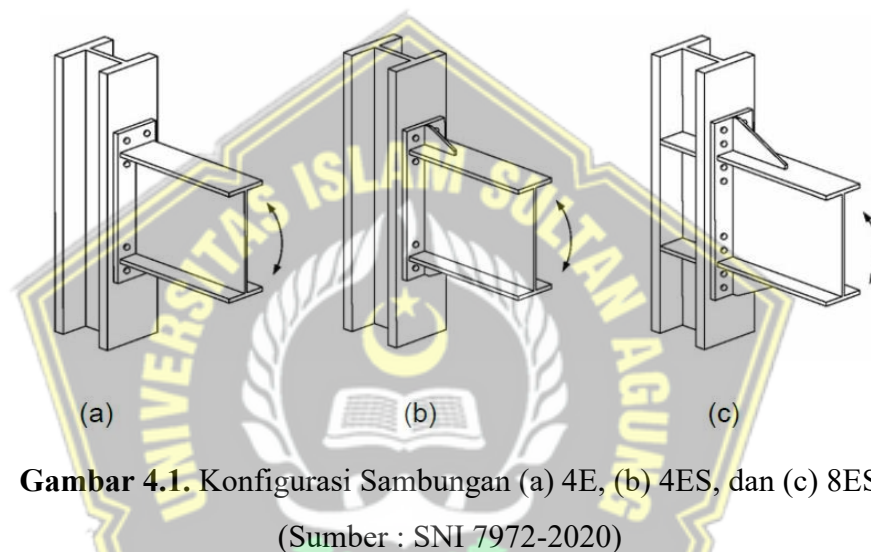


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data dan Jenis Sambungan

Dalam proses perancangan dan analisis perhitungan sambungan baja yang bersumber pada SNI 7972-2020 tentang sambungan ter-prakualifikasi, terdapat 3 jenis tipe sambungan yang tersedia seperti dibawah,



Gambar 4.1. Konfigurasi Sambungan (a) 4E, (b) 4ES, dan (c) 8ES
(Sumber : SNI 7972-2020)

d. Sambungan 4E

Sebuah sambungan baja dengan konfigurasi 4E adalah jenis sambungan yang menggunakan sistem pengelasan dengan penggunaan 4 baut. Dengan spesifikasi sebagai berikut :

- *EndPlate*
- 4 Baut
- Pengelasan

e. Sambungan 4ES

Sebuah sambungan baja dengan konfigurasi 4ES adalah jenis sambungan yang menggunakan sistem pengelasan dengan penggunaan 4 baut dengan tambahan

Wideners di atas dan bawah sambungan tanpa menggunakan pengaku atau stiffeners. Dengan spesifikasi sebagai berikut :

- 4 Baut
- *Endplate*
- *Wideners* 2 sisi atas dan bawah
- Pengelasan

f. Sambungan 8ES

Sebuah sambungan baja dengan konfigurasi 8ES adalah jenis sambungan yang menggunakan sistem pengelasan dengan penggunaan 8 baut dengan tambahan *Wideners* di atas dan bawah sambungan serta menggunakan pengaku (*stiffeners*) di profil kolomnya. Dengan spesifikasi sebagai berikut :

- 4 Baut
- *Endplate*
- *Wideners* 2 sisi atas dan bawah
- Pengaku (*Stiffners*)
- Pengelasan

4.2 Data dan Material Profil

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

4.2.1. Data Material Profil Kolom

- Kolom HWF 350 x 350 x 12 x 19

a. Data Properties

Profil Balok		= HWF 350 x 350 x 12 x 19
Mutu Baja		= ASTM A36/36M
Modulus Elastisitas	(<i>E</i>)	= 200.000 MPa
Tegangan Putus Minimum	(<i>fu</i>)	= 400 MPa
Tegangan Leleh Minimum	(<i>fy</i>)	= 250 MPa
Panjang Badan	(<i>H</i>)	= 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	(i_x)	= 152 mm
Radius Girasi Y	(i_y)	= 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

b. Klasifikasi Penampang

Elemen Sayap

$$\lambda = \frac{B}{t_f}$$

$$= \frac{350}{19}$$

$$= 9,21 \text{ mm}$$

$$\lambda_{hd} = 0,32 \sqrt{\frac{E}{R_y \times F_y}}$$

$$= 0,32 \sqrt{\frac{200000}{1,1 \times 250}}$$

$$= 8,63 \text{ mm}$$

Elemen Badan

$$\lambda = \frac{H}{t_w}$$

$$= \frac{350}{10}$$

$$= 35 \text{ mm}$$

Rasio gaya aksial terfaktor terhadap kuat aksial terekspektasi, Nilai C_a di asumsikan untuk $C_a \leq 0,114$

$$\lambda_{hd} = 2,45 \sqrt{\frac{E}{R_y \times F_y}} \times (1 - 1,104.C_a)$$

Nilai $C_a \leq 0,114$

$$\begin{aligned} C_a &= \frac{8819,2118}{0,9 \times A_g \times F_y} \\ &= \frac{8819,2118}{0,9 \times 17390 \times 250} \\ &= 0,002 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{hd} &= 0,88 \sqrt{\frac{E}{R_y \times F_y}} \times (2,68 - 0,93C_a) \\ &= 0,88 \sqrt{\frac{200000}{1,1 \times 250}} \times (1 - 1,04.(0,002)) \\ &= 23,68 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena $\lambda < \lambda_{hd}$ dan $\lambda < \lambda_d$ maka digolongkan profil memiliki daktilitas yang cukup tinggi dan memenuhi syarat untuk dipakai

c. Periksa Kapasitas Lentur Kolom

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 R_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 1,76 \times 75,1 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 3738,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena $L < L_p$ maka, ($M_n = M_p$)

$$\begin{aligned} M_{nx} &= F_y \times Z_x \\ &= 250 \times 2493200 \\ &= 623300000 \text{ mm}^3 \\ &= 623,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ny} &= F_y \times Z_y \\
 &= 250 \times 1175000 \\
 &= 293,750000 \text{ mm}^3 \\
 &= 293,75 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi M_{nx} &= 0,9 \times 623,3 \\
 &= 560,97 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi M_{ny} &= 0,9 \times 293,75 \\
 &= 264,38 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

d. Periksa Kapasitas Aksial Kolom

- Menentukan Panjang Efektif Kolom

Nilai K_x dan K_y

$$\begin{aligned}
 \lambda_x &= \frac{K_x \cdot L_x}{R_x} \\
 &= \frac{1 \times 3500}{131} \\
 &= 26,72 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_y &= \frac{K_y \cdot L_y}{R_x} \\
 &= \frac{1 \times 3500}{75,1} \\
 &= 46,60 \text{ mm} \quad (\text{sumbu lemah})
 \end{aligned}$$

- Periksa Tegangan Lentur Tekuk

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} =$$

$$4,71 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 133,22 \text{ mm}$$

Karena $\frac{KL}{r} < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$, maka Profil HWF 350 x 350 x 11 x 19 dapat dihitung

menggunakan persamaan,

$$F_{cr} = \left(0,658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$$

Dengan,

$$\begin{aligned} F_e &= \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda y^2} \\ &= \frac{3,14^2 \cdot 200000}{46,60^2} = 908,07 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left(0,658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y \\ &= \left(0,658 \frac{250}{908,07}\right) 250 \\ &= 45,29 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

e. Kuat Tekan Nominal Kolom

$$\begin{aligned} P_n &= F_{cr} \times A_g \\ &= 45,29 \times 17390 \\ &= 787.593,1 \text{ mm}^2 \\ \Phi P_n &= 0,9 \times 787.593,1 \\ &= 708.833,79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

4.2.2. Data Material Profil Balok

➤ Balok (IWF 350 x 175 x 7 x 11)

a. Data Properties

Profil Balok	=	IWF 350 x 175 x 7 x 11
Mutu Baja	=	ASTM A36/36M
Modulus Elastisitas (E)	=	200.000 MPa
Tegangan Putus Minimum (fu)	=	400 MPa
Tegangan Leleh Minimum (fy)	=	250 MPa
Panjang Badan (H)	=	350 mm
Panjang Sayap (B)	=	175 mm
Tebal Badan (tw)	=	7 mm
Tebal Sayap (tf)	=	11 mm
Luas Penampang (Ag)	=	6314 mm ²
Momen Inersia X (Ix)	=	136000 mm ⁴
Momen Inersia Y (Iy)	=	9840000 mm ⁴
Radius Girasi X (ix)	=	1468 mm

Radius Girasi Y	(iy)	= 395 mm
Modulus Plastis X	(Sx)	= 775000 mm ³
Modulus Plastis Y	(Sy)	= 112000 mm ³
Modulus Elastis X	(Zx)	= 840847 mm ³
Modulus Elastis Y	(Zy)	= 172259 mm ³

b. Klasifikasi Penampang

Elemen Sayap

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{b}{t_f} \\ &= \frac{175/2}{9} \\ &= 9,72 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{hd} &= 0,32 \sqrt{\frac{E}{R_y \times F_y}} \\ &= 0,32 \sqrt{\frac{200000}{1,1 \times 250}} \\ &= 8,63 \text{ mm}\end{aligned}$$

Elemen Badan

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{h}{t_w} \\ &= \frac{350}{7} \\ &= 35,71 \text{ mm}\end{aligned}$$

Nilai C_a di asumsikan untuk $C_a \leq 0,114$

$$\lambda_{hd} = 2,57 \sqrt{\frac{E}{R_y \times F_y}} \times (1 - 1,104.C_a)$$

$$\lambda_w = 2,45 \sqrt{\frac{200000}{1,1 \times 250}}$$

$$= 66,07$$

Karena $\lambda < \lambda_{hd}$ dan $\lambda < \lambda_w$ maka digolongkan profil memiliki daktilitas yang cukup tinggi dan memenuhi syarat untuk dipakai

c. Pengaruh Tekuk Lateral

$$L_b = \frac{6000}{3}$$
$$= 2000 \text{ mm}$$

$$L_{b \text{ maks}} = 0,095 \times R_y \times \frac{E}{R_y \times F_y}$$
$$= 0,095 \times 27,9 \times \frac{200000}{1,1 \times 250}$$
$$= 1927,64 \text{ mm}$$

Dengan demikian Balok IWF 350 x 175 x 7 x 11 tidak terjadi permasalahan stabilitas dikarenakan $L_{b \text{ maks}} \geq L_b$

d. Periksa Kuat Lentur Balok

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

e. Periksa Kuat Geser Balok

$$\lambda = \frac{h}{tw}$$
$$= \frac{350}{7}$$
$$= 50$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$$
$$= 5 + \frac{5}{\left(\frac{6000}{350}\right)^2}$$
$$= 5,01$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_n \times E}{F_y}} = x$$

$$1,10 \sqrt{\frac{5,01 \times 200000}{250}} = 69,6$$

Karena $\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{Kn \times E}{Fy}}$ maka,

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



4.3 Analisa Variasi Dimensi Baut dan Pelat

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.

Disini kami melakukan percobaan dalam variasi dan analisis terhadap baut dan pelat menggunakan aplikasi software *IDEA Statica* untuk mengetahui kekuatan serta kapasitas sambungan baja itu sendiri

4.3.1. Variasi Dimensi Baut dan Pelat Sambungan 4E

Pada sambungan 2 profil baja kolom dan balok kali ini menggunakan tipe sambungan 4E sesuai dengan SNI 7972-2020 tentang sambungan baja terpraktualifikasi dengan spesifikasi gambar dan data tabel dibawah ini



Gambar 4.2. Desain Pemodelan Sambungan 4E

Studi analisis variasi dimensi baut, pelat, dan las sambungan 4E ini kami tentukan melalui 2 percobaan yaitu dengan variasi dimensi ukuran baut dan variasi dimensi ketebalan pelat. Terdapat beberapa variasi ukuran diameter baut dan ketebalan pelat dengan data sesuai dengan **Tabel 4.1** dan **Tabel 4.2** di bawah;

Tabel 4.1. Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E

No.	Tipe Sambungan	Baut	Pelat
1	4E (HWF 350.350.12.19 dan IWF 350.175.7.11)	D16	14 mm
		D22	14 mm
		D20	14 mm

Tabel 4.2. Variasi Dimensi Pelat Sambungan 4E

No.	Tipe Sambungan	Baut	Pelat
1	4E (HWF 350.350.12.19 dan IWF 350.175.7.11)	D20	12 mm
		D20	16 mm
		D20	14 mm

Selanjutnya setelah menentukan data ukuran dimensi kami melakukan analisis variasi sambungan dengan mengolah melalui aplikasi *IDEA Statica* untuk mengetahui kapasitas yang terjadi pada sambungan 4E Ketika menggunakan dimensi diameter baut dan pelat di tiap percobaannya

Data momen dan geser diperoleh dari kapasitas maksimal momen plastis profil balok dengan hasil sebagai berikut;

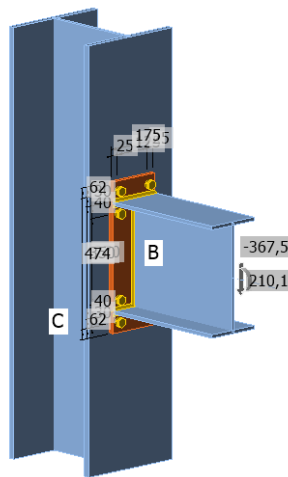
$$M_p = 210,21175 \text{ kN.m}$$

$$V_n = 367,5 \text{ kN}$$

a. Analisa Variasi Dimensi Baut

1) Percobaan 1 (Baut D16 dan Pelat 14 mm)

Percobaan variasi dimensi baut pertama ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D16 mm dengan ketebalan pelat setebal 14 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

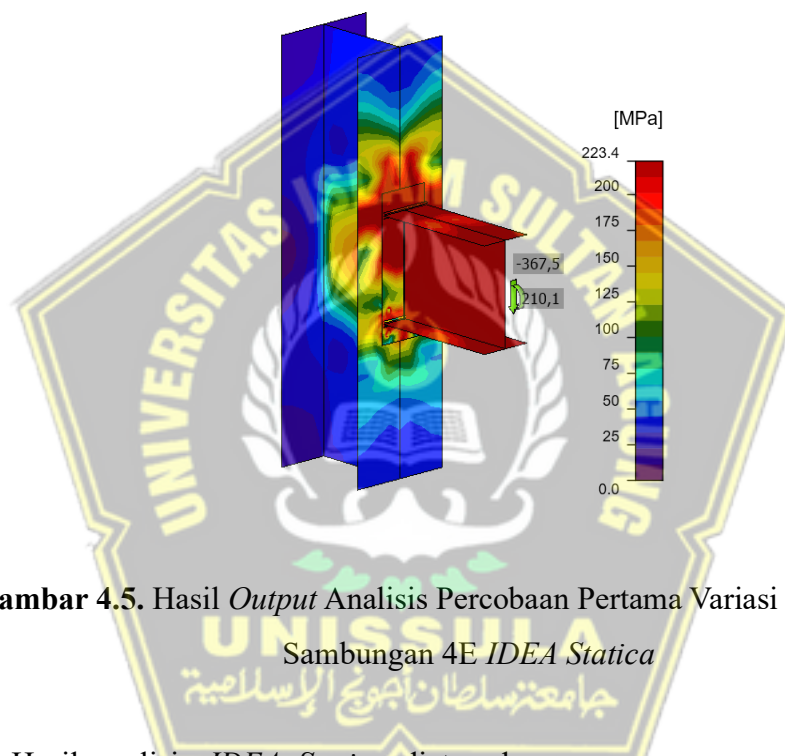
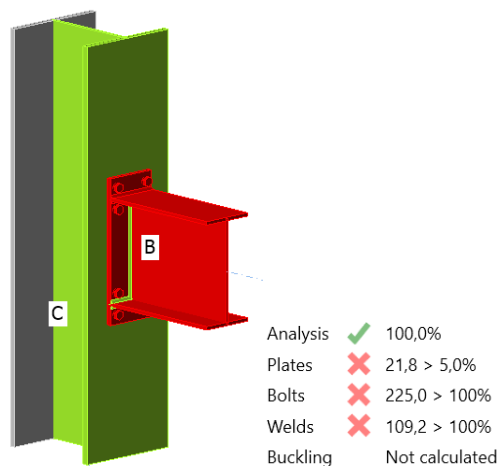


Gambar 4.3. Pemodelan Percobaan Pertama Variasi Dimensi Baut
Sambungan 4E di *IDEA Statica*



Gambar 4.4. Konfigurasi *Endplate* Percobaan Pertama Variasi Dimensi Baut
Sambungan 4E

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4E terprakualifikasi dengan ketentuan $M_p = 210,21175 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_n = 367,5 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



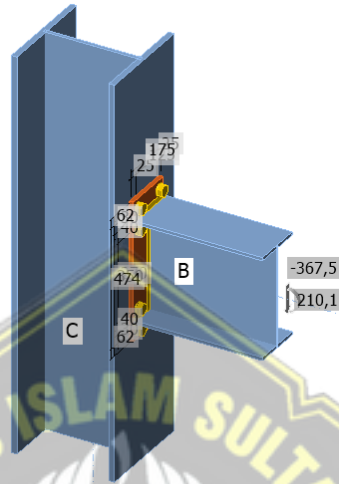
Gambar 4.5. Hasil *Output* Analisis Percobaan Pertama Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4E dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D16 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

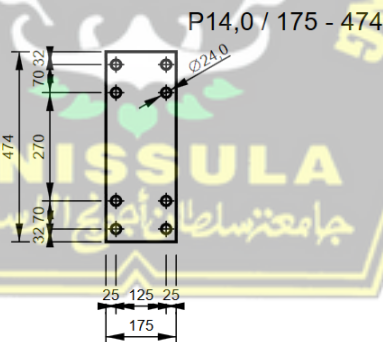
Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 8ES balok-kolom tersebut dinyatakan **Sambungan Tidak Dapat Menahan Kekuatan Maksimal Kapsaitas Plastis Profil Balok** terhadap kekuatan tarik dan geser yang terjadi.

2) Percobaan 2 (Baut D22 dan Pelat 14 mm)

Percobaan variasi dimensi baut kedua ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D22 mm dengan ketebalan pelat setebal 14 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

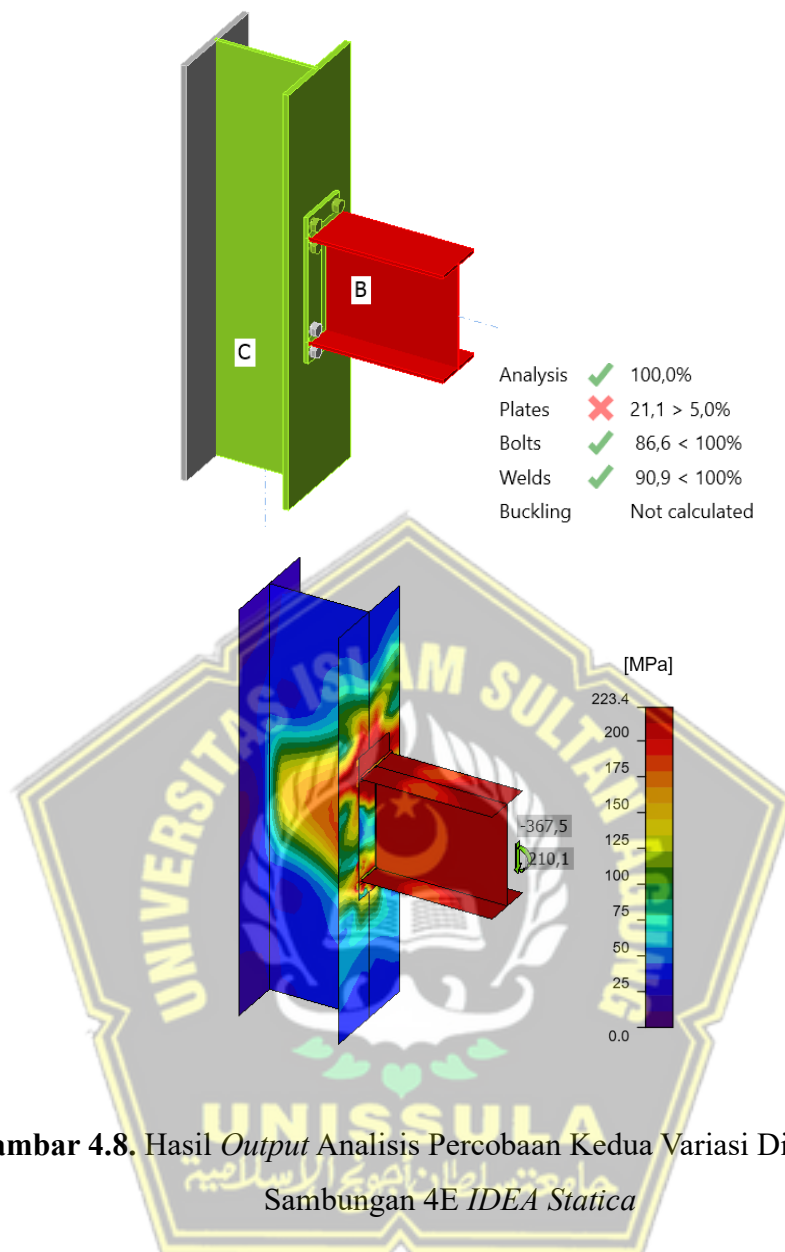


Gambar 4.6. Pemodelan Percobaan Kedua Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E di *IDEA Statica*



Gambar 4.7. Konfigurasi *Endplate* Percobaan Kedua Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4E terprakualifikasi dengan ketentuan $M_p = 210,21175 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_n = 367,5 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



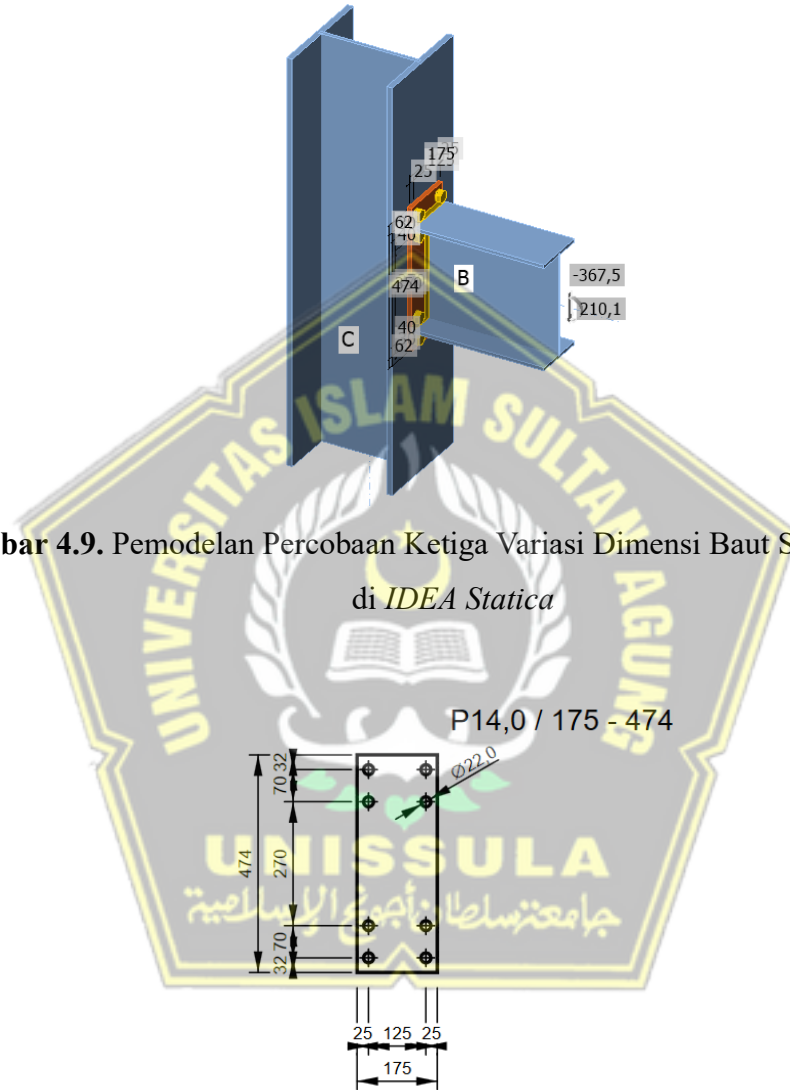
Gambar 4.8. Hasil *Output* Analisis Percobaan Kedua Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4E dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D22 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4E balok-kolom tersebut dinyatakan **Sambungan Dapat Menerima Kapasitas Maksimal Profil Balok Tetapi Belum Optimal** terhadap kekuatan tarik dan geser profil balok yang terjadi.

3) Percobaan 3 (Baut D20 dan Pelat 14 mm)

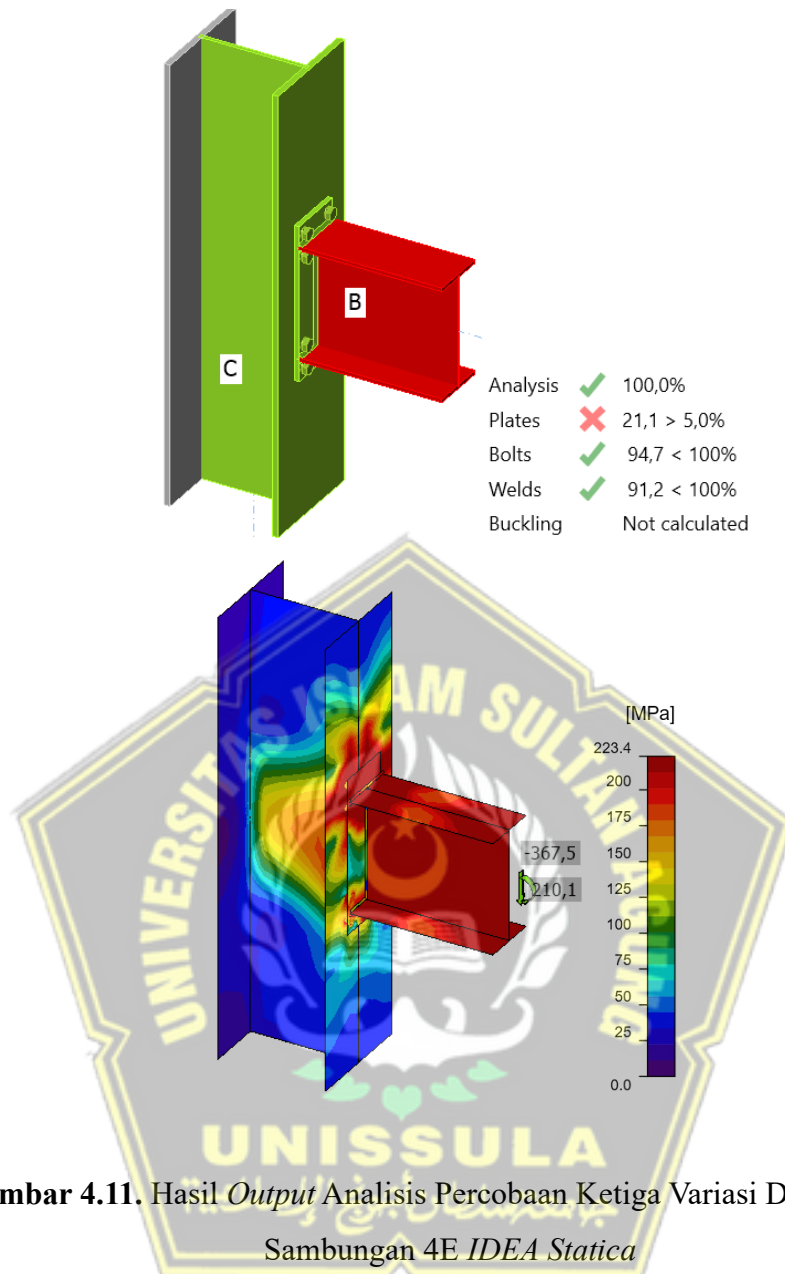
Percobaan variasi dimensi baut ketiga ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D20 mm dengan ketebalan pelat setebal 14 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini



Gambar 4.9. Pemodelan Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E di *IDEA Statica*

Gambar 4.10. Konfigurasi *Endplate* Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4E ter-prakualifikasi dengan ketentuan $M_p = 210,21175$ kN.m ; dan momen geser $V_n = 367,5$ kN didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.11. Hasil *Output* Analisis Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4E *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4E dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4E balok-kolom tersebut dinyatakan **Aman dan Optimum Dalam Menerima Momen Plastis Maksimum Balok** terhadap kekuatan tarik dan geser yang terjadi.

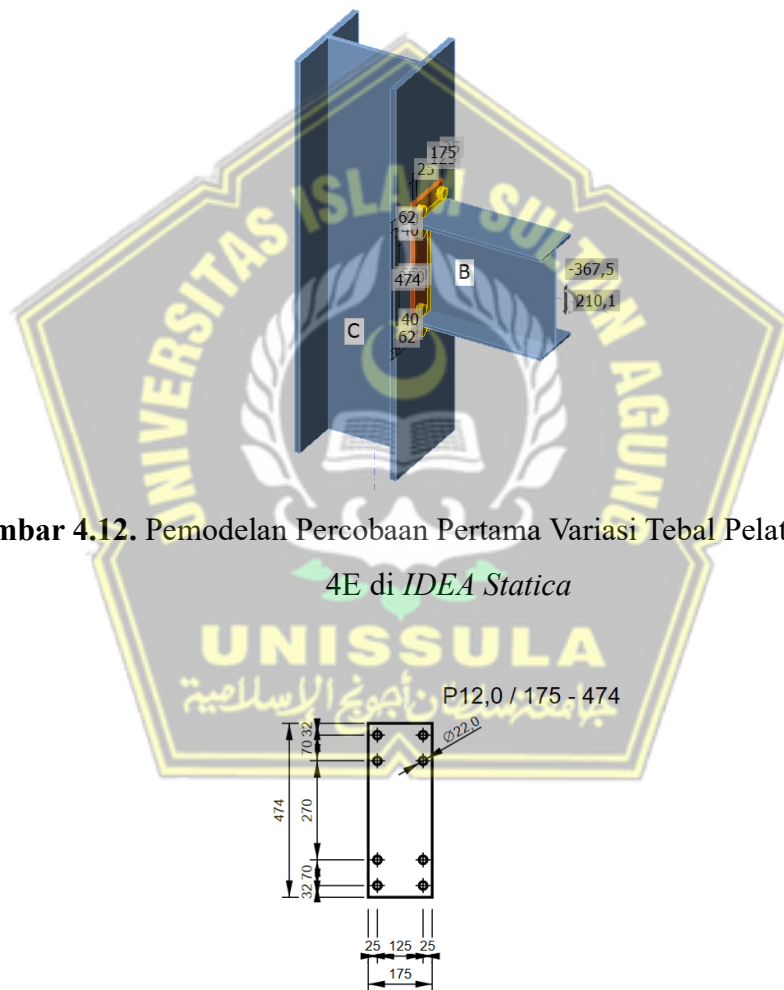
Hasil dari analisis Pada *IDEA Statica* sambungan 4E ini dapat dilihat adanya pengaruh gaya momen yang sangat tinggi pada section balok yang ditandai

dengan adanya warna merah pada *section* balok. Akan tetapi hal tersebut masih dinyatakan aman dikarenakan masih sesuai dengan konsep sambungan.

b. Analisa Variasi Dimensi Pelat

1) Percobaan 1 (Baut D20 dan Pelat 12 mm)

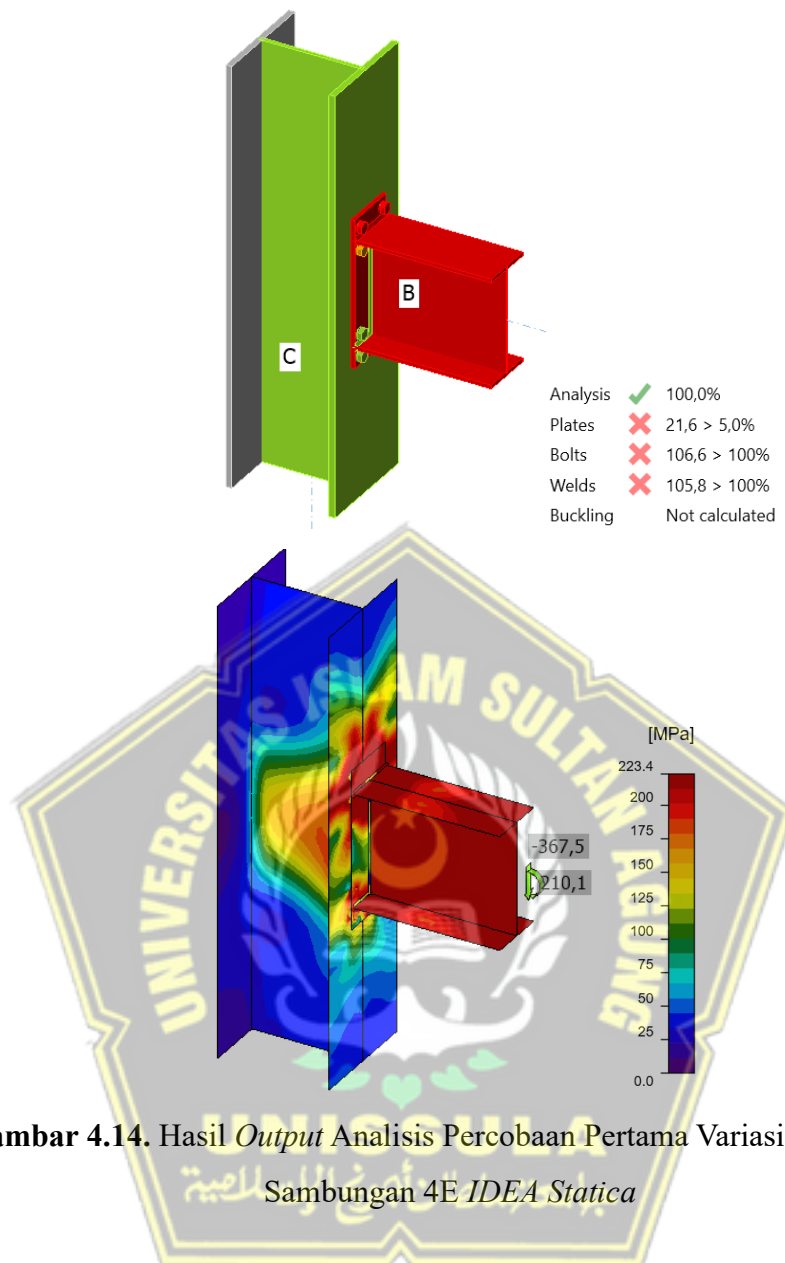
Percobaan variasi dimensi pelat pertama ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D20 mm dengan ketebalan pelat setebal 12 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini



Gambar 4.12. Pemodelan Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E di *IDEA Statica*

Gambar 4.13. Konfigurasi *Endplate* Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4E terprakualifikasi dengan ketentuan $M_p = 210,21175$ kN.m ; dan momen geser $V_n = 367,5$ kN didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



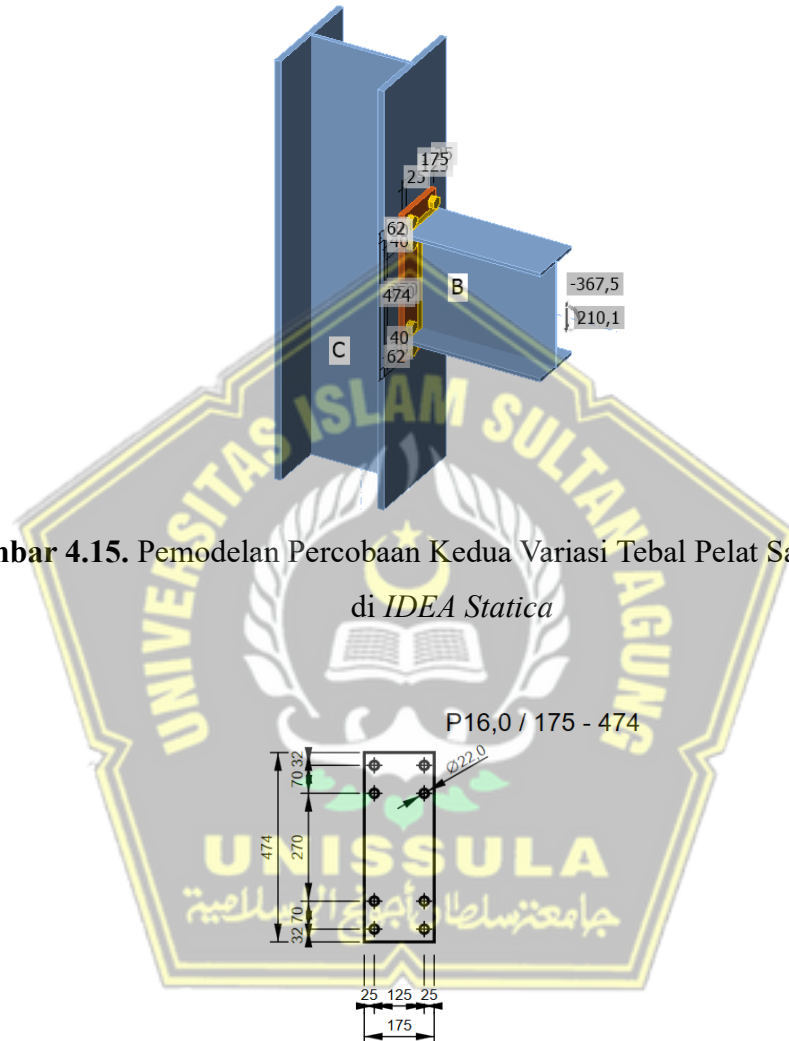
Gambar 4.14. Hasil *Output* Analisis Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 8ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 12 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4E balok-kolom tersebut dinyatakan **Sambungan Tidak Dapat Menahan Kekuatan Maksimal Kapasitas Plastis Profil Balok** terhadap kekuatan tarik dan geser yang terjadi.

2) Percobaan 2 (Baut D20 dan Pelat 16 mm)

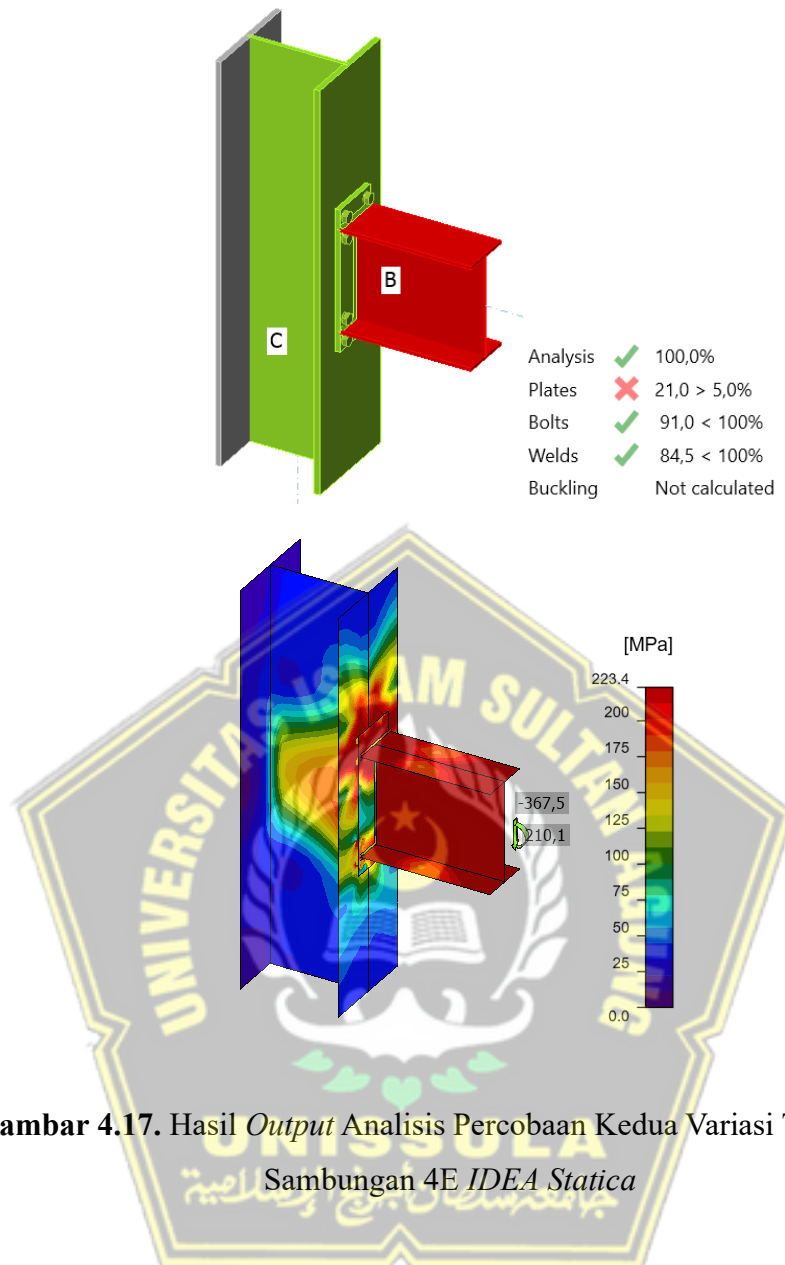
Percobaan variasi dimensi pelat kedua ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D20 mm dengan ketebalan pelat setebal 16 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini



Gambar 4.15. Pemodelan Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E di *IDEA Statica*

Gambar 4.16. Konfigurasi *Endplate* Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4E ter-prakualifikasi dengan ketentuan $M_p = 210,21175 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_n = 367,5 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



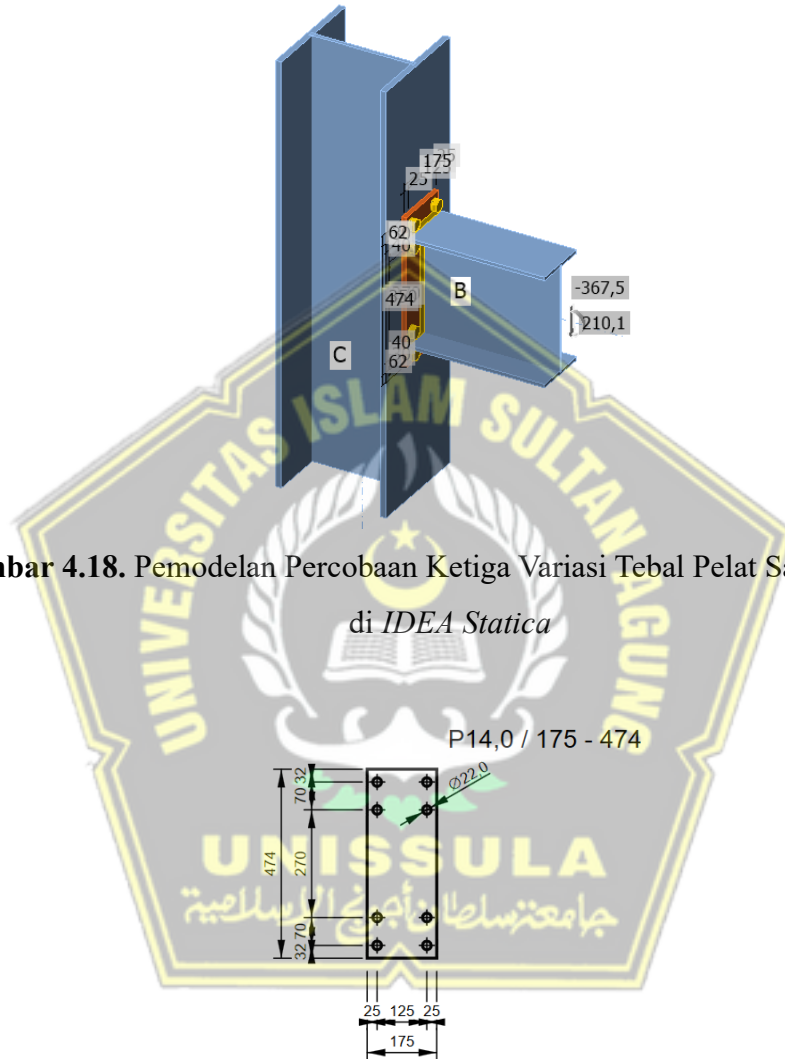
Gambar 4.17. Hasil *Output* Analisis Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4E dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 16 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4E balok-kolom tersebut dinyatakan **Sambungan Dapat Menerima Kapasitas Maksimal Profil Balok Tetapi Belum Optimal** terhadap kekuatan tarik dan geser profil balok yang terjadi.

3) Percobaan 3 (Baut D20 dan Pelat 14 mm)

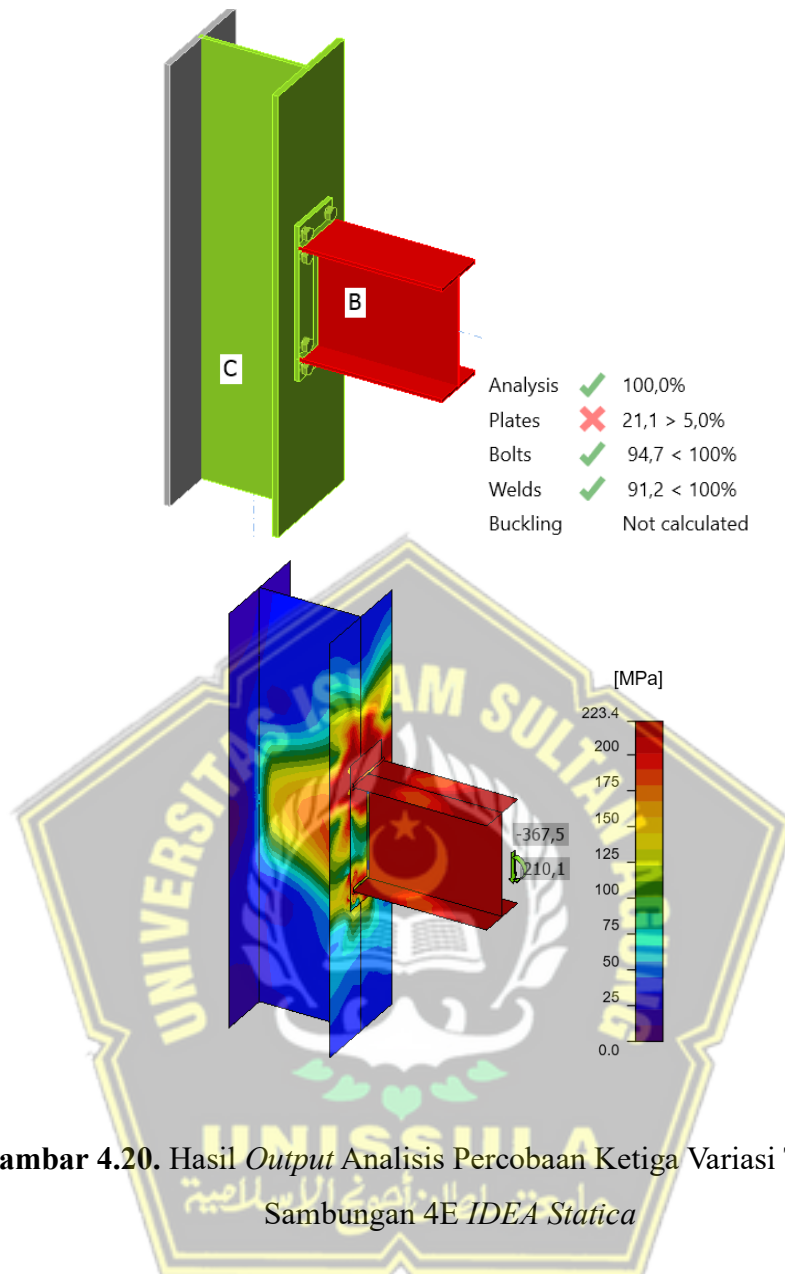
Percobaan variasi dimensi pelat ketiga ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D20 mm dengan ketebalan pelat setebal 14 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini



Gambar 4.18. Pemodelan Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E di *IDEA Statica*

Gambar 4.19. Konfigurasi *Endplate* Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4E terprakualifikasi dengan ketentuan $M_p = 210,21175$ kN.m ; dan momen geser $V_n = 367,5$ kN didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.20. Hasil *Output* Analisis Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 4E *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4E dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4E balok-kolom tersebut dinyatakan **Aman dan Optimum Dalam Menerima Momen Plastis Maksimum Balok** terhadap kekuatan tarik dan geser yang terjadi.

Hasil dari analisis Pada *IDEA Statica* sambungan 4E ini dapat dilihat adanya pengaruh gaya momen yang sangat tinggi pada section balok yang ditandai

dengan adanya warna merah pada *section* balok. Akan tetapi hal tersebut masih dinyatakan aman dikarenakan masih sesuai dengan konsep sambungan.

c. Kesimpulan Analisa Variasi Dimensi Sambungan 4E

Kesimpulan yang bisa kita ambil dalam studi analisis variasi dimensi baut dan pelat pada sambungan 4E sesuai dengan SNI 7972-2020 tentang sambungan terprakualifikasi dapat dilihat pada **Tabel 4.3** hasil percobaan di bawah ini

Tabel 4.3. Hasil Analisis Variasi Sambungan Baut dan Pelat Sambungan 4E

No.	Tipe Sambungan	Baut	Pelat	Kesimpulan
1	4E (HWF 350.350.12.19 dan IWF 350.175.7.11)	D16	14 mm	Sambungan tidak aman menahan kapasitas momen plastis balok (Kapasitas Sambungan < Kapasitas Momen)
		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)

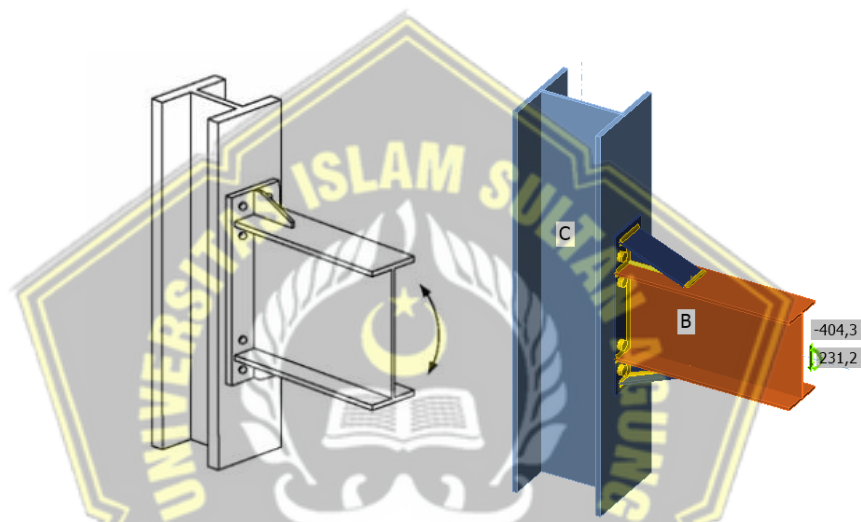
Berdasarkan hasil tabel studi analisis sambungan 4E diatas kami menggunakan 3 kali percobaan variasi dimensi baut dan 3 kali percobaan variasi dimensi ketebalan pelat. Terdapat beberapa hasil yang menyatakan bahwa ukuran baut dan pelat berdampak terhadap kinerja pengaruh gaya momen dan geser yang besar pada sambungan.

Dari hasil percobaan analisis variasi dimensi baut dan pelat pada sambungan 4E dapat kita tarik garis kesimpulan dengan ukuran dimensi baut D20 mm dengan ketebalan pelat setebal 14 mm dapat dikatakan aman dan optimum dalam menerima kapasitas momen plastis profil balok. Parameter yang kita dapat dari

data tabel **Tabel 4.3** bahwasanya material optimum dapat terpenuhi jika diameter baut mempunyai perbandingan 1 : 1,8 dari tebal sayap dan tebal pelat 1 : 1,2 dari tebal sayap profil penampang balok untuk sambungan tipe 4E.

4.3.2. Variasi Dimensi Baut, Pelat, dan Las Sambungan 4ES

Pada sambungan 2 profil baja kolom dan balok kali ini menggunakan tipe sambungan 4ES sesuai dengan SNI 7972-2020 tentang sambungan baja terprakualifikasi dengan spesifikasi gambar dibawah ini



Gambar 4.21. Desain Pemodelan Sambungan 4ES

Studi analisis variasi dimensi baut, pelat, dan las sambungan 4E ini kami tentukan melalui 2 percobaan yaitu dengan variasi dimensi ukuran baut dan variasi dimensi ketebalan pelat. Terdapat beberapa variasi ukuran diameter baut dan ketebalan pelat dengan data sesuai dengan **Tabel 4.4** dan **Tabel 4.5** di bawah;

Tabel 4.4. Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES

No.	Tipe Sambungan	Baut	Pelat
1	4ES (HWF 350.350.12.19 dan IWF 350.175.7.11)	D16	9 mm
		D22	9 mm
		D20	9 mm

Tabel 4.5. Variasi Dimensi Pelat Sambungan 4ES

No.	Tipe Sambungan	Baut	Pelat
1	4ES (HWF 350.350.12.19 dan IWF 350.175.7.11)	D20	8 mm
		D20	11 mm
		D20	9 mm

Selanjutnya setelah menentukan data ukuran dimensi kami melakukan analisis variasi sambungan dengan mengolah melalui aplikasi *IDEA Statica* untuk mengetahui kapasitas yang terjadi pada sambungan 4ES Ketika menggunakan dimensi diameter baut dan pelat di tiap percobaannya

Data momen dan geser diperoleh dari kapasitas maksimal momen plastis profil balok dengan hasil sebagai berikut;

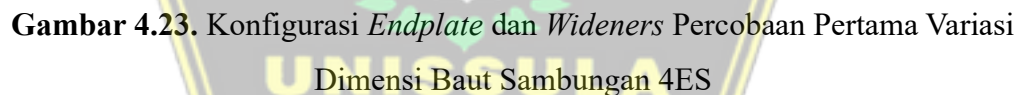
$$M_p = 210,21175 \text{ kN.m}$$

$$V_n = 367,5 \text{ kN}$$

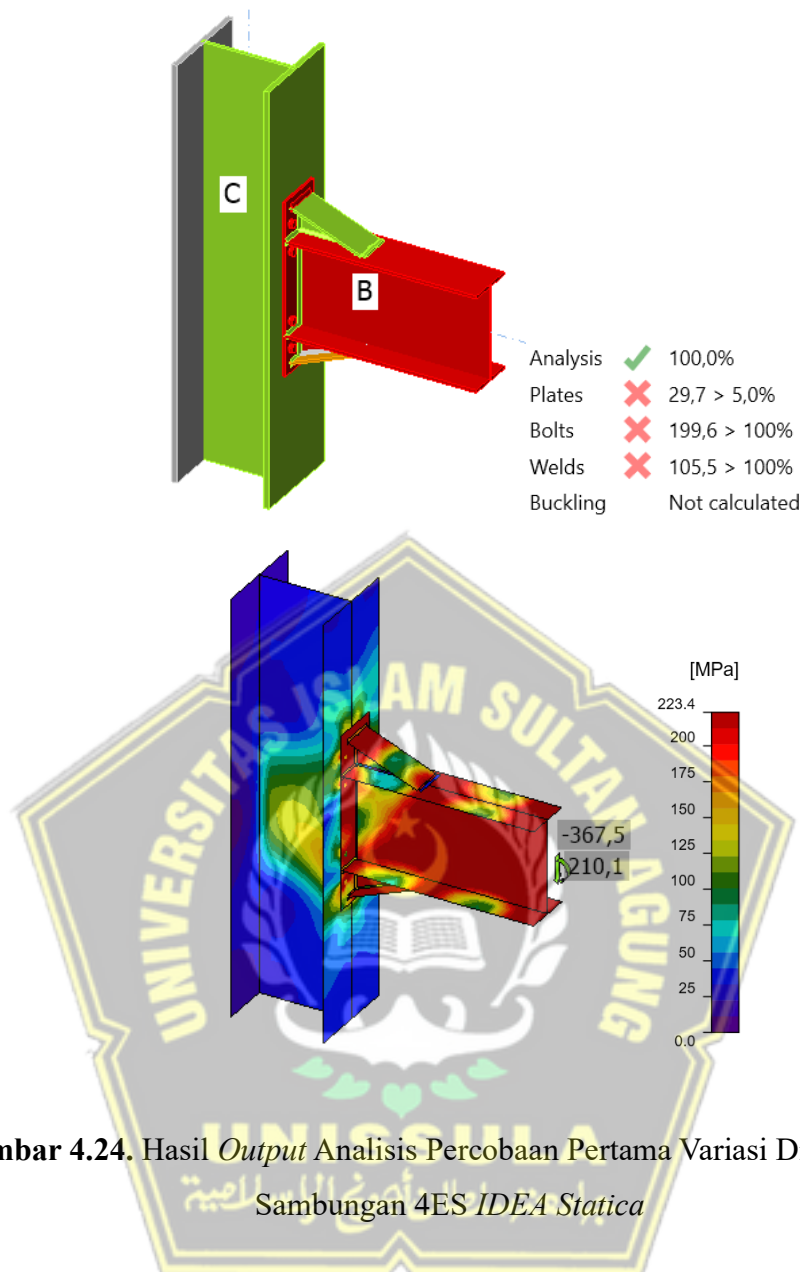
a. Analisa Variasi Dimensi Baut

1) Percobaan 1 (Baut D16 dan Pelat 9 mm)

Percobaan variasi dimensi baut pertama ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D16 mm dengan ketebalan pelat setebal 9 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini



93



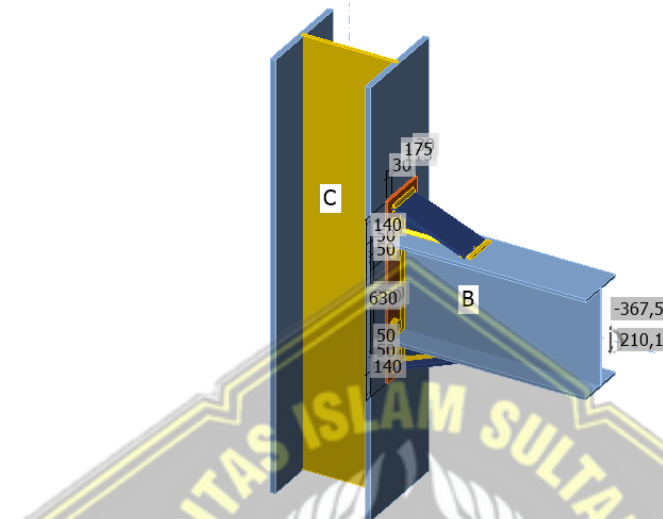
Gambar 4.24. Hasil *Output* Analisis Percobaan Pertama Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES *IDEA Statica*

Hasil analisis IDEA Statica diatas dengan penggunaan sambungan 4ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D16 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 9 mm.

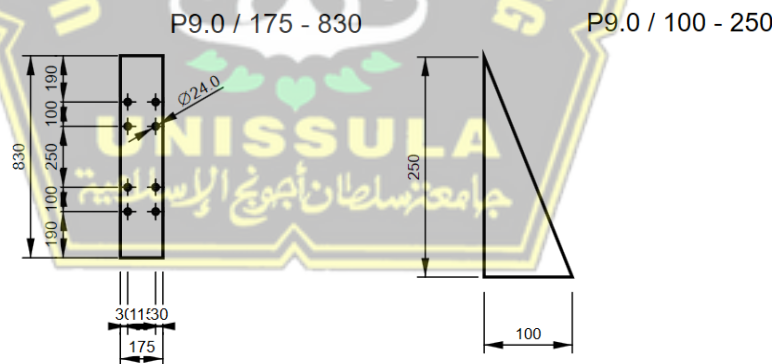
Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4ES balok-kolom tersebut dinyatakan **Sambungan Tidak Dapat Menahan Kekuatan Maksimal Kapsaitas Plastik Profil Balok** terhadap kekuatan tarik dan geser yang terjadi.

2) Percobaan 2 (Baut D22 dan Pelat 9 mm)

Percobaan variasi dimensi baut kedua ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D22 mm dengan ketebalan pelat setebal 9 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

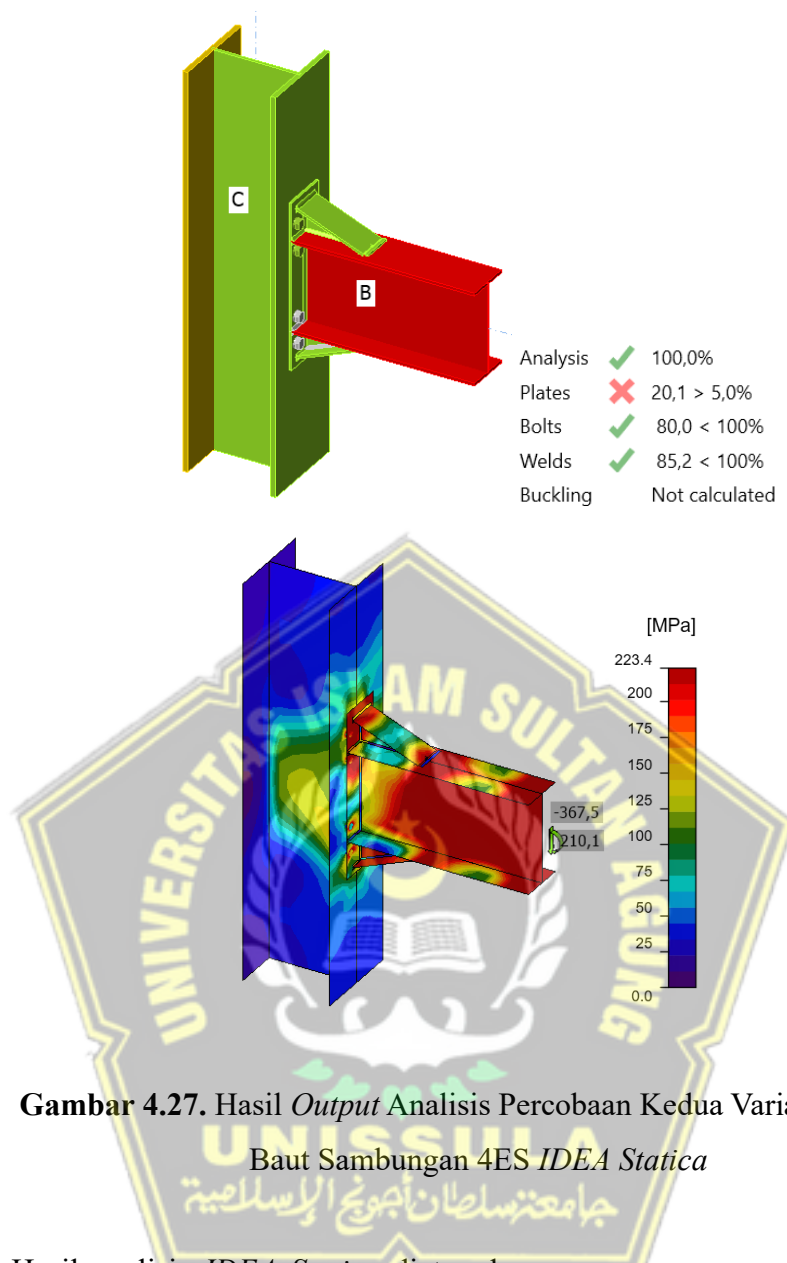


Gambar 4.25. Pemodelan Percobaan Kedua Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES di *IDEA Statica*



Gambar 4.26. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Percobaan Kedua Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_p = 210,2117 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_n = 367,5 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



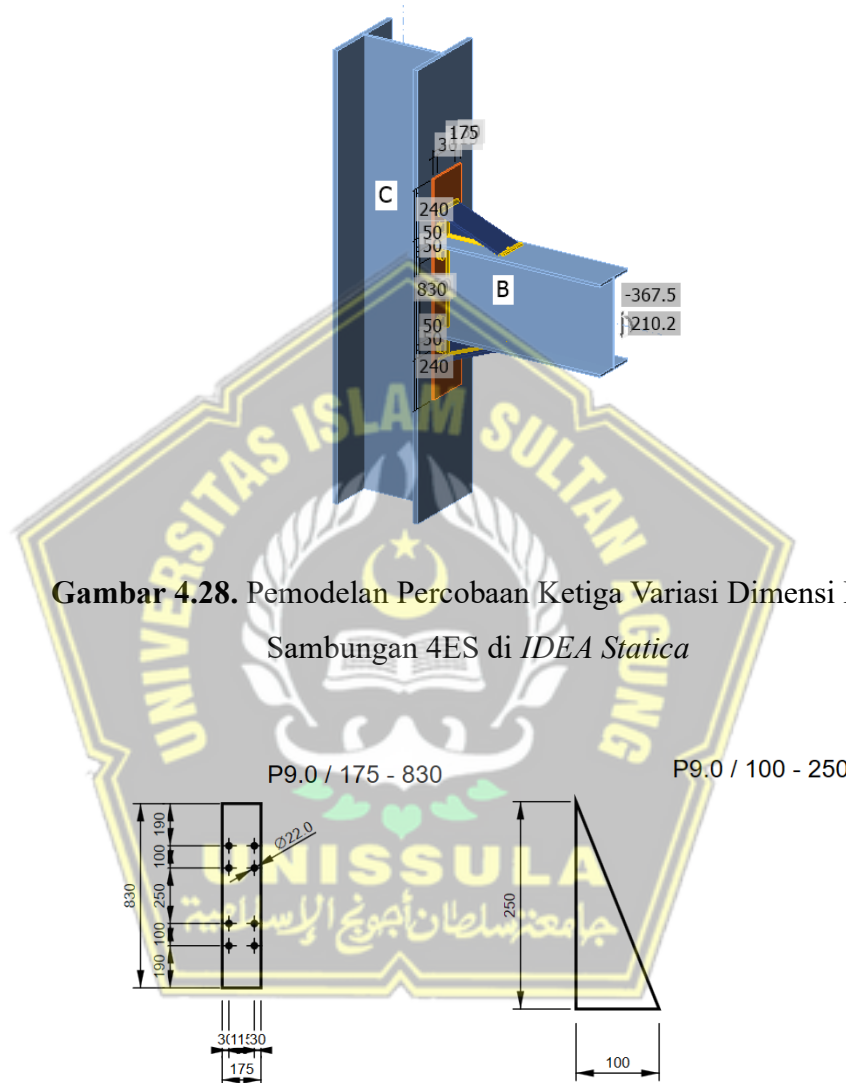
Gambar 4.27. Hasil *Output* Analisis Percobaan Kedua Variasi Dimensi
Baut Sambungan 4ES *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4ES balok-kolom tersebut dinyatakan **Sambungan Dapat Menerima Kapasitas Maksimal Profil Balok Tetapi Belum Optimal** terhadap kekuatan tarik dan geser profil balok yang terjadi.

3) Percobaan 3 (Baut D20 dan Pelat 9 mm)

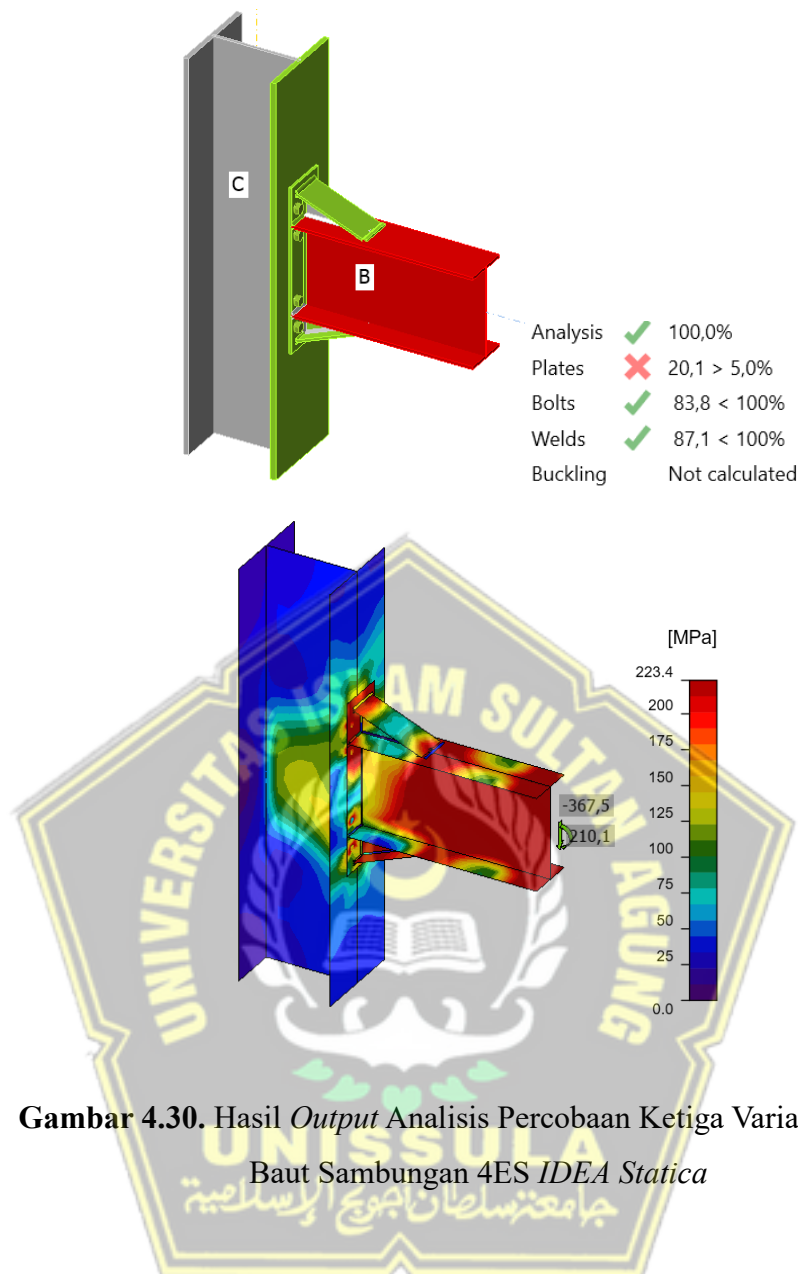
Percobaan variasi dimensi baut ketiga ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D20 mm dengan ketebalan pelat setebal 9 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini



Gambar 4.28. Pemodelan Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES di *IDEA Statica*

Gambar 4.29. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 8ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_p = 210,2117 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_n = 367,5 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.30. Hasil *Output* Analisis Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 4ES *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D16 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4ES balok-kolom tersebut dinyatakan **Aman dan Optimum Dalam Menerima Momen Plastis Maksimum Balok** terhadap kekuatan tarik dan geser yang terjadi.

Hasil dari analisis Pada *IDEA Statica* sambungan 4ES ini dapat dilihat adanya pengaruh gaya momen yang sangat tinggi pada section balok yang ditandai

dengan adanya warna merah pada *section* balok. Akan tetapi hal tersebut masih dinyatakan aman dikarenakan masih sesuai dengan konsep sambungan.

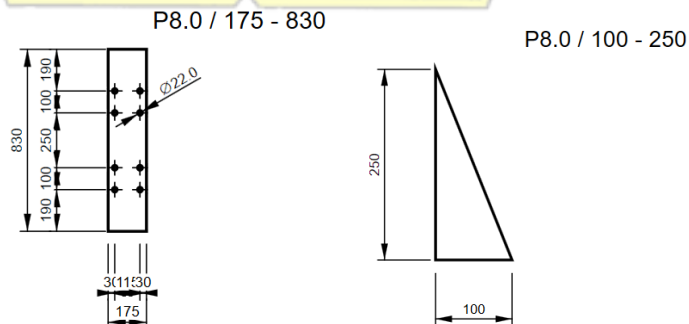
b. Analisa Variasi Dimensi Pelat

1) Percobaan 1 (Baut D20 dan Pelat 8 mm)

Percobaan variasi dimensi pelat pertama ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D20 mm dengan ketebalan pelat setebal 8 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

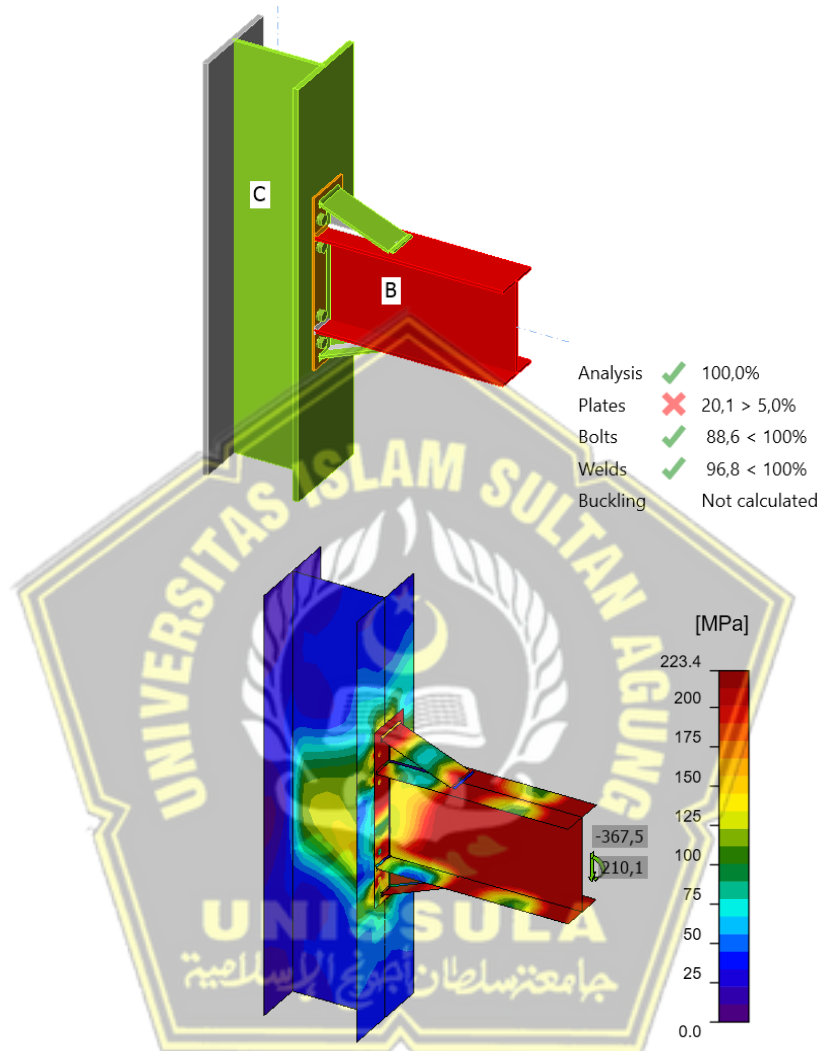


Gambar 4.31. Pemodelan Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES di *IDEA Statica*



Gambar 4.32. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_p = 210,2117 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_n = 367,5 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.33. Hasil *Output* Analisis Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 8ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 8 mm.

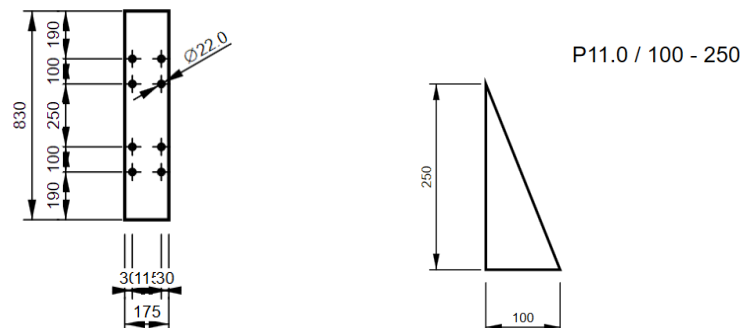
Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4ES balok-kolom tersebut dinyatakan **Sambungan Tidak Dapat Menahan Kekuatan Maksimal Kapsaitas Plastis Profil Balok** terhadap kekuatan tarik dan geser yang terjadi.

2) Percobaan 2 (Baut D20 dan Pelat 11 mm)

Percobaan variasi dimensi pelat kedua ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D20 mm dengan ketebalan pelat setebal 11 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

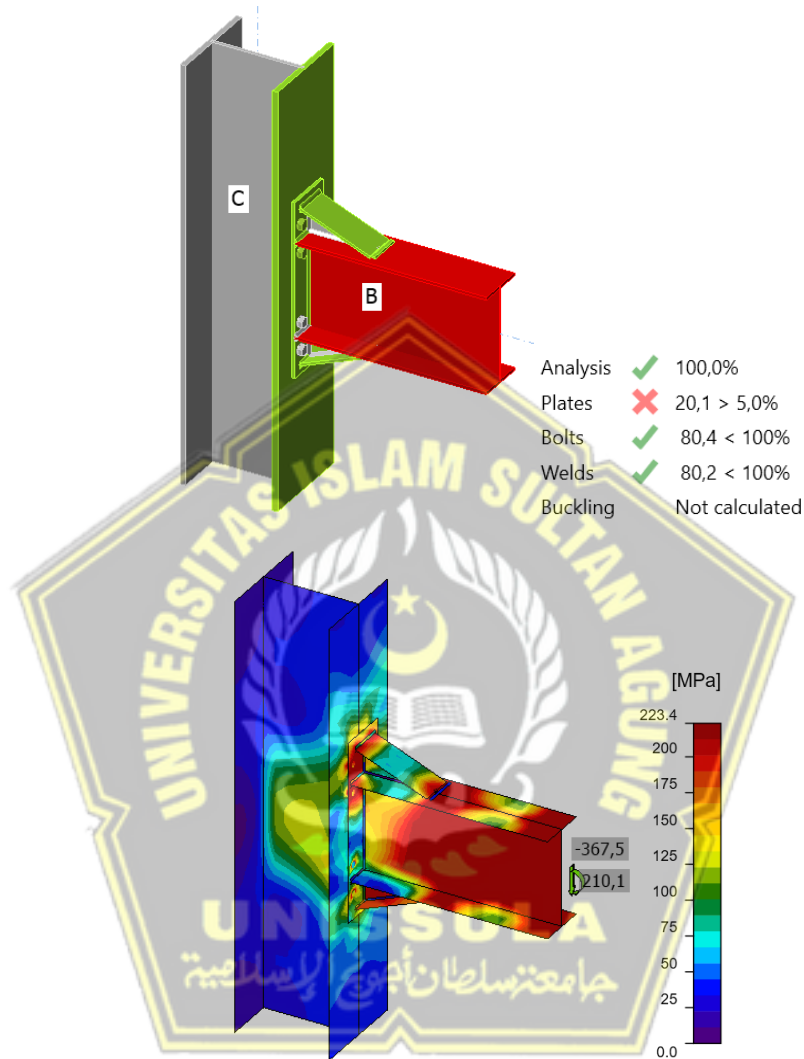


Gambar 4.34. Hasil *Output Analisis* Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES *IDEA Statica*



Gambar 4.35. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_p = 210,2117 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_n = 367,5 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.36. Hasil *Output* Analisis Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 11 mm.

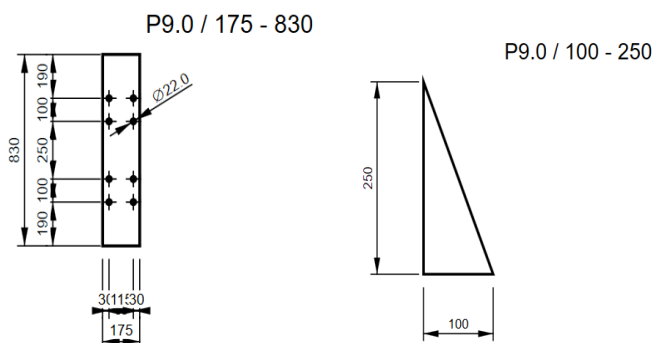
Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4ES balok-kolom tersebut dinyatakan **Sambungan Dapat Menerima Kapasitas Maksimal Profil Balok Tetapi Belum Optimal** terhadap kekuatan tarik dan geser profil balok yang terjadi.

3) Percobaan 3 (Baut D20 dan Pelat 14 mm)

Percobaan variasi dimensi pelat ketiga ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D20 mm dengan ketebalan pelat setebal 16 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

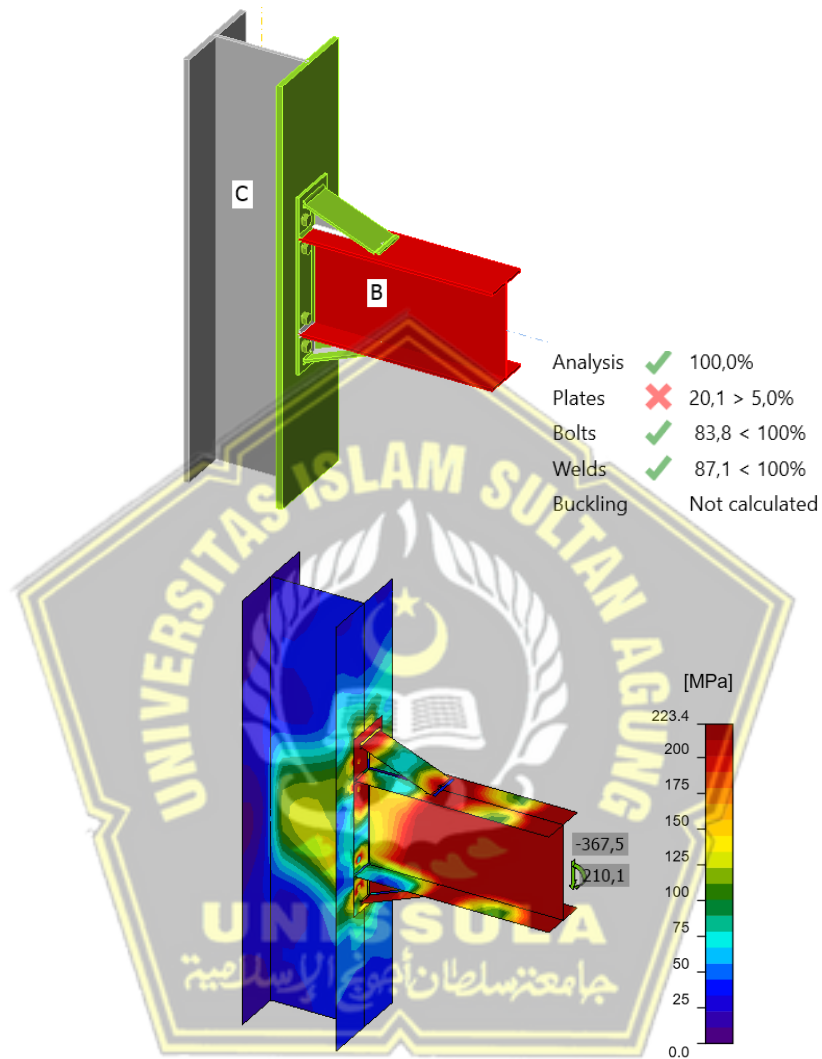


Gambar 4.37. Pemodelan Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES di *IDEA Statica*



Gambar 4.38. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 8ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_p = 210,2117 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_n = 367,5 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.39. Hasil *Output* Analisis Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 4ES *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 9 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4ES balok-kolom tersebut dinyatakan **Aman dan Optimum Dalam Menerima Momen Plastis Maksimum Balok** terhadap kekuatan tarik dan geser yang terjadi.

Hasil dari analisis Pada *IDEA Statica* sambungan 4ES ini dapat dilihat adanya pengaruh gaya momen yang sangat tinggi pada section balok yang ditandai dengan adanya warna merah pada *section* balok. Akan tetapi hal tersebut masih dinyatakan aman dikarenakan masih sesuai dengan konsep sambungan.

c. Kesimpulan Analisa Variasi Dimensi Sambungan 4ES

Kesimpulan yang bisa kita ambil dalam studi analisis variasi dimensi baut dan pelat pada sambungan 4E sesuai dengan SNI 7972-2020 tentang sambungan terprakualifikasi dapat dilihat pada **Tabel 4.6** hasil percobaan di bawah ini

Tabel 4.6. 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)

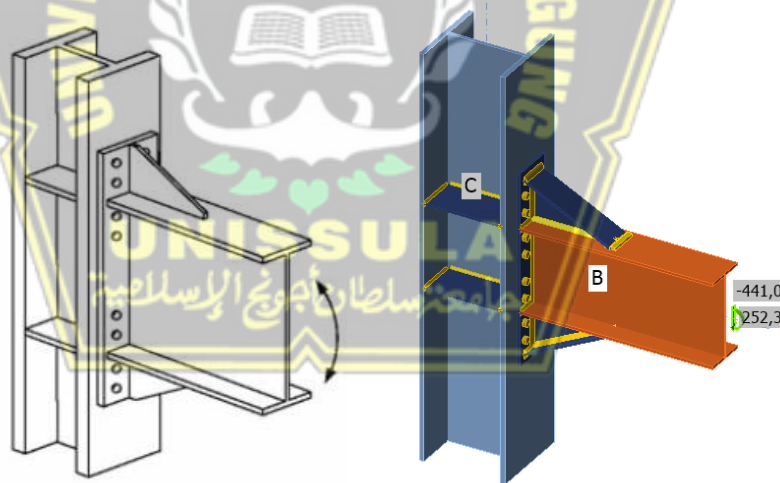
Berdasarkan hasil tabel studi analisis sambungan 4ES diatas kami menggunakan 3 kali percobaan variasi dimensi baut dan 3 kali percobaan variasi dimensi ketebalan pelat. Terdapat beberapa hasil yang menyatakan bahwa ukuran

baut dan pelat berdampak terhadap kinerja pengaruh gaya momen dan geser yang besar pada sambungan.

Dari hasil percobaan analisis variasi dimensi baut dan pelat pada sambungan 4ES dapat kita tarik garis kesimpulan dengan ukuran dimensi baut D20 mm dengan ketebalan pelat setebal 9 mm dapat dikatakan aman dan optimum dalam menerima kapasitas momen plastis profil balok. Parameter yang kita dapat dari data tabel **Tabel 4.6** bahwasanya material optimum dapat terpenuhi jika diameter baut mempunyai perbandingan 1 : 1,8 dari tebal sayap dan tebal pelat 1 : 0,8 dari tebal sayap profil penampang balok untuk sambungan tipe 4ES.

4.3.3. Variasi Dimensi Baut, Pelat, dan Las Sambungan 8ES

Pada sambungan 2 profil baja kolom dan balok kali ini menggunakan tipe sambungan 8ES sesuai dengan SNI 7972-2020 tentang sambungan baja terprakualifikasi dengan spesifikasi gambar dibawah ini



Gambar 4.40. Desain Pemodelan Sambungan 8ES

Studi analisis variasi dimensi baut, pelat, dan las sambungan 8ES ini kami tentukan melalui 2 percobaan yaitu dengan variasi dimensi ukuran baut dan variasi dimensi ketebalan pelat. Terdapat beberapa variasi ukuran diameter baut dan ketebalan pelat dengan data sesuai dengan **Tabel 4.7** dan **Tabel 4.8** di bawah;

Tabel 4.7. Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES

No.	Tipe Sambungan	Baut	Pelat
1	8ES (HWF 350.350.12.19 dan IWF 350.175.7.11)	D12	8 mm
		D20	8 mm
		D16	8 mm

Tabel 4.8. Variasi Dimensi Pelat Sambungan 8ES

No.	Tipe Sambungan	Baut	Pelat
1	8ES (HWF 350.350.12.19 dan IWF 350.175.7.11)	D16	6 mm
		D16	10 mm
		D16	8 mm

Selanjutnya setelah menentukan data ukuran dimensi kami melakukan analisis variasi sambungan dengan mengolah melalui aplikasi *IDEA Statica* untuk mengetahui kapasitas yang terjadi pada sambungan 8ES Ketika menggunakan dimensi diameter baut dan pelat di tiap percobaannya

Data momen dan geser diperoleh dari kapasitas maksimal momen plastis profil balok dengan hasil sebagai berikut;

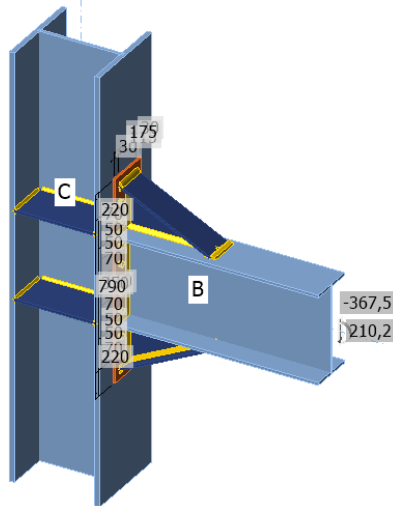
$$M_p = 210,21175 \text{ kN.m}$$

$$V_n = 367,5 \text{ kN}$$

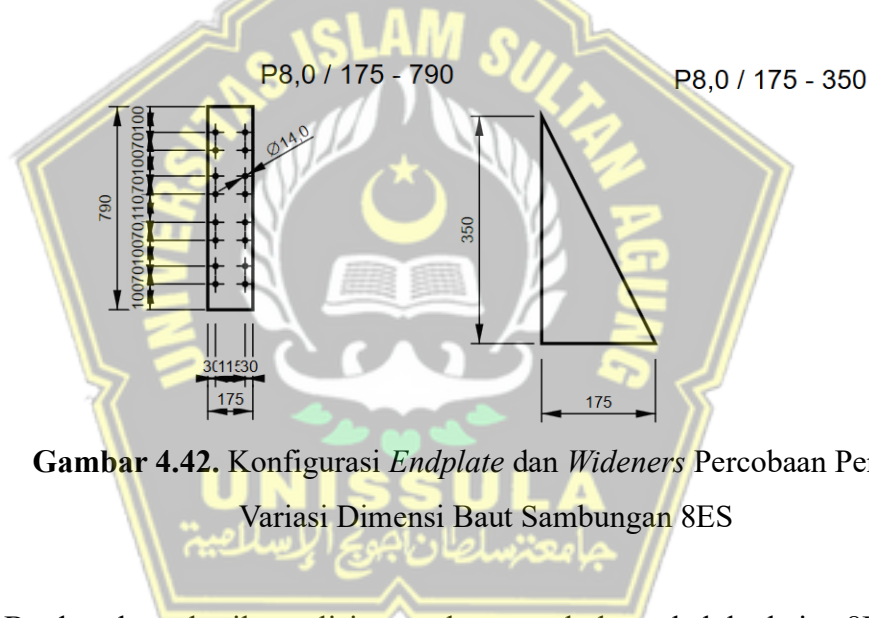
a. Analisa Variasi Dimensi Baut

1) Percobaan 1 (Baut D12 dan Pelat 8 mm)

Percobaan variasi dimensi baut ketiga ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D12 mm dengan ketebalan pelat setebal 8 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

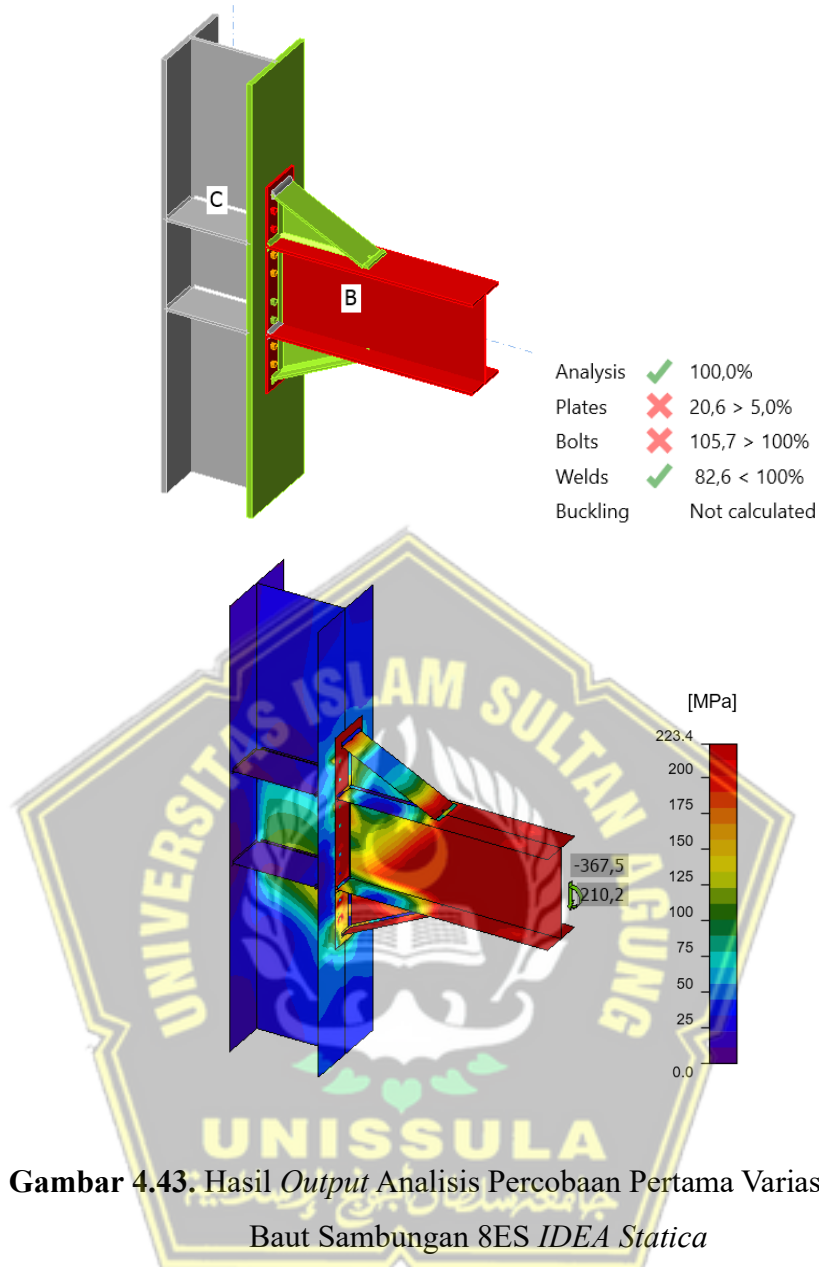


Gambar 4.41. Pemodelan Percobaan Pertama Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES di *IDEA Statica*



Gambar 4.42. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Percobaan Pertama Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 8ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_p = 210,2117 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_n = 367,5 \text{ kN}$ didapati hasil output *IDEA Statica* sebagai berikut;



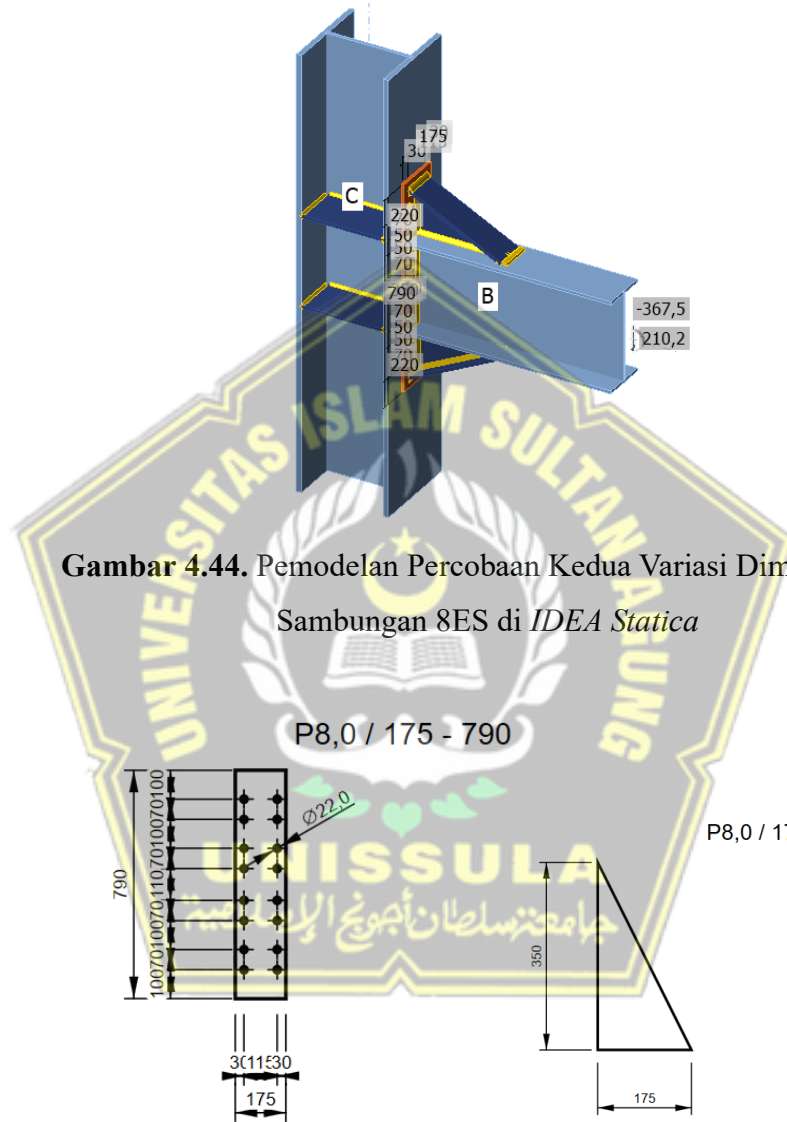
Gambar 4.43. Hasil *Output* Analisis Percobaan Pertama Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 8ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D12 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 9 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 8ES balok-kolom tersebut dinyatakan **Sambungan Tidak Dapat Menahan Kekuatan Maksimal Kapsaitas Plastis Profil Balok** terhadap kekuatan tarik dan geser yang terjadi.

2) Percobaan 2 (Baut D20 dan Pelat 8 mm)

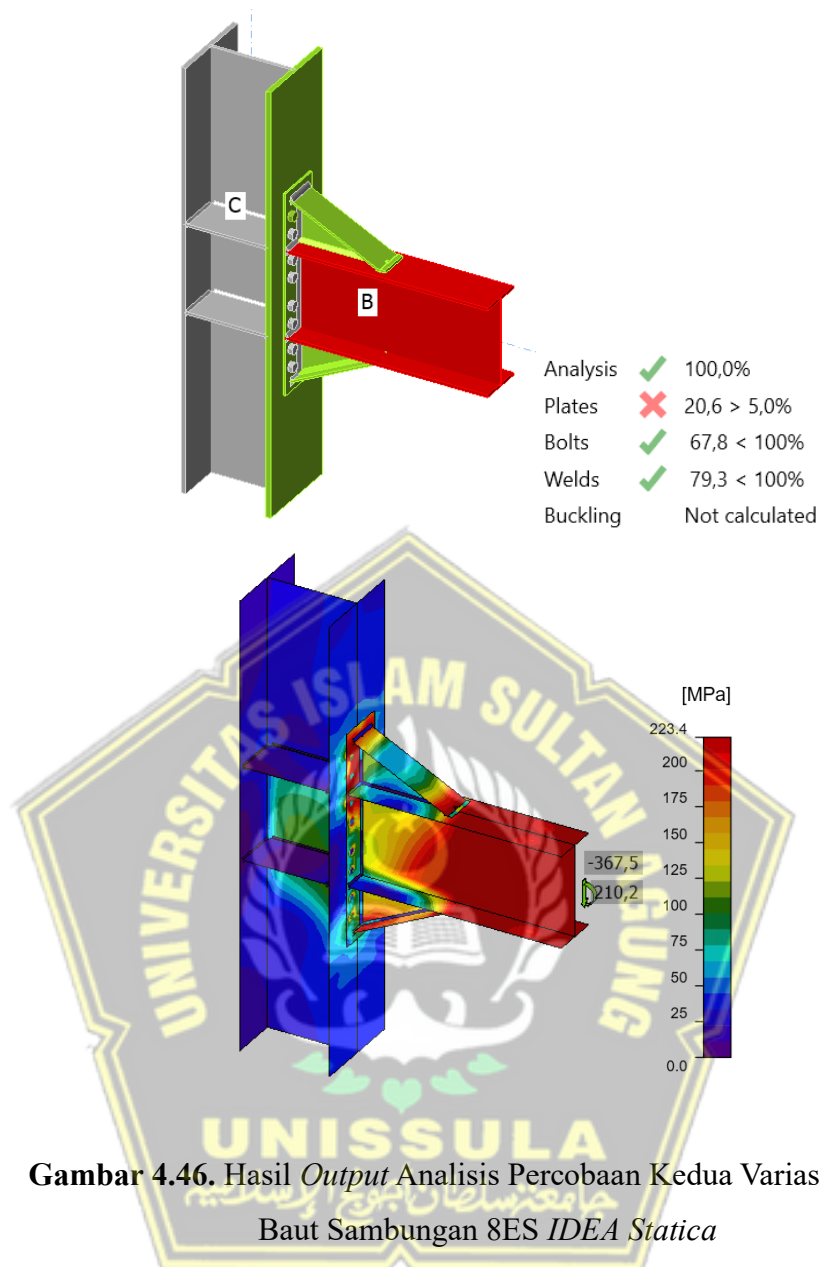
Percobaan variasi dimensi baut ketiga ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D20 mm dengan ketebalan pelat setebal 8 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini



Gambar 4.44. Pemodelan Percobaan Kedua Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES di *IDEA Statica*

Gambar 4.45. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Percobaan Kedua Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 8ES ter-prakualifikasi dengan ketentuan $M_p = 210,2117 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_n = 367,5 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



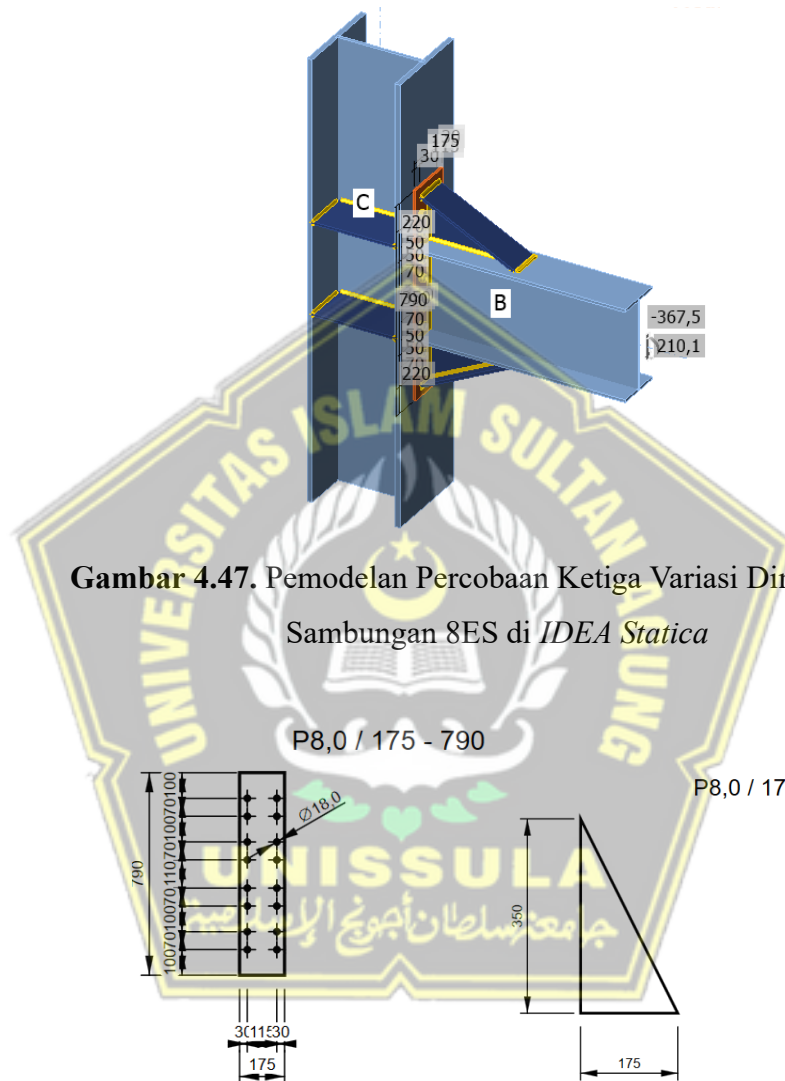
Gambar 4.46. Hasil *Output* Analisis Percobaan Kedua Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 8ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 8 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 8ES balok-kolom tersebut dinyatakan **Sambungan Dapat Menerima Kapasitas Maksimal Profil Balok Tetapi Belum Optimal** terhadap kekuatan tarik dan geser profil balok yang terjadi.

3) Percobaan 3 (Baut D16 dan Pelat 8 mm)

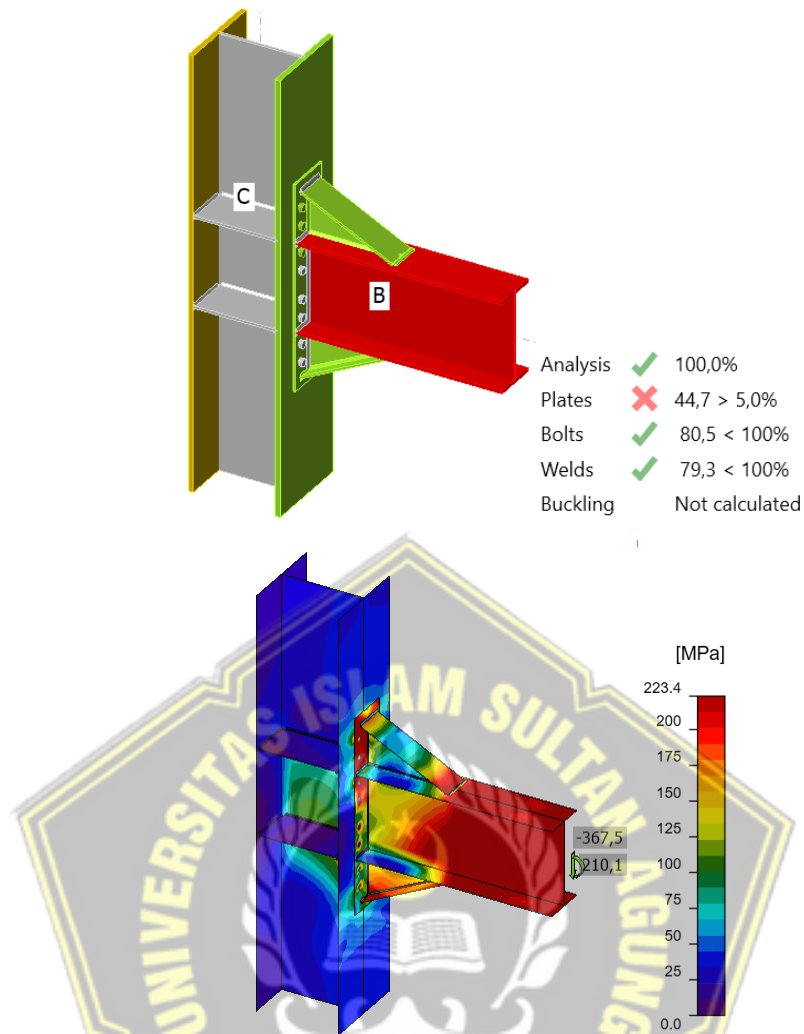
Percobaan variasi dimensi baut ketiga ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D16 mm dengan ketebalan pelat setebal 9 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini



Gambar 4.47. Pemodelan Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES di *IDEA Statica*

Gambar 4.48. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Percobaan Ketiga Variasi Dimensi Baut Sambungan 8ES

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 8ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_p = 210,2117 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_n = 367,5 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.49. Hasil *Output* Analisis Percobaan Ketiga Variasi Dimensi
Baut Sambungan 8ES *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 8ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D16 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 8 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 8ES balok-kolom tersebut dinyatakan **Aman dan Optimum Dalam Menerima Momen Plastis Maksimum Balok** terhadap kekuatan tarik dan geser yang terjadi.

Hasil dari analisis Pada *IDEA Statica* sambungan 8ES ini dapat dilihat adanya pengaruh gaya momen yang sangat tinggi pada section balok yang ditandai

dengan adanya warna merah pada *section* balok. Akan tetapi hal tersebut masih dinyatakan aman dikarenakan masih sesuai dengan konsep sambungan.

b. Analisa Variasi Dimensi Pelat

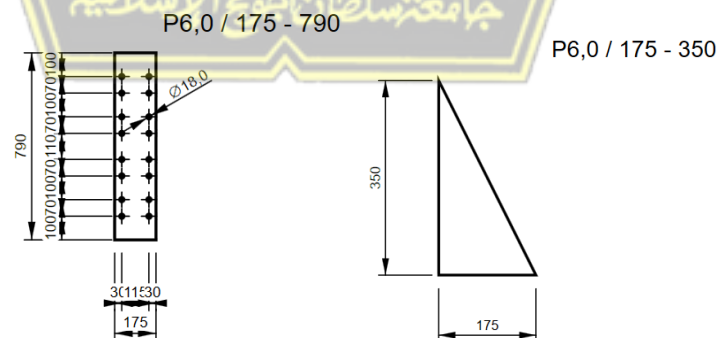
1) Percobaan 1 (Baut D16 dan Pelat 6 mm)

Percobaan variasi dimensi pelat ketiga ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D16 mm dengan ketebalan pelat setebal 6 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini



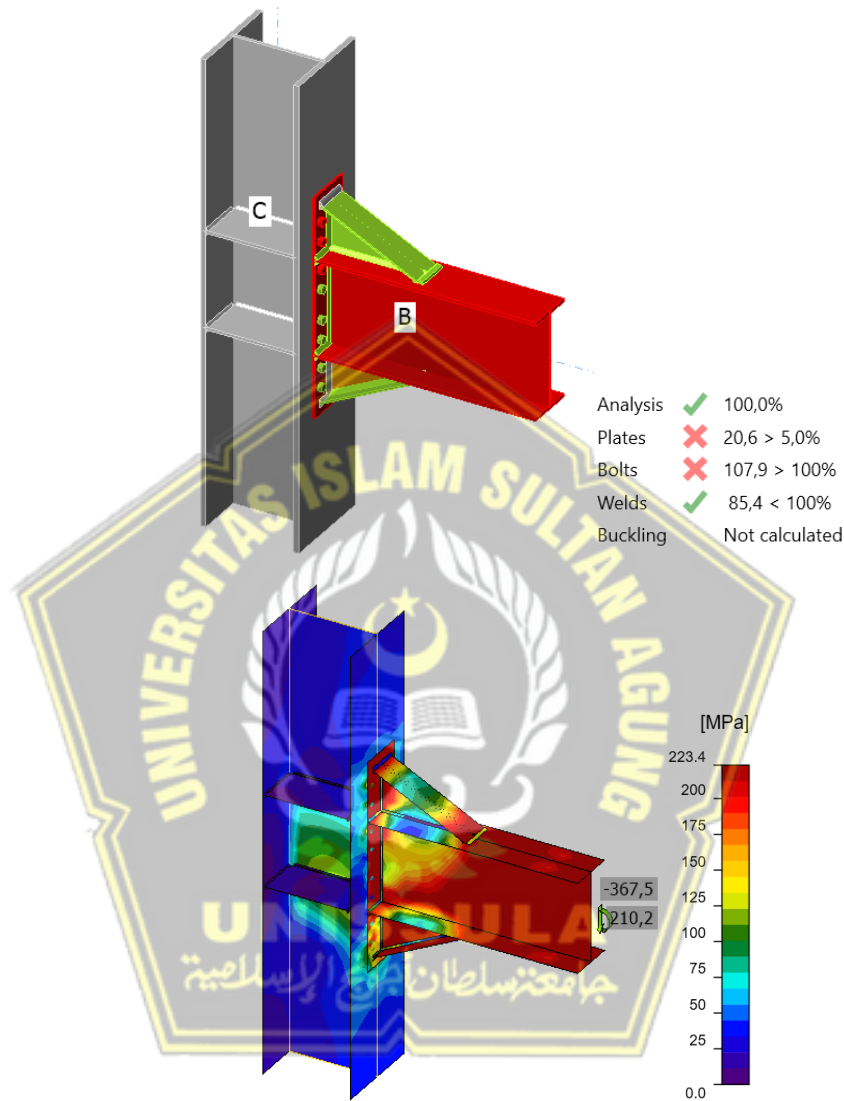
Gambar 4.50. Pemodelan Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat

Sambungan 8ES di *IDEA Statica*



Gambar 4.51. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 8ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_p = 210,2117 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_n = 367,5 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.52. Hasil *Output* Analisis Percobaan Pertama Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 8ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D16 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 6 mm.

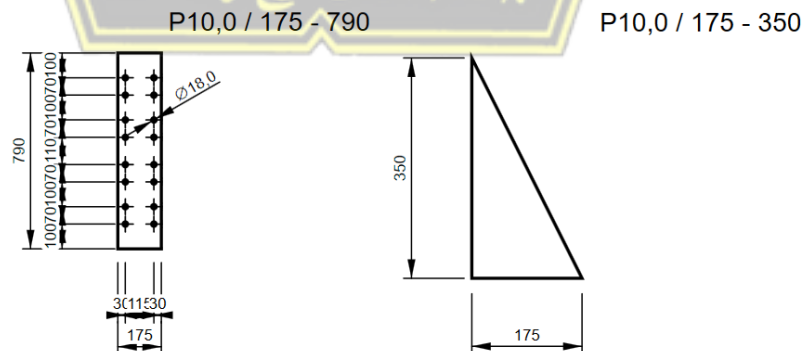
Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 8ES balok-kolom tersebut dinyatakan **Sambungan Tidak Dapat Menahan Kekuatan Maksimal Kapsaitas Plastis Profil Balok** terhadap kekuatan tarik dan geser yang terjadi.

2) Percobaan 2 (Baut D16 dan Pelat 10 mm)

Percobaan variasi dimensi pelat kedua ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D20 mm dengan ketebalan pelat setebal 10 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

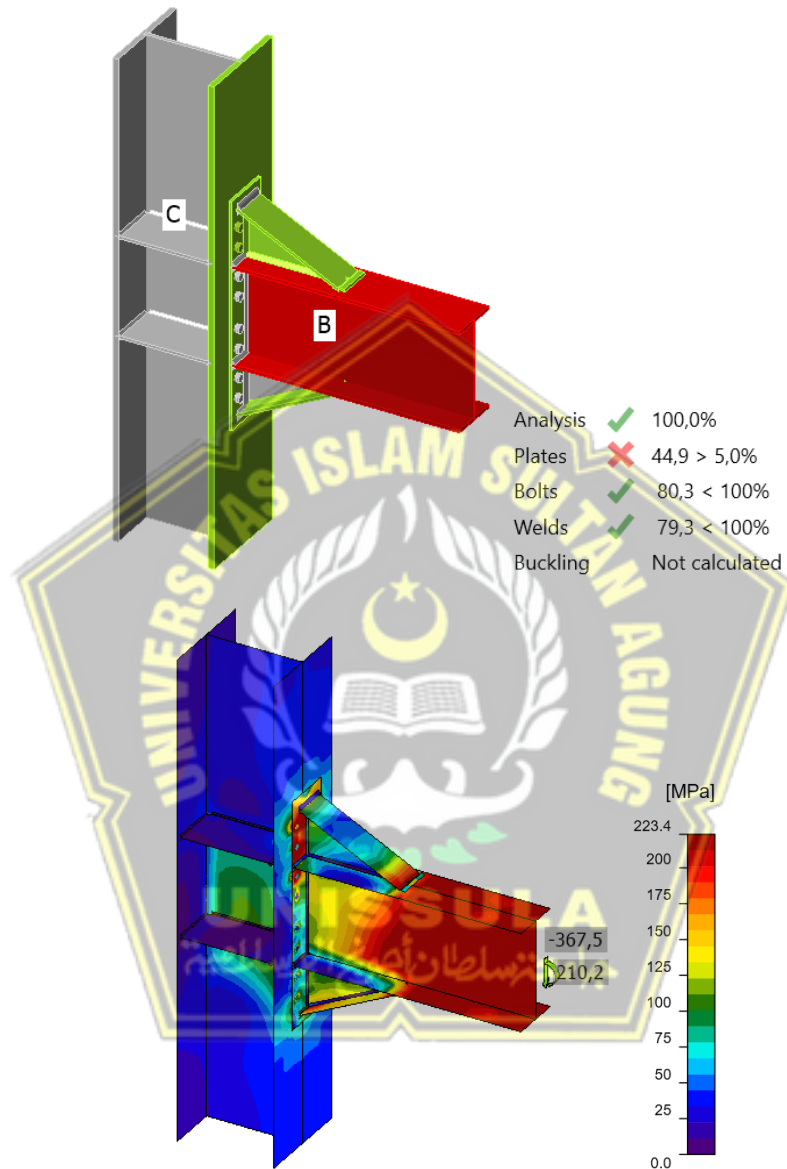


Gambar 4.53. Pemodelan Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES di *IDEA Statica*



Gambar 4.54. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 8ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_p = 210,2117 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_n = 367,5 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.55. Hasil *Output* Analisis Percobaan Kedua Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 8ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D16 mm dengan penggunaan

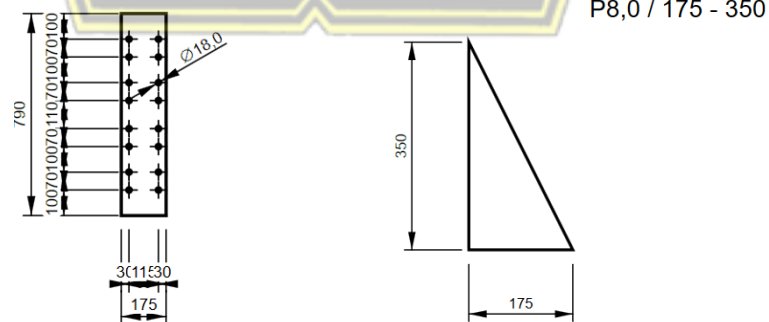
ketebalan pelat sambung setebal 10 mm. Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 8ES balok - kolom tersebut dinyatakan **Sambungan Dapat Menerima Kapasitas Maksimal Profil Balok Tetapi Belum Optimal** terhadap kekuatan tarik dan geser profil balok yang terjadi.

3) Percobaan 3 (Baut D16 dan Pelat 8 mm)

Percobaan variasi dimensi pelat ketiga ini menggunakan ukuran baut dengan diameter D20 mm dengan ketebalan pelat setebal 16 mm, hasil analisis pada percobaan variasi ini dapat dilihat pada output aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

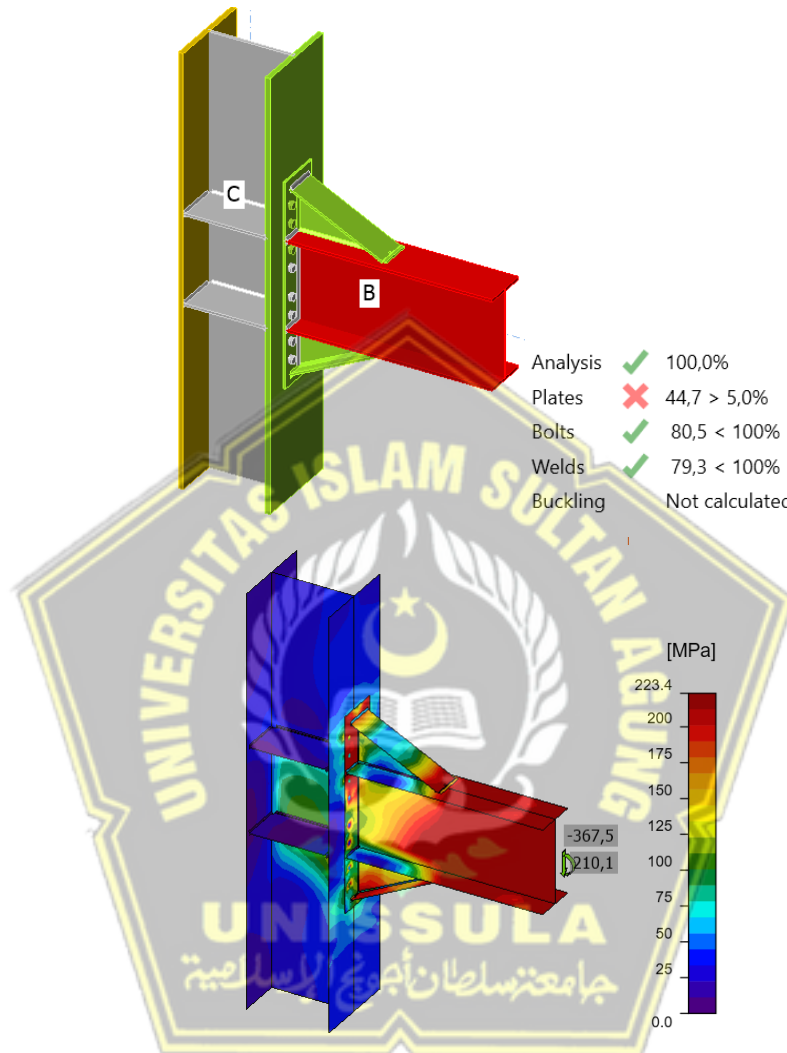


Gambar 4.56. Pemodelan Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES di *IDEA Statica*



Gambar 4.57. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 8ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_p = 210,2117 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_n = 367,5 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.58. Hasil *Output* Analisis Percobaan Ketiga Variasi Tebal Pelat Sambungan 8ES *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 8ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D16 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 8 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 8ES balok-kolom tersebut dinyatakan **Aman dan Optimum Dalam Menerima Momen Plastis Maksimum Balok** terhadap kekuatan tarik dan geser yang terjadi.

Hasil dari analisis Pada *IDEA Statica* sambungan 8ES ini dapat dilihat adanya pengaruh gaya momen yang sangat tinggi pada section balok yang ditandai dengan adanya warna merah pada *section* balok. Akan tetapi hal tersebut masih dinyatakan aman dikarenakan masih sesuai dengan konsep sambungan.

c. Kesimpulan Analisa Variasi Dimensi Sambungan 8ES

Kesimpulan yang bisa kita ambil dalam studi analisis variasi dimensi baut dan pelat pada sambungan 8ES sesuai dengan SNI 7972-2020 tentang sambungan terprakualifikasi dapat dilihat pada **Tabel 4.9** hasil percobaan di bawah ini

Tabel 4.9. Hasil Analisis Variasi Sambungan Baut dan Pelat Sambungan 8ES

No.	Tipe Sambungan	Baut	Pelat	Kesimpulan
3	8ES (HWF 350.350.12.19 dan IWF 350.175.7.11)	D12	8 mm	Sambungan tidak aman menahan kapasitas momen plastis balok (Kapasitas Sambungan < Kapasitas Momen)
		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)

Berdasarkan hasil tabel studi analisis sambungan 8ES diatas kami menggunakan 3 kali percobaan variasi dimensi baut dan 3 kali percobaan variasi dimensi ketebalan pelat. Terdapat beberapa hasil yang menyatakan bahwa ukuran

baut dan pelat berdampak terhadap kinerja pengaruh gaya momen dan geser yang besar pada sambungan.

Dari hasil percobaan analisis variasi dimensi baut dan pelat pada sambungan 8ES dapat kita tarik garis kesimpulan dengan ukuran dimensi baut D16 mm dengan ketebalan pelat setebal 8 mm dapat dikatakan aman dan optimum dalam menerima kapasitas momen plastis profil balok.

4.3.4. Kesimpulan Variasi Dimensi Baut dan Pelat Sambungan 4E, 4ES, dan 8ES

Parameter yang kita dapat dari data **Tabel 4.3**, **Tabel 4.6**, dan **Tabel 4.9** 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 4.10. 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

4.4 Analisa Kapasitas Sambungan

Berdasarkan analisa perhitungan kapasitas profil kolom dan balok diatas dapat kita simpulkan bahwa untuk kapasitas maksimum dari profil dapat kita lihat sebagaimana berikut

a. Data Material Profil Sambungan

- Kolom

Modulus Elastisitas (E) = 200000 MPa

Mutu Baja = ASTM A36

Kuat Putus Baja (F_u) = 400 MPa

Kuat Leleh Baja (F_y) = 250 MPa

Rasio kuat leleh terekspektasi terhadap kelelahan minimum (R_y) = 0,8 ; 1,0 ; 1,1 ; 1,2 ; 1,3

- Balok

Modulus Elastisitas (E) = 200000 MPa

Mutu Baja = ASTM A36

Kuat Putus Baja (F_u) = 400 MPa

Kuat Leleh Baja (F_y) = 250 MPa

Rasio kuat leleh terekspektasi terhadap kelelahan minimum R_y = 0,8 ; 1,0 ; 1,1 ; 1,2 ; 1,3

Besrdasarkan SNI 7279-2020 tentang sambungan ter-prakualifikasi terdapat acuan batas dasar tentang rasio kuat leleh terekspektasi minimum dalam sambungan dengan Batasan sebagai berikut

$$M_n = M_p$$

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

$$\begin{aligned} M_{x(1)} &= M_p \times R_y \\ &= 210,21175 \times 0,8 \end{aligned}$$

$$= 168,1694 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned} M_{x(2)} &= M_p \times R_y \\ &= 210,21175 \times 1,0 \\ &= 210,21175 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{x(3)} &= M_p \times R_y \\ &= 210,21175 \times 1,1 \\ &= 231.2329 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{x(4)} &= M_p \times R_y \\ &= 210,21175 \times 1,2 \\ &= 252,2541 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{x(5)} &= M_p \times R_y \\ &= 210,21175 \times 1,3 \\ &= 273.2753 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Dengan nilai momen geser di terhadap sambungan diatas di dapati dengan nilai sebagai berikut

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

Berdasarkan SNI 7972-2020 tentang sambungan ter-prakualifikasi terdapat acuan batas dasar tentang rasio kuat leleh terekspektasi minimum dalam sambungan dengan batasan momen geser sebagai berikut

$$\begin{aligned} V_{x(1)} &= V_n \times R_y \\ &= 367,5 \times 0,8 \\ &= 294 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{x(2)} &= V_n \times R_y \\ &= 367,5 \times 1,0 \\ &= 367,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{x(3)} = V_n \times R_y$$

$$\begin{aligned}
 &= 367,5 \times 1,1 \\
 &= 404.25 \text{ kN} \\
 V_{x(4)} &= V_n \times R_y \\
 &= 367,5 \times 1,2 \\
 &= 441 \text{ kN} \\
 V_{x(5)} &= V_n \times R_y \\
 &= 367,5 \times 1,3 \\
 &= 477,75 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil dari tegangan momen dan geser profil yang telah menerima rasio ter ekspektasi seperti dtunjukkan pada **Tabel 4.10** dibawah ini

Tabel 4.11. 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

4.4.1. Analisis Tegangan Momen dan Geser Sambungan 4E

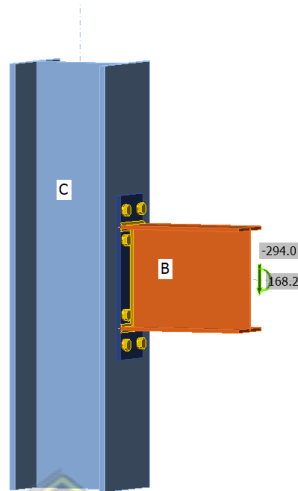
Dengan hasil tegangan momen dan tegagan geser untuk sambungan ter-prakualifikasi diatas dapat kita analisis berdasarkan *IDEA Statica* mengenai tegangan momen dan geser yang menerima rasio leleh terekspektasi sebagai contoh diatas dengan hasil sebagai berikut;

1) Analisis Tegangan Momen dan Geser ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$) Sambungan 4E

Analisis pada percobaan Sambungan 4E dengan ketentuan sambungan diatas dapat dilihat pada *output* aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

$$M_{x(1)} = 168,1694 \text{ kN.m}$$

$$V_{x(1)} = 294 \text{ kN}$$

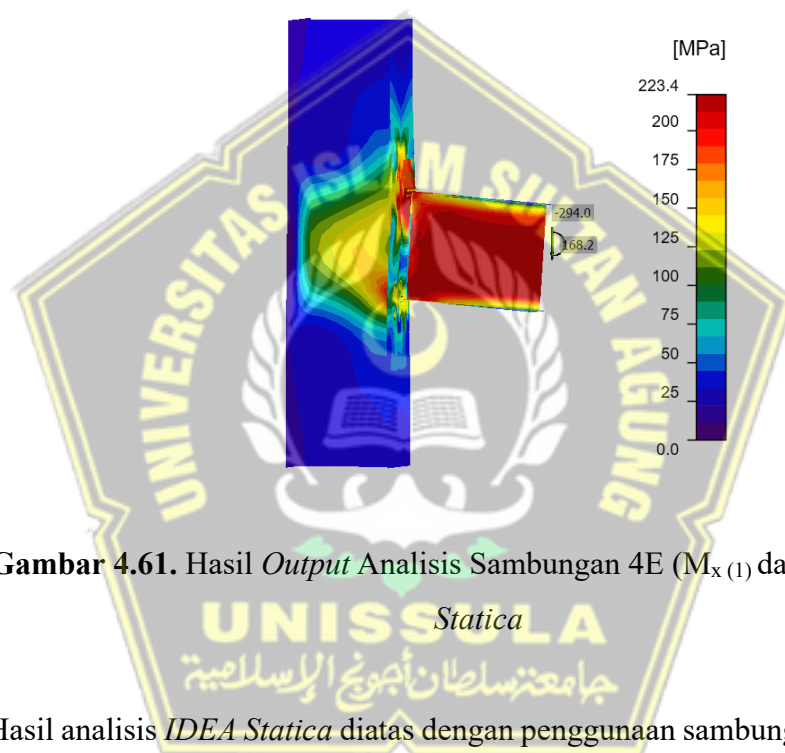
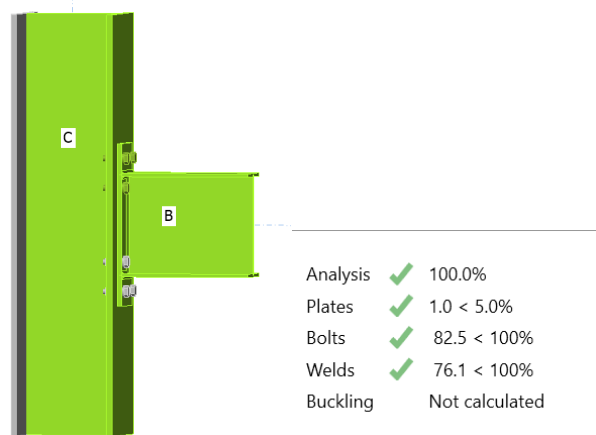


Gambar 4.59. Pemodelan Sambungan Tipe 4E ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$) *IDEA*



Gambar 4.60. Konfigurasi *Endplate* Sambungan Tipe 4E ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$)

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4E terprakualifikasi dengan ketentuan $M_{x(1)} = 168,1694 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_{x(1)} = 294 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.61. Hasil *Output* Analisis Sambungan 4E ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$) *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4E dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

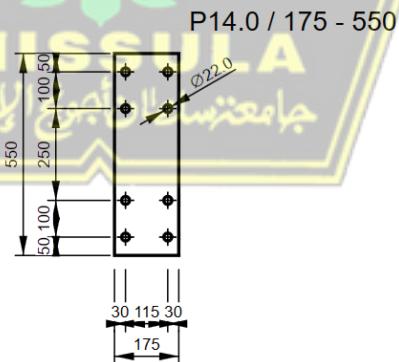
Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4E balok-kolom tersebut kapasitas sambungan dapat menerima kapasitas momen dengan nilai $M_{x(1)} = 168,1694$ kN.m dengan rasio terekspekstasi 0,8 dari momen profil balok tersebut tetapi belum mencapai batas optimum sambungan.

2) Analisis Tegangan Momen dan Geser ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$) Sambungan 4E

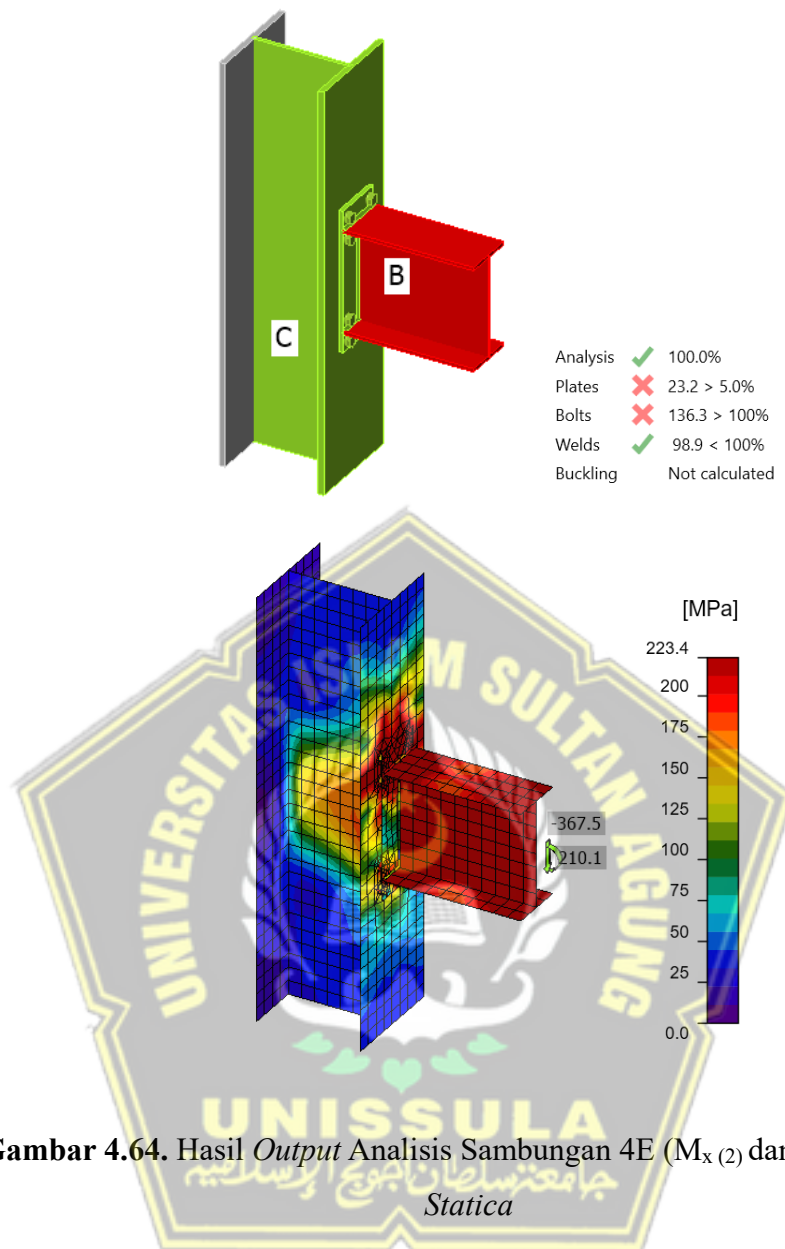
Analisis pada percobaan Sambungan 4E dengan ketentuan sambungan diatas dapat dilihat pada *output* aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

$$M_{x(2)} = 210,1175 \text{ kN.m}$$

$$V_{x(2)} = 367,5 \text{ kN}$$



Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4E terprakualifikasi dengan ketentuan $M_{x(2)} = 210,1175 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_{x(2)} = 367,5 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.64. Hasil *Output* Analisis Sambungan 4E ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$) *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4E dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4E balok-kolom tersebut dinyatakan **kapasitas sambungan dapat menerima kapasitas momen dengan nilai $M_{x(2)} = 210,21175$ kN.m dengan rasio terekspekstasi 1,0 dari momen profil balok tersebut secara optimum.**

Hasil dari analisis Pada *IDEA Statica* sambungan 4E ini dapat dilihat adanya pengaruh gaya momen yang sangat tinggi pada section balok yang ditandai dengan adanya warna merah pada *section* balok. Akan tetapi hal tersebut masih dinyatakan aman dikarenakan masih sesuai dengan konsep sambungan.

3) Analisis Tegangan Momen dan Geser ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$) Sambungan 4E

Analisis pada percobaan Sambungan 4E dengan ketentuan sambungan diatas dapat dilihat pada *output* aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

$$M_{x(3)} = 231.233 \text{ kN.m}$$

$$V_{x(3)} = 404.25 \text{ kN}$$



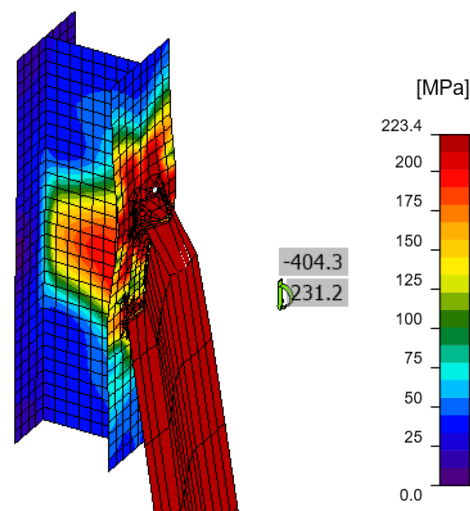
Gambar 4.65. Pemodelan Sambungan Tipe 4E ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$) *IDEA Statica*

Technical drawing of a rectangular plate with the following dimensions and features:

- Overall width: 175
- Overall height: 550
- Four holes arranged in a 2x2 grid.
- Horizontal hole positions: 30 from each side, 115 between holes.
- Vertical hole positions: 50 from bottom, 100 between holes, 250 from top.
- Top right corner chamfer: $\phi 22.0$

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4E ter-prakualifikasi dengan ketentuan $M_{x(3)} = 252,2541 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_{x(3)} = 404,3 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;





Gambar 4.67. Hasil *Output* Analisis Sambungan 4E ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$) *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4E dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

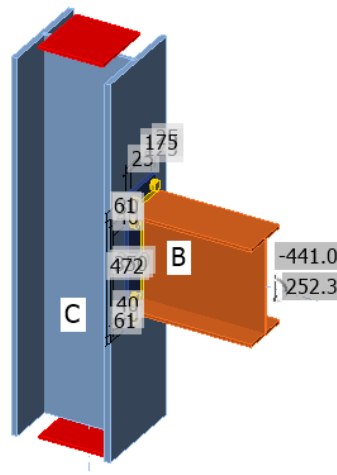
Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4E balok-kolom tersebut dinyatakan **kapasitas sambungan tidak dapat dan tidak aman menerima kapasitas momen dengan nilai $M_{x(3)} = 231,2329$ kN.m dengan rasio terekspekstasi 1,1 dari momen profil balok.**

4) Analisis Tegangan Momen dan Geser ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$) Sambungan 4E

Analisis pada percobaan Sambungan 4E dengan ketentuan sambungan diatas dapat dilihat pada *output* aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

$$M_{x(4)} = 252.2541 \text{ kN.m}$$

$$V_{x(4)} = 441 \text{ kN}$$



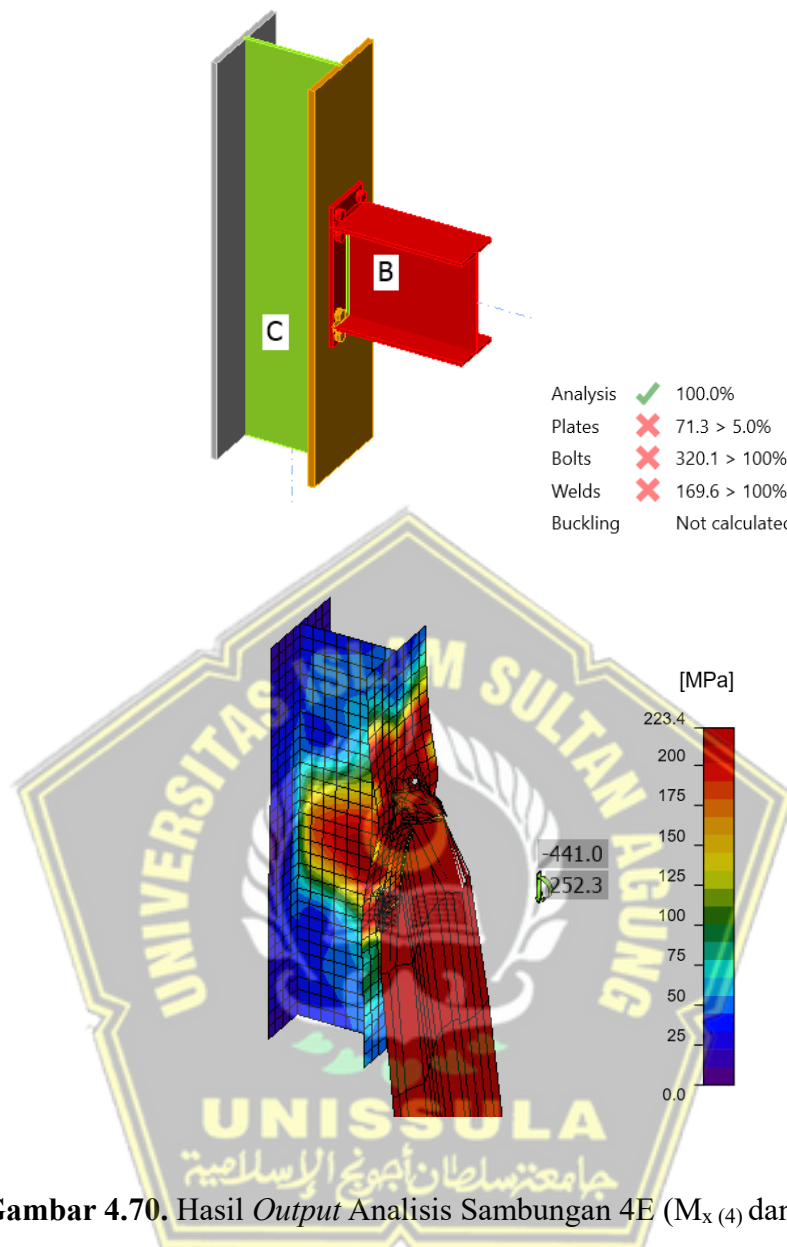
Gambar 4.68. Pemodelan Sambungan Tipe 4E ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$) IDEA

Statica



Gambar 4.69. Konfigurasi *Endplate* Sambungan 4E ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$)

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4E ter-prakualifikasi dengan ketentuan $M_{x(4)} = 252,3$ kN.m ; dan momen geser $V_{x(4)} = 441$ kN didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.70. Hasil *Output Analisis Sambungan 4E* ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$) *IDEA Statica*

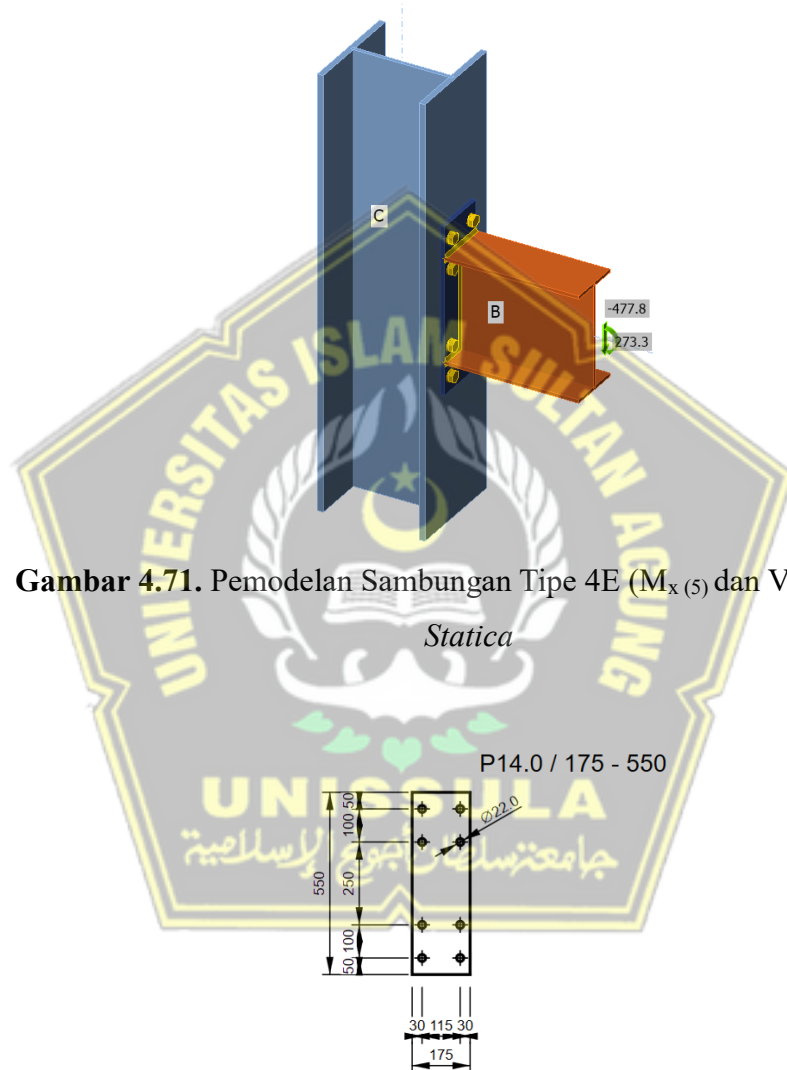
Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4E dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4E balok-kolom tersebut dinyatakan **kapasitas sambungan tidak dapat dan tidak aman menerima kapasitas momen dengan nilai $M_{x(4)} = 252,2541$ kN.m dengan rasio terekspekstasi 1,2 dari momen profil balok.**

5) Analisis Tegangan Momen dan Geser ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$) Sambungan 4E
 Analisis pada percobaan Sambungan 4E dengan ketentuan sambungan diatas dapat dilihat pada *output* aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

$$M_{x(5)} = 273,2753 \text{ kN.m}$$

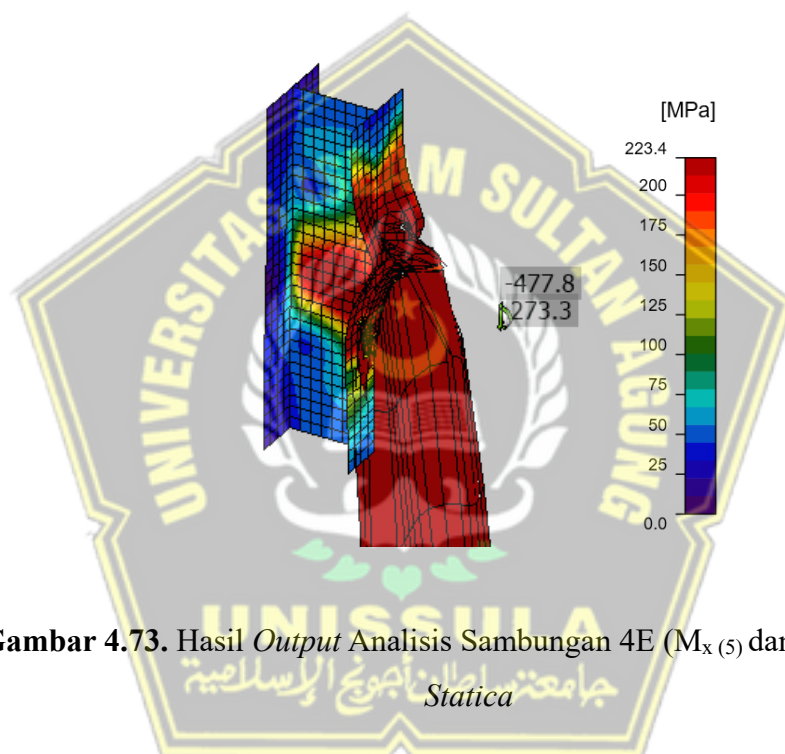
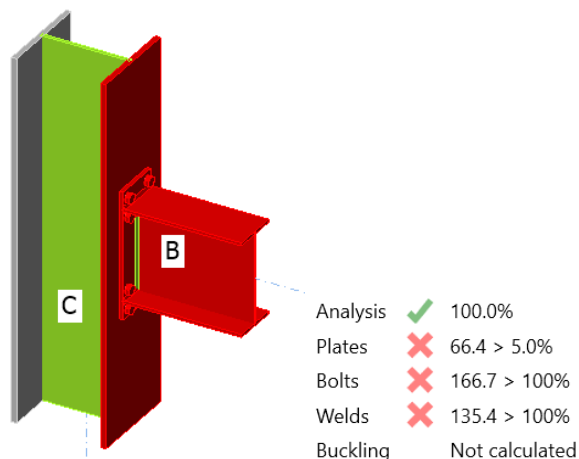
$$V_{x(5)} = 477,75 \text{ kN}$$



Gambar 4.71. Pemodelan Sambungan Tipe 4E ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$) *IDEA Statica*

Gambar 4.72. Konfigurasi *Endplate* Sambungan 4E ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$)

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4E terprakualifikasi dengan ketentuan $M_{x(4)} = 273,28 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_{x(4)} = 477,75 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.73. Hasil *Output* Analisis Sambungan 4E ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$) *IDEA Statica*

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4E dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4E balok-kolom tersebut dinyatakan **kapasitas sambungan tidak dapat dan tidak aman menerima kapasitas momen dengan nilai $M_{x(5)} = 273,2753$ kN.m dengan rasio terekspekstasi 1,3 dari momen profil balok.**

4.4.2. Analisis Tegangan Momen dan Geser Sambungan 4ES

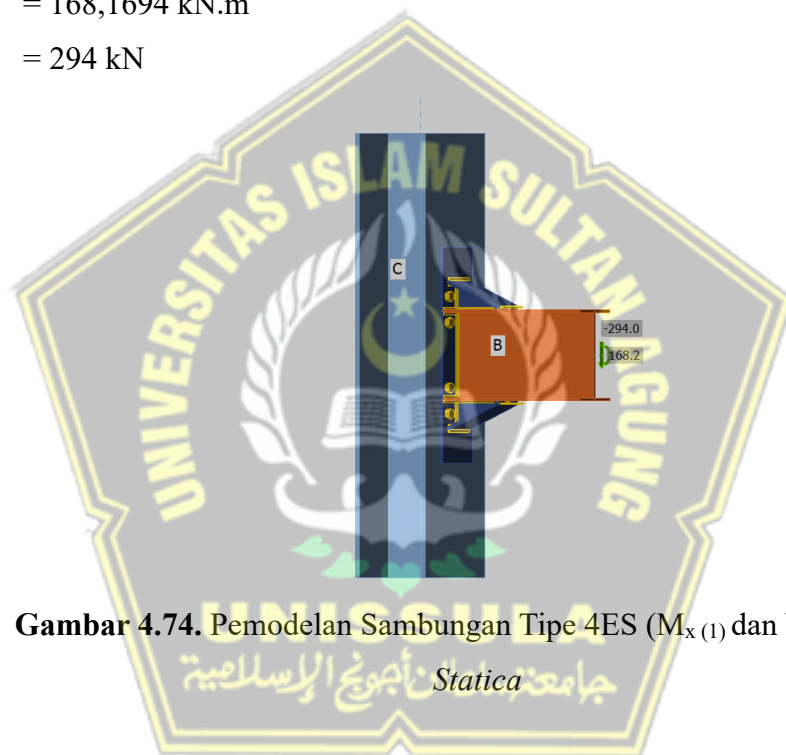
Dengan hasil tegangan momen dan tegangan geser untuk sambungan terprakualifikasi diatas dapat kita analisis berdasarkan *IDEA Statica* mengenai tegangan momen dan geser yang menerima rasio leleh terekspektasi sebagai contoh diatas dengan hasil sebagai berikut ;

1) Analisis Tegangan Momen dan Geser ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$) Sambungan 4ES

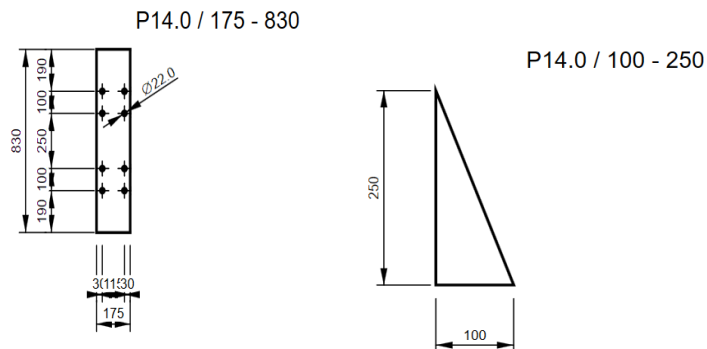
Analisis pada percobaan Sambungan 4ES dengan ketentuan sambungan diatas dapat dilihat pada *output* aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini.

$$M_{x(1)} = 168,1694 \text{ kN.m}$$

$$V_{x(1)} = 294 \text{ kN}$$

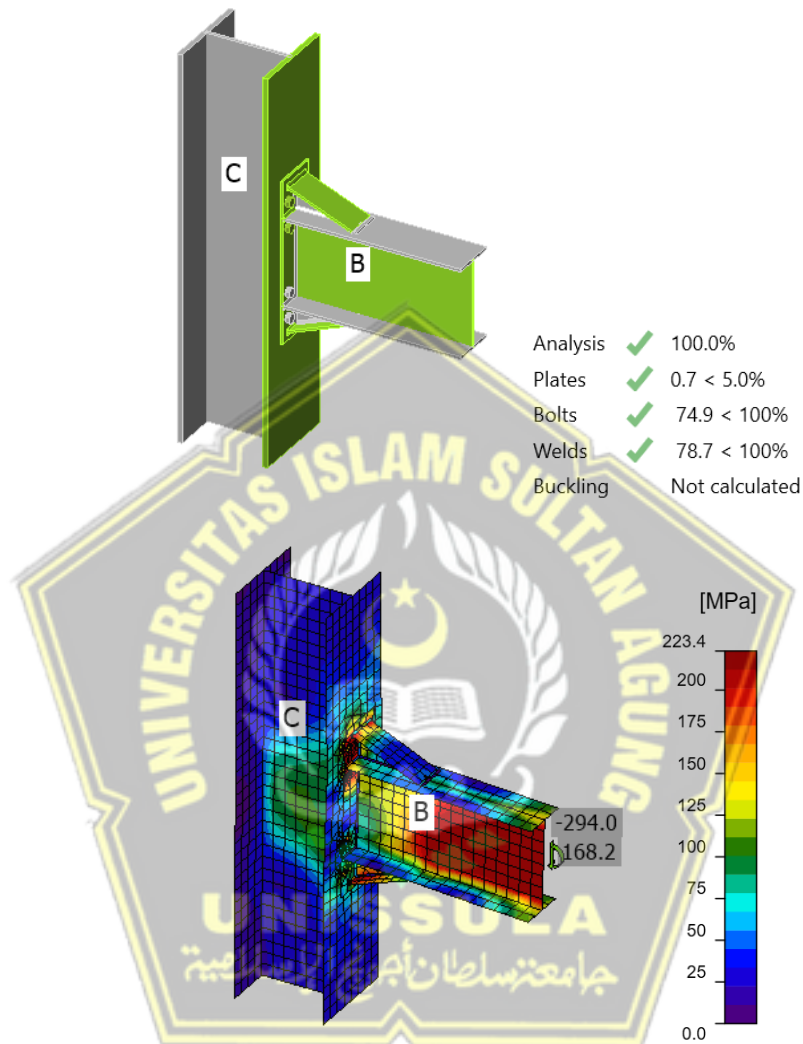


Gambar 4.74. Pemodelan Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$) *IDEA Statica*



Gambar 4.75. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Sambungan 4ES ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$)

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_{x(1)} = 168,1694 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_{x(1)} = 294 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.76. Hasil *Output* Analisis Sambungan 4ES ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$)
IDEA Statica

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4ES balok-kolom tersebut dinyatakan **kapasitas sambungan dapat menerima kapasitas momen dengan**

nilai $M_{x(1)} = 168,1694 \text{ kN.m}$ dengan rasio terekspektasi 0,8 dari momen profil balok tersebut tetapi belum mencapai batas optimum sambungan.

2) Analisis Tegangan Momen dan Geser ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$) Sambungan 4ES

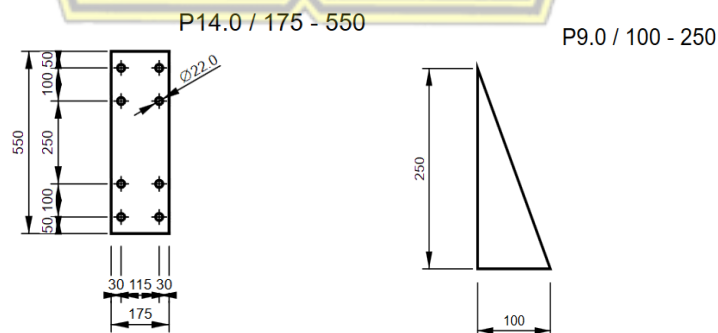
Analisis pada percobaan Sambungan 4ES dengan ketentuan sambungan diatas dapat dilihat pada *output* aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

$$M_{x(2)} = 210,1175 \text{ kN.m}$$

$$V_{x(2)} = 367,5 \text{ kN}$$

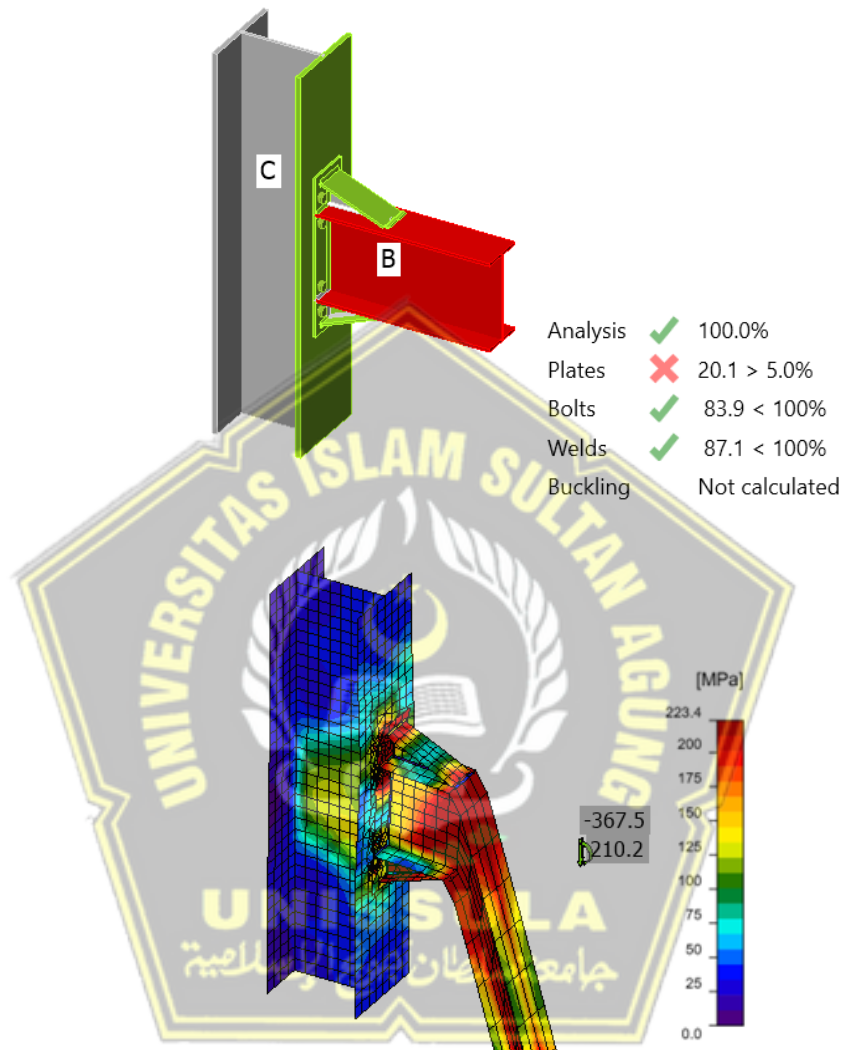


Gambar 4.77. Pemodelan Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$) *IDEA Statica*



Gambar 4.78. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Sambungan 4ES ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$)

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_{x(2)} = 210,1175 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_{x(2)} = 367,5 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.79. Hasil *Output* Analisis Sambungan 4ES ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$)
IDEA Statica

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4ES balok-kolom tersebut dinyatakan **kapasitas sambungan dapat menerima kapasitas momen dengan**

nilai $M_{x(2)} = 210,21175 \text{ kN.m}$ dengan rasio terekspekstasi 1,0 dari momen profil balok tersebut tetapi belum mencapai batas optimum sambungan.

3) Analisis Tegangan Momen dan Geser ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$) Sambungan 4ES

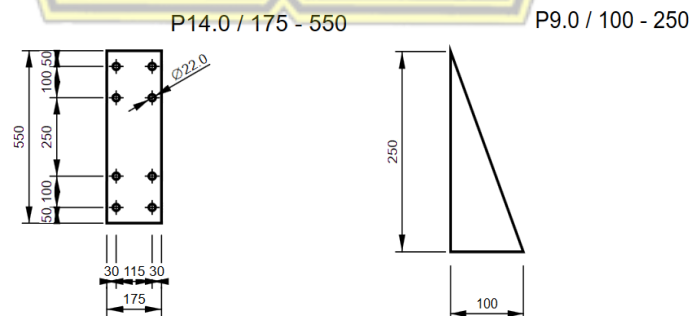
Analisis pada percobaan Sambungan 4ES dengan ketentuan sambungan diatas dapat dilihat pada *output* aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

$$M_{x(3)} = 252,2541 \text{ kN.m}$$

$$V_{x(3)} = 441 \text{ kN}$$

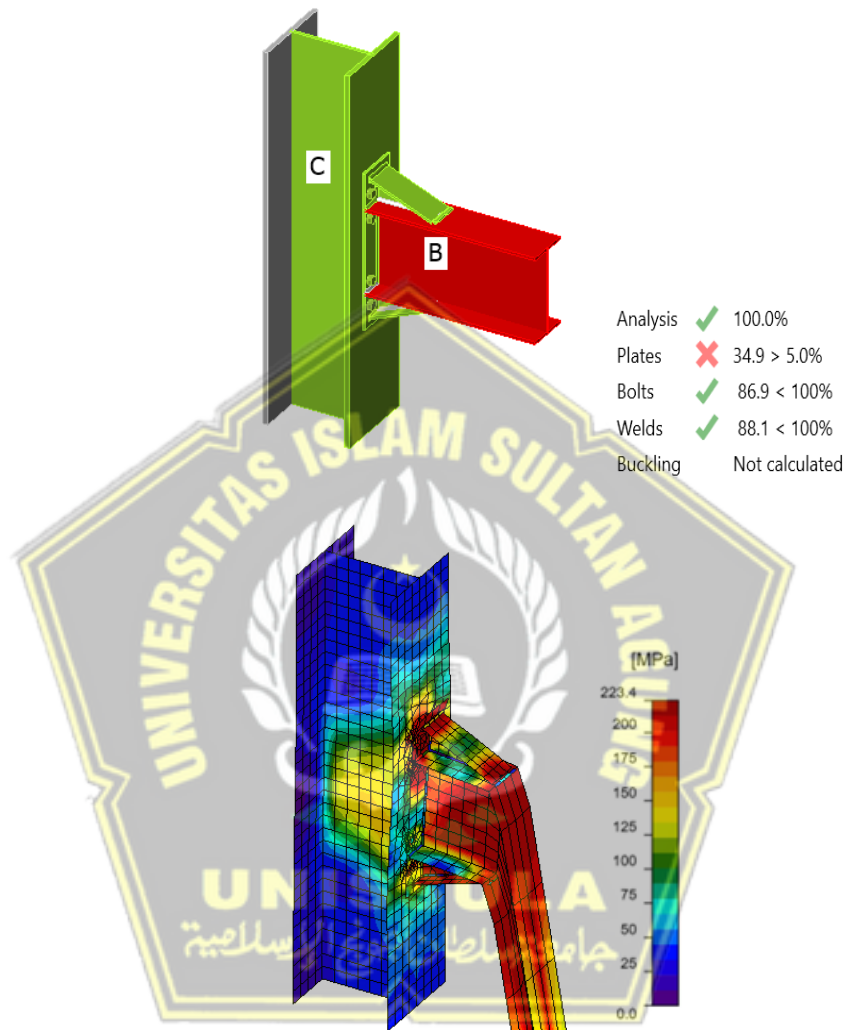


Gambar 4.80. Pemodelan Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$) *IDEA Statica*



Gambar 4.81. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Sambungan 4ES ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$)

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_{x(3)} = 231,232 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_{x(3)} = 404,3 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.82. Hasil *Output* Analisis Sambungan 4ES ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$)
IDEA Statica

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4ES balok-kolom tersebut dinyatakan **kapasitas sambungan dapat menerima kapasitas momen dengan**

nilai $M_{x(3)} = 231,2329 \text{ kN.m}$ dengan rasio terekspekstasi 1,1 dari momen profil balok tersebut secara optimum.

Hasil dari analisis Pada *IDEA Statica* sambungan 8ES ini dapat dilihat adanya pengaruh gaya momen yang sangat tinggi pada section balok yang ditandai dengan adanya warna merah pada *section* balok. Akan tetapi hal tersebut masih dinyatakan aman dikarenakan masih sesuai dengan konsep sambungan.

4) Analisis Tegangan Momen dan Geser ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$) Sambungan 4ES

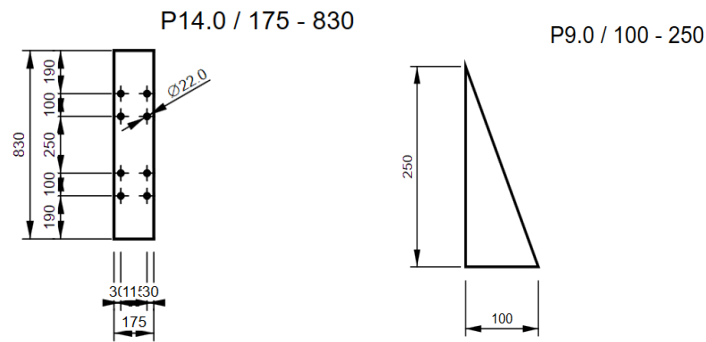
Analisis pada percobaan sambungan 4ES dengan ketentuan sambungan diatas dapat dilihat pada *output* aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

$$M_{x(4)} = 252,2541 \text{ kN.m}$$

$$V_{x(4)} = 441.0 \text{ kN}$$



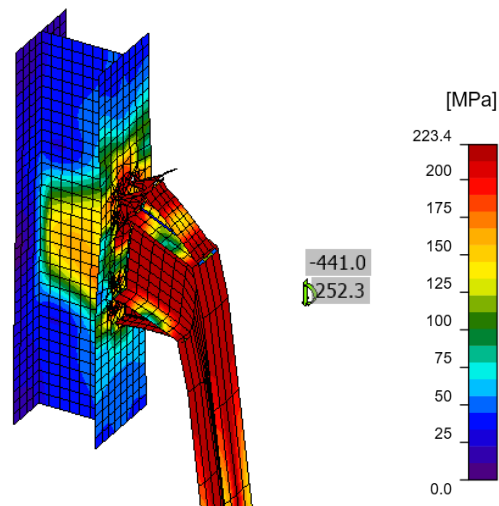
Gambar 4.83. Pemodelan Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$) *IDEA Statica*



Gambar 4.84. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Sambungan 4ES ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$)

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_{x(4)} = 252.2541$ kN.m ; dan momen geser $V_{x(4)} = 441$ kN didapati hasil output untuk ID *IDEA Statica* sebagai berikut;





Gambar 4.85. Hasil *Output* Analisis Sambungan 4ES ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$)

IDEA Statica

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

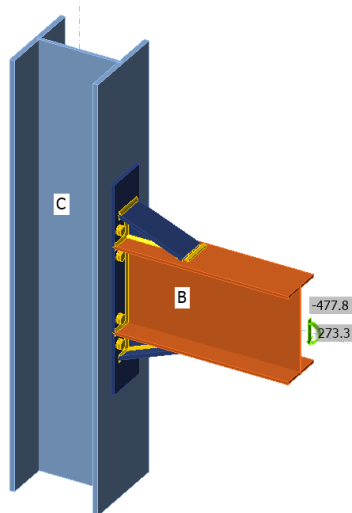
Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 8ES balok-kolom tersebut dinyatakan **kapasitas sambungan tidak dapat dan tidak aman menerima kapasitas momen dengan nilai $M_{x(4)} = 252,2541$ kN.m dengan rasio terekspekstasi 1,2 dari momen profil balok**

5) Analisis Tegangan Momen dan Geser ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$) Sambungan 4ES

Analisis pada percobaan sambungan 4ES dengan ketentuan sambungan diatas dapat dilihat pada *output* aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

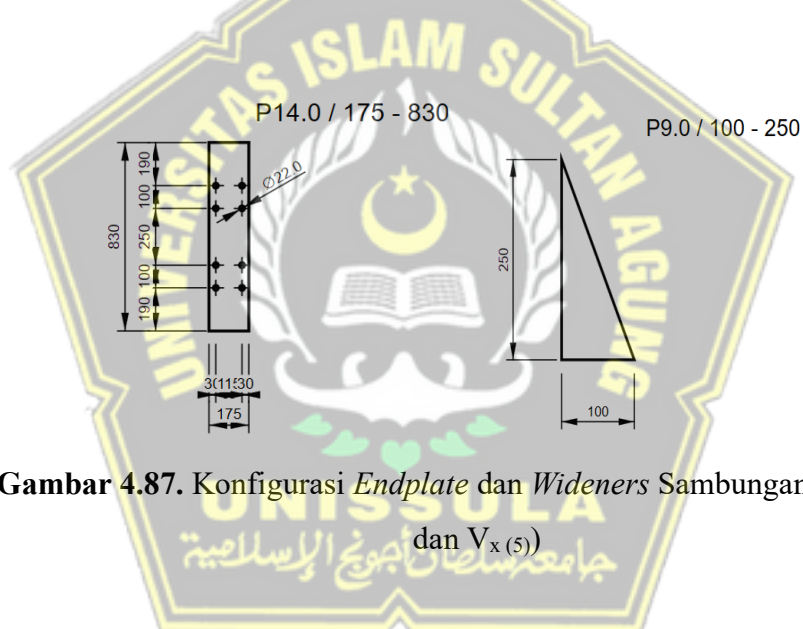
$$M_{x(4)} = 273,28 \text{ kN.m}$$

$$V_{x(4)} = 477,75 \text{ kN}$$



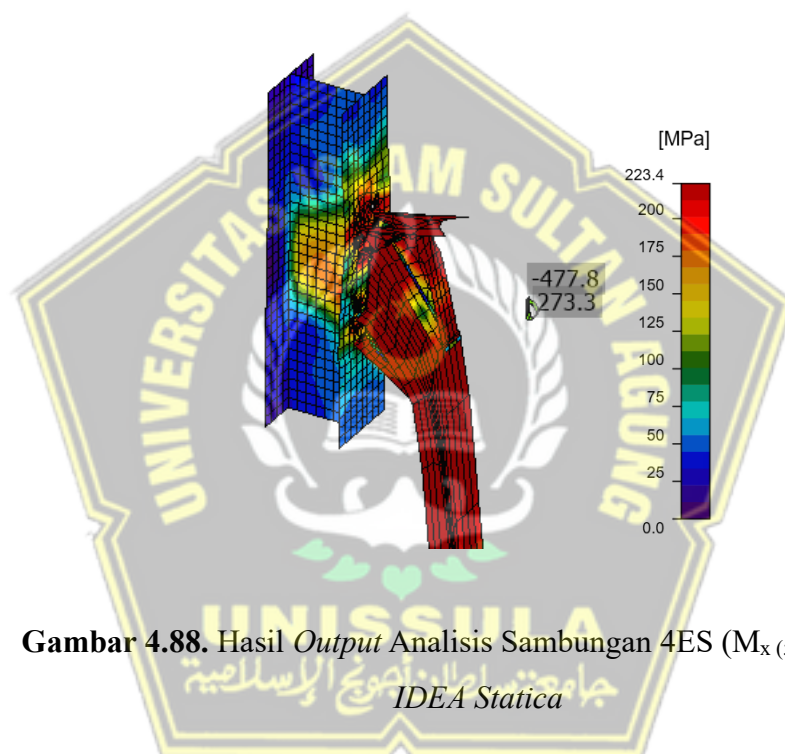
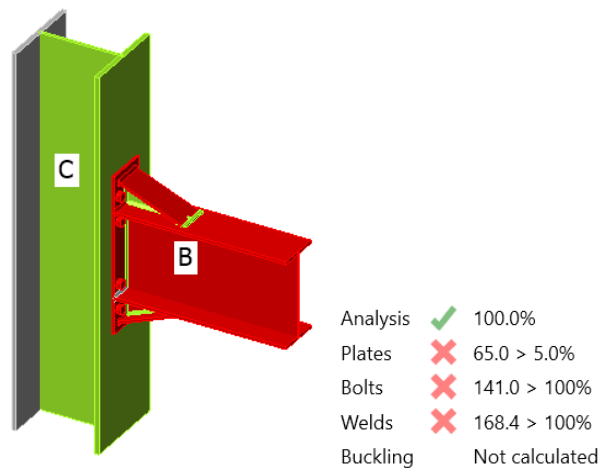
Gambar 4.86. Pemodelan Sambungan Tipe 4ES ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$) *IDEA*

Statica



Gambar 4.87. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Sambungan 4ES ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$)

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 4ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_{x(4)} = 273,28 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_{x(4)} = 477,75 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.88. Hasil *Output* Analisis Sambungan 4ES ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$)

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 4ES balok-kolom tersebut dinyatakan **kapasitas sambungan tidak dapat dan tidak aman menerima kapasitas momen dengan nilai $M_{x(5)} = 273,2753$ kN.m dengan rasio terekspekstasi 1,3 dari momen profil balok**

4.4.3. Analisis Tegangan Momen dan Geser Sambungan 8ES

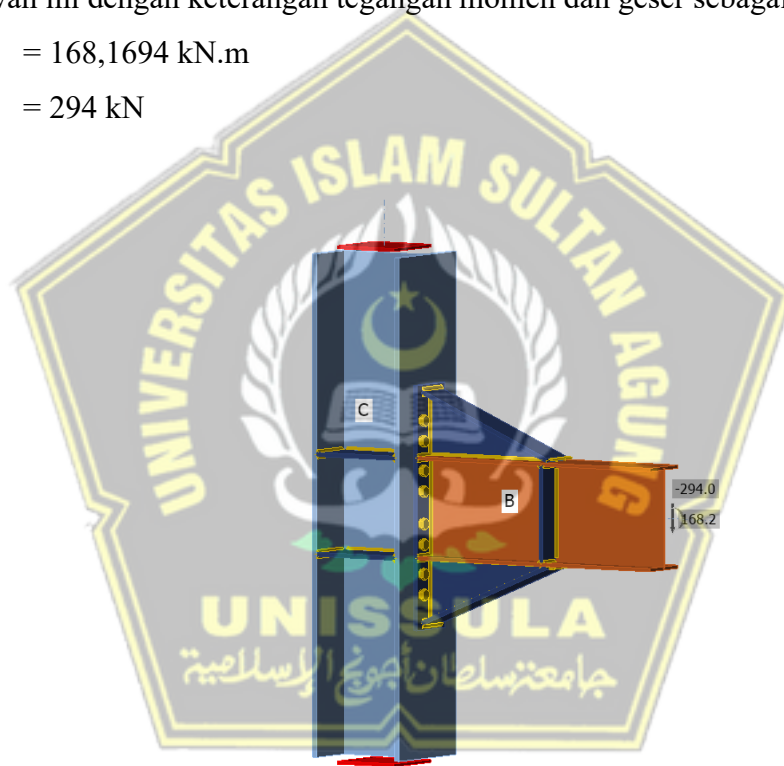
Dengan hasil tegangan momen dan tegangan geser untuk sambungan terprakualifikasi diatas dapat kita analisis berdasarkan *IDEA Statica* mengenai tegangan momen dan geser yang menerima rasio leleh terekspektasi sebagai contoh diatas dengan hasil sebagai berikut;

1) Analisis Tegangan Momen dan Geser ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$) Sambungan 8ES

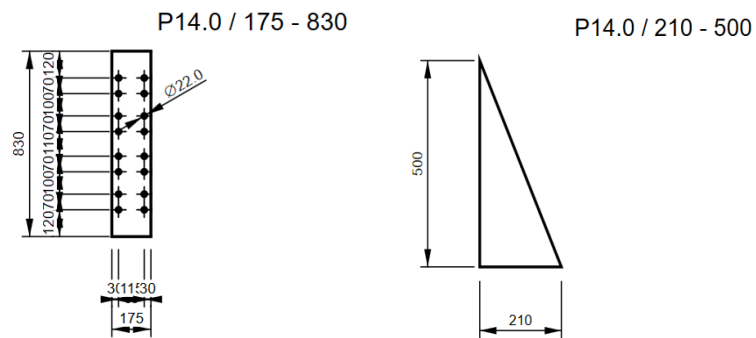
Analisis pada percobaan sambungan 8ES dengan ketentuan tegangan momen dan geser sambungan 8ES diatas dapat dilihat pada *output* aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini dengan keterangan tegangan momen dan geser sebagai berikut.

$$M_{x(1)} = 168,1694 \text{ kN.m}$$

$$V_{x(1)} = 294 \text{ kN}$$



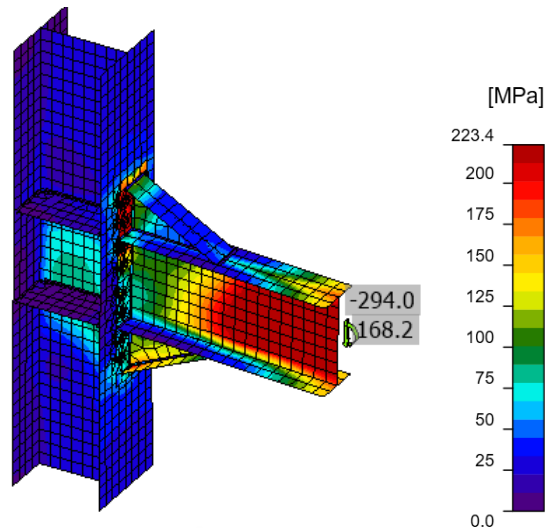
Gambar 4.89. Pemodelan Sambungan Tipe 8ES ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$) *IDEA Statica*



Gambar 4.90. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Sambungan 8ES ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$)

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 8ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_{x(1)} = 168,1694 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_{x(1)} = 294 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;





Gambar 4.91. Hasil *Output* Analisis Sambungan 8ES ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$)

IDEA Statica

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 8ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

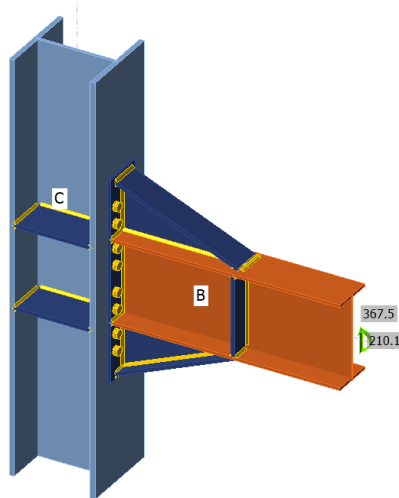
Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 8ES balok - kolom tersebut dinyatakan **kapasitas sambungan dapat menerima kapasitas momen dengan nilai $M_{x(1)} = 168,1694$ kN.m dengan rasio terekspekstasi 0,8 dari momen profil balok tersebut tetapi belum mencapai batas optimum sambungan.**

2) Analisis Tegangan Momen dan Geser ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$) Sambungan 8ES

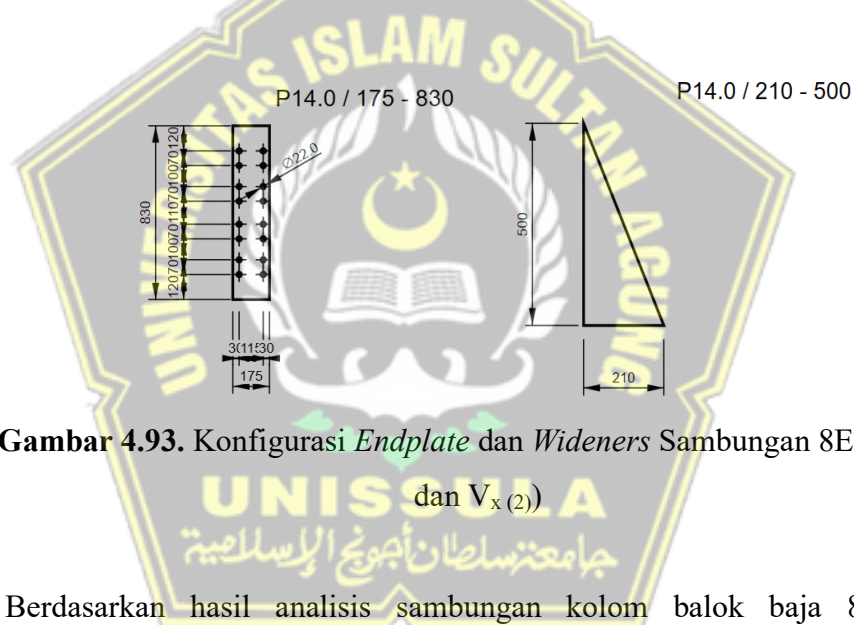
Analisis pada percobaan Sambungan 8ES dengan ketentuan sambungan diatas dapat dilihat pada *output* aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini.

$$M_{x(2)} = 210,1 \text{ kN.m}$$

$$V_{x(2)} = 367,5 \text{ kN}$$

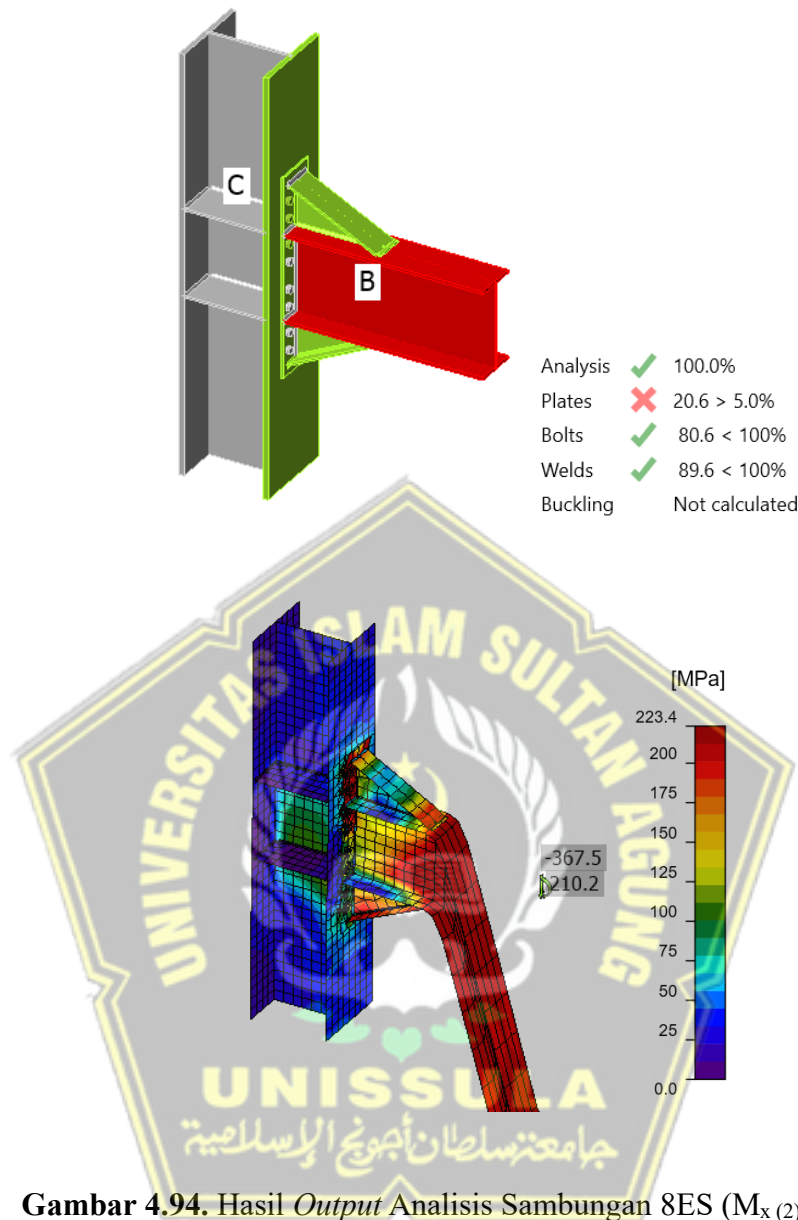


Gambar 4.92. Pemodelan Sambungan Tipe 8ES ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$) *IDEA Statica*



Gambar 4.93. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Sambungan 8ES ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$)

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 8ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_{x(2)} = 210,1$ kN.m ; dan momen geser $V_{x(2)} = 367,5$ kN didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.94. Hasil *Output* Analisis Sambungan 8ES ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$)

IDEA Statica

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 8ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

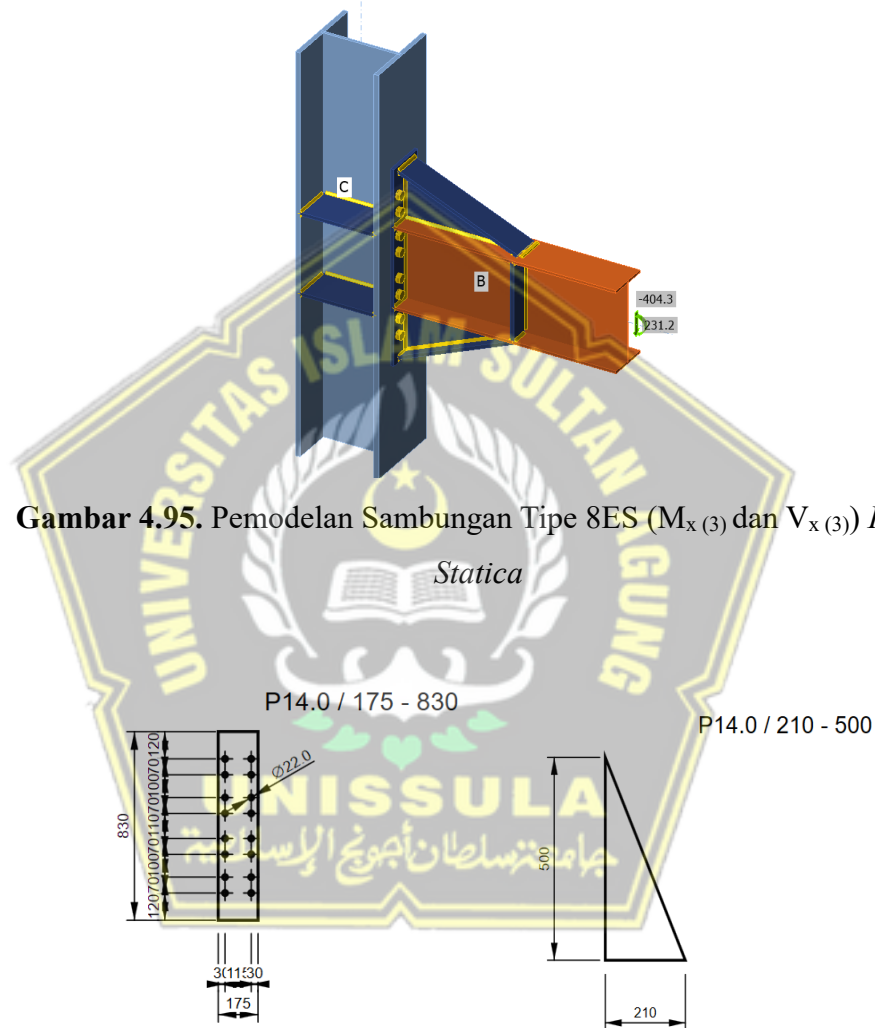
Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 8ES balok-kolom tersebut dinyatakan **kapasitas sambungan dapat menerima kapasitas momen dengan nilai $M_{x(2)} = 210,21175$ kN.m dengan rasio terekspekstasi 1,0 dari momen profil balok tersebut tetapi belum mencapai batas optimum sambungan.**

3) Analisis Tegangan Momen dan Geser ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$) Sambungan 8ES

Analisis pada percobaan Sambungan 8ES dengan ketentuan sambungan diatas dapat dilihat pada *output* aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

$$M_{x(3)} = 231,2329 \text{ kN.m}$$

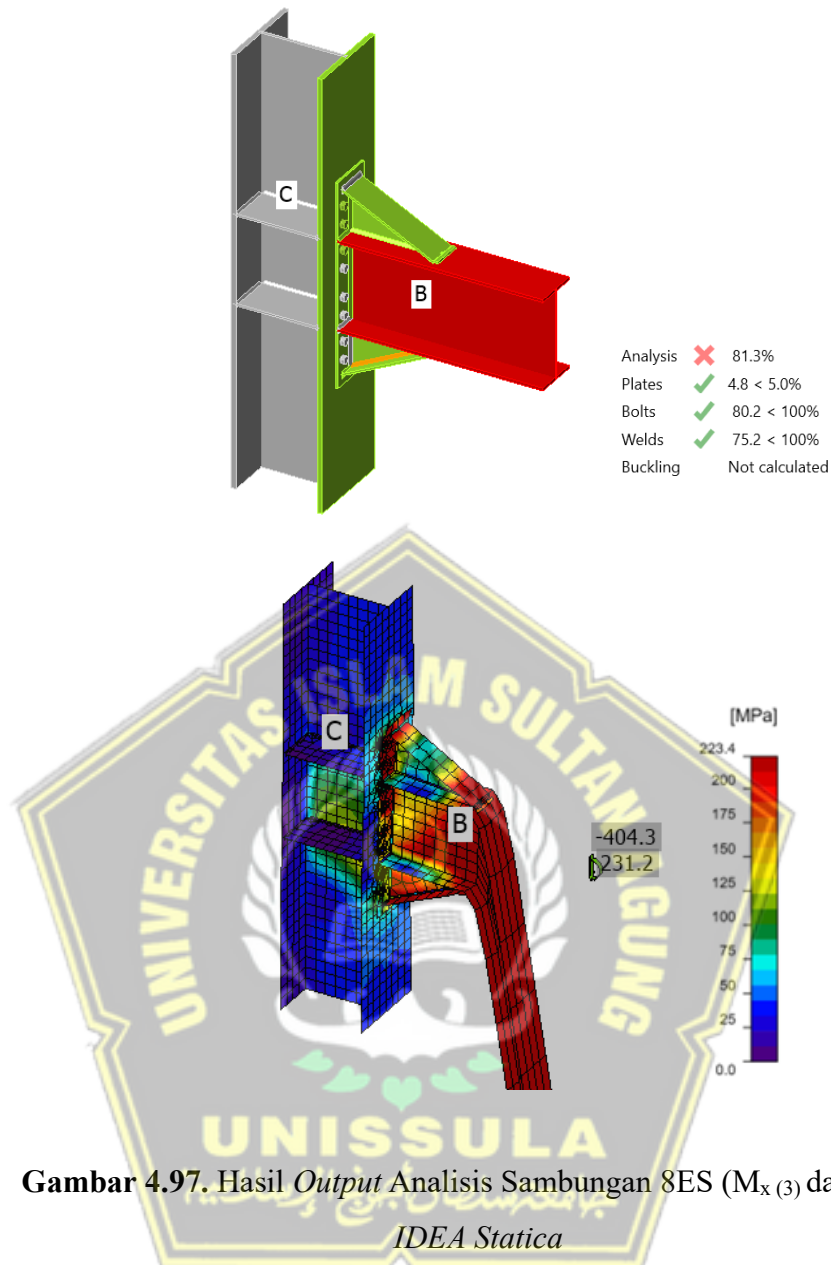
$$V_{x(3)} = 404,25 \text{ kN}$$



Gambar 4.95. Pemodelan Sambungan Tipe 8ES ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$) *IDEA Statica*

Gambar 4.96. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Sambungan 8ES ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$)

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 8ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_{x(3)} = 231,232 \text{ kN.m}$; dan momen geser $V_{x(3)} = 404,3 \text{ kN}$ didapati hasil *output* untuk *IDEA Statica* sebagai berikut



Gambar 4.97. Hasil *Output* Analisis Sambungan 8ES ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$)

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 4ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

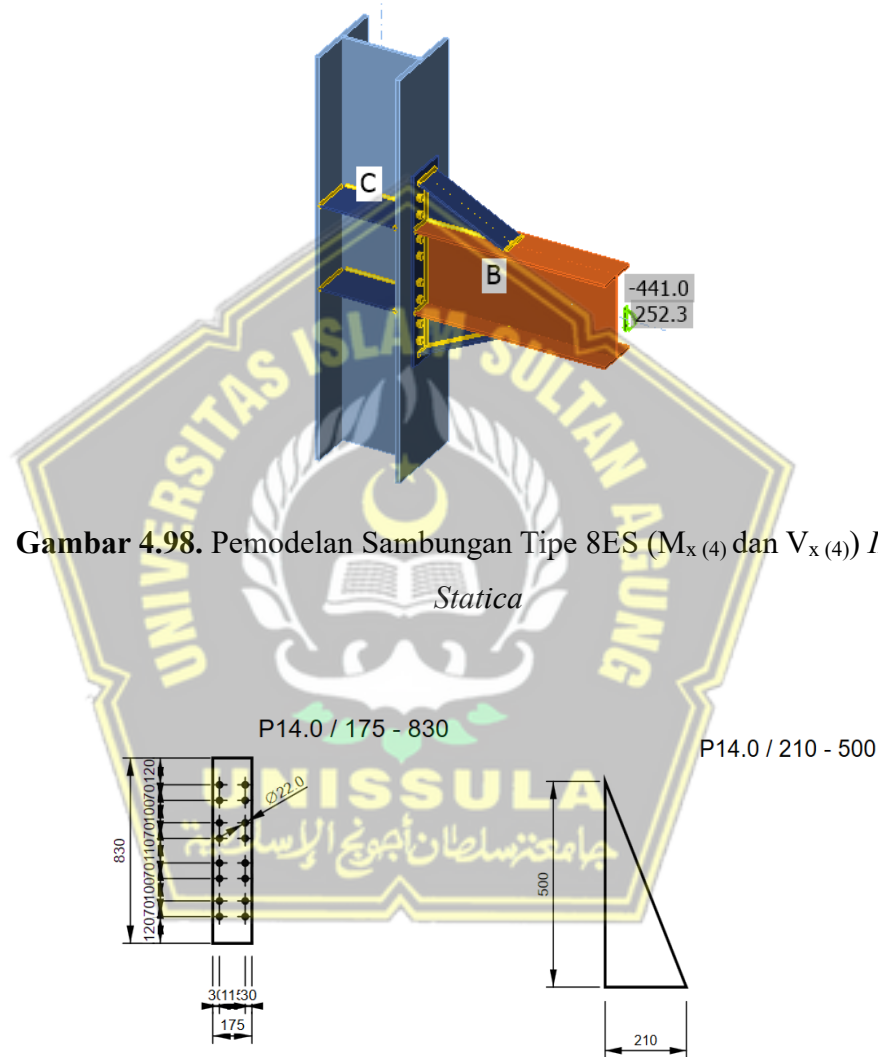
Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 8ES balok-kolom tersebut dinyatakan **kapasitas sambungan dapat menerima kapasitas momen dengan nilai $M_{x(3)} = 231,2329$ kN.m dengan rasio terekspektasi 1,0 dari momen profil balok tersebut tetapi belum mencapai batas optimum sambungan.**

4) Analisis Tegangan Momen dan Geser ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$) Sambungan 8ES

Analisis pada percobaan Sambungan 8ES dengan ketentuan sambungan diatas dapat dilihat pada *output* aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

$$M_{x(4)} = 252,2541 \text{ kN.m}$$

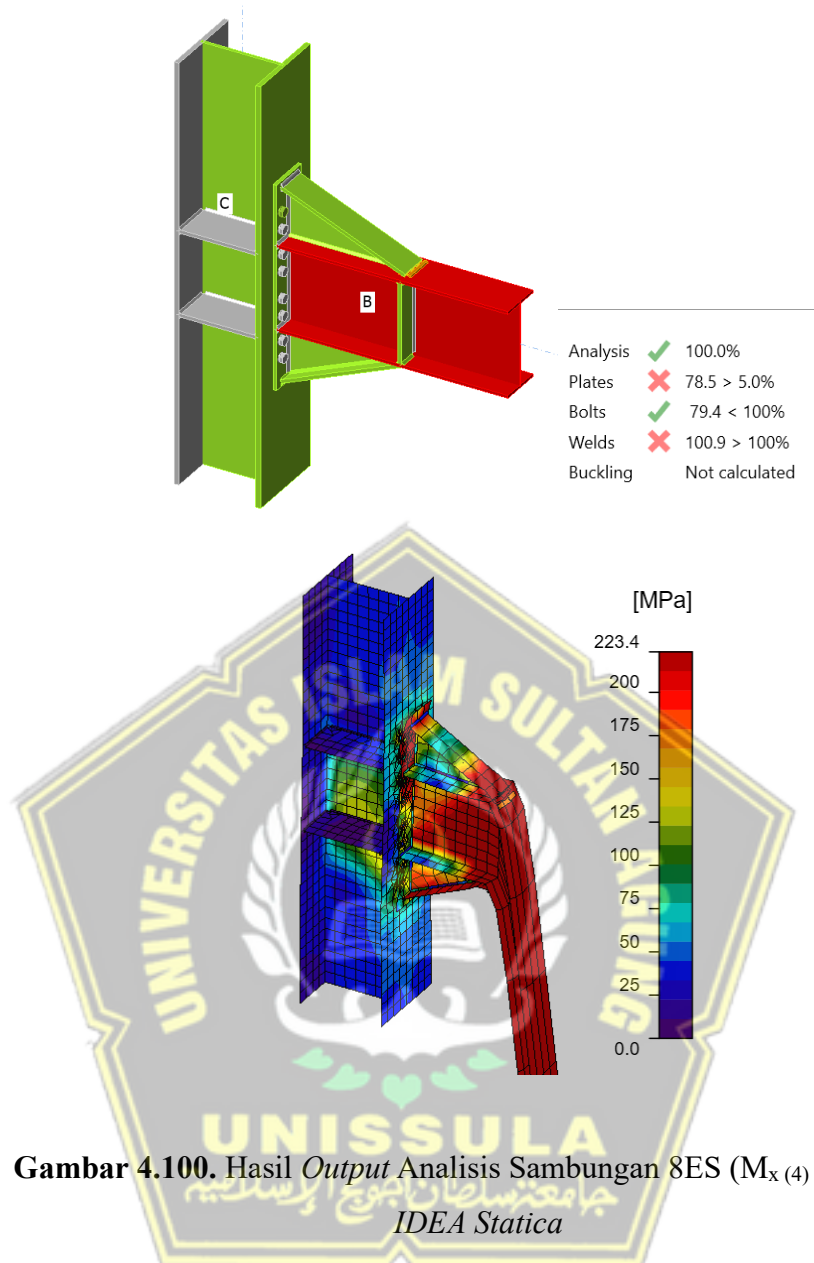
$$V_{x(4)} = 441 \text{ kN}$$



Gambar 4.98. Pemodelan Sambungan Tipe 8ES ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$) *IDEA Statica*

Gambar 4.99. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Sambungan 8ES ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$)

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 8ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_{x(4)} = 252,2541 \text{ kN.m}$ dan momen geser $V_{x(4)} = 441 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 8ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 8ES balok - kolom tersebut dinyatakan **kapasitas sambungan dapat menerima kapasitas momen dengan nilai $M_{x(4)} = 252,2541$ kN.m dengan rasio terekspekstasi 1,2 dari momen profil balok tersebut secara optimum.**

Hasil dari analisis Pada *IDEA Statica* sambungan 8ES ini dapat dilihat adanya pengaruh gaya momen yang sangat tinggi pada section balok yang ditandai dengan adanya warna merah pada *section* balok. Akan tetapi hal tersebut masih dinyatakan aman dikarenakan masih sesuai dengan konsep sambungan.

5) Analisis Tegangan Momen dan Geser ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$) Sambungan 8ES

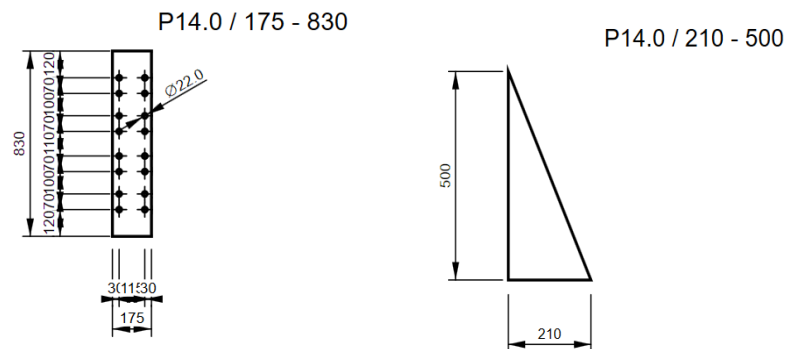
Analisis pada percobaan Sambungan 8ES dengan ketentuan sambungan diatas dapat dilihat pada *output* aplikasi *IDEA Statica* dibawah ini

$$M_{x(4)} = 273,75 \text{ kN.m}$$

$$V_{x(4)} = 477,75 \text{ kN}$$

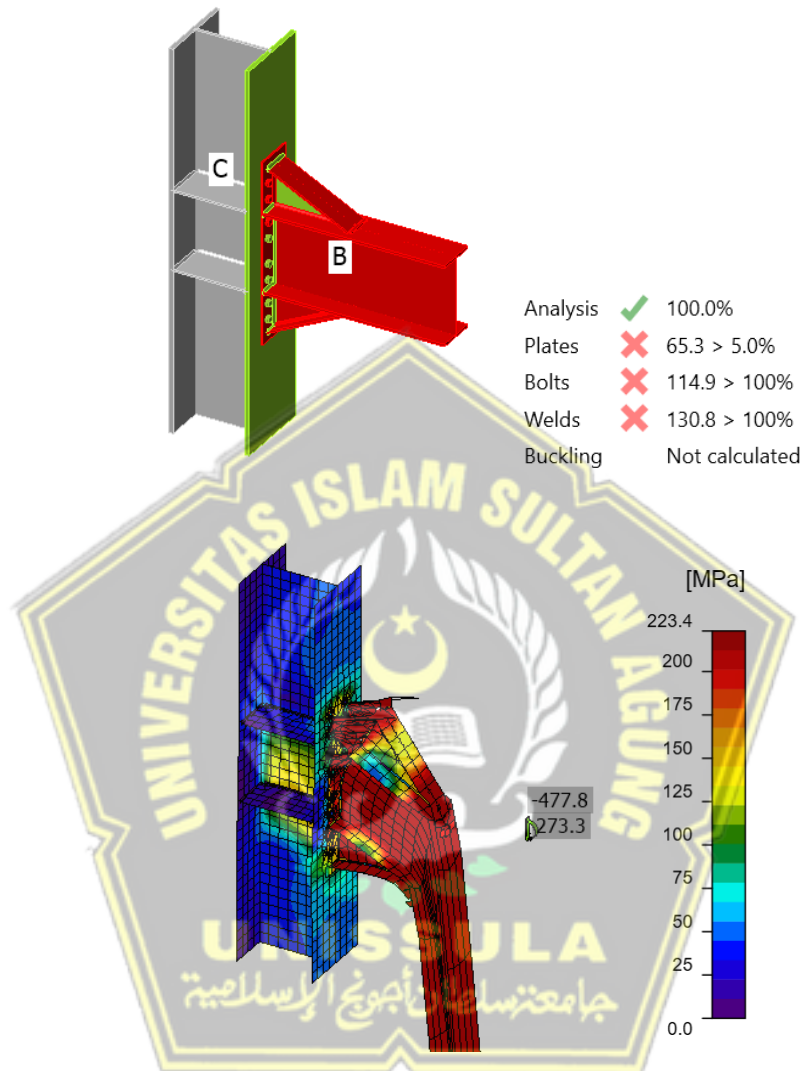


Gambar 4.101. Pemodelan Sambungan Tipe 8ES ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$) *IDEA Statica*



Gambar 4.102. Konfigurasi *Endplate* dan *Wideners* Sambungan 8ES ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$)

Berdasarkan hasil analisis sambungan kolom balok baja 8ES terprakualifikasi dengan ketentuan $M_{x(4)} = 273,28 \text{ kN.m}$ dan momen geser $V_{x(4)} = 477,75 \text{ kN}$ didapati hasil output untuk *IDEA Statica* sebagai berikut;



Gambar 4.103. Hasil *Output* Analisis Sambungan 8ES ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$)
IDEA Statica

Hasil analisis *IDEA Statica* diatas dengan penggunaan sambungan 8ES dengan spesifikasi menggunakan baut berdiameter D20 mm dengan penggunaan ketebalan pelat sambung setebal 14 mm.

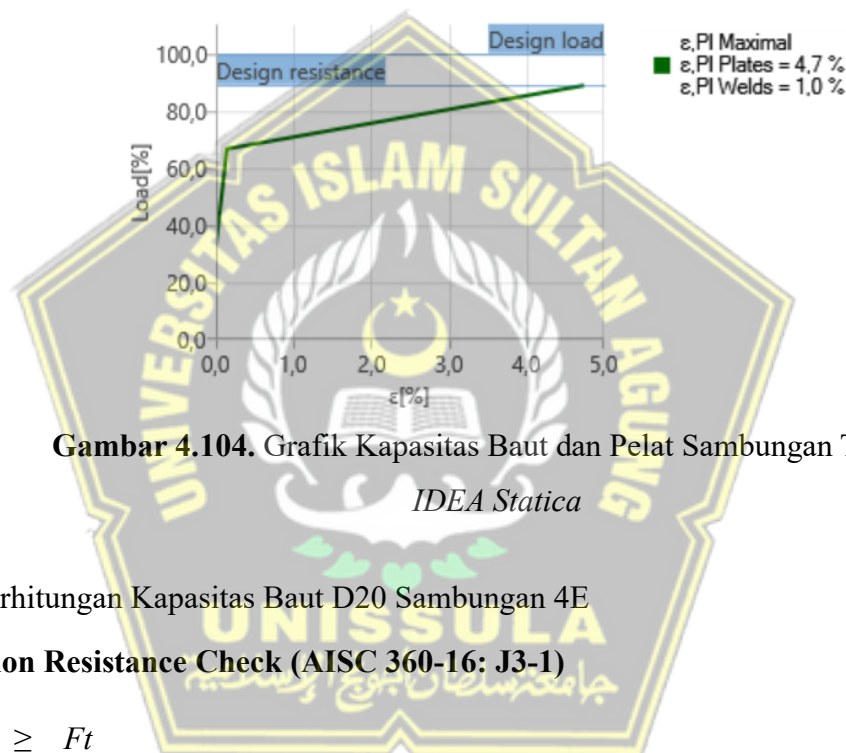
Berdasarkan hasil analisis diatas sambungan 8ES balok - kolom tersebut dinyatakan **kapasitas sambungan tidak dapat dan tidak aman menerima**

kapasitas momen dengan nilai $M_{x(5)} = 273,2753$ kN.m dengan rasio terekspekstasi 1,3 dari momen profil balok

4.4.4. Kesimpulan Kapasitas Maksimal Sambungan *IDEA Statica*

a. Sambungan 4E

Berdasarkan hasil analisis sambungan 4E dengan dengan dimensi baut diameter D20 mm dengan menggunakan ketebalan pelat 14 mm dapat kami tampilkan dengan grafik kapasitas baut dan pelat seperti dibawah ini



Gambar 4.104. Grafik Kapasitas Baut dan Pelat Sambungan Tipe 4E
IDEA Statica

➤ Perhitungan Kapasitas Baut D20 Sambungan 4E

Tension Resistance Check (AISC 360-16: J3-1)

$$\phi R_n \geq F_t$$

$$\phi R_n = \phi \times F_{nt} \times A_b \geq F_t = 81,5 \text{ kN}$$

$$= 0,75 \times 620 \times 3,14 \geq F_t = 81,5 \text{ kN}$$

$$= 146 \text{ kN} < F_t = 126,7 \text{ kN}$$

$$\text{Rasio} = 0,86$$

Shear Resistance Check (AISC 360-16: J3-1)

$$\phi R_n \geq V$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times F_{nv} \times A_b \geq 2.40 \times d \times t \times F_u \\ &= 0,75 \times 372 \times 3,14 \geq 2,40 \times 0,16 \times 0,13 \times 400 \\ &= 87,6 \text{ kN} \geq V = 33,6 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\text{Rasio} = 0,38$$

Bearing Resistance Check (AISC 360-16: J3-6)

$$\phi R_n \leq V$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 1,20 \times l_c \times t \times F_u \leq V = 2.40 \times d \times t \times F_u \\ &= 106,8 \text{ kN} \geq V = 33,6 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\text{Rasio} = 0,31$$

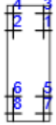
Interaction of Tension and Shear

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times F_{nt} \times A_b < F_t = 126,7 \text{ kN} \\ &= 133,8 \text{ kN} < F_t = 126,7 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\text{Rasio} = 0,95$$

Untuk hasil analisis tegangan baut sambungan 4E dapat kita lihat pada **Tabel 4.12** dibawah ini

Tabel 4.12. Hasil Analisis Tegangan Baut 4E *IDEA Statica*

Shape	Item	Grade	Loads	F_t [kN]	V [kN]	$\phi R_{n, \text{bearing}}$ [kN]	U_{t_t} [%]	U_{t_s} [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Status
	B1	20 A325M - 1	LE1	129,1	25,5	201,6	88,4	29,1	-	OK
	B2	20 A325M - 1	LE1	128,7	25,9	201,6	88,1	29,6	-	OK
	B3	20 A325M - 1	LE1	126,3	33,7	106,7	86,5	38,5	94,5	OK
	B4	20 A325M - 1	LE1	126,7	33,6	106,8	86,8	38,4	94,7	OK
	B5	20 A325M - 1	LE1	8,7	58,7	201,6	6,0	66,9	-	OK
	B6	20 A325M - 1	LE1	8,4	58,7	201,6	5,8	67,0	-	OK
	B7	20 A325M - 1	LE1	0,0	66,0	201,6	0,0	75,4	-	OK
	B8	20 A325M - 1	LE1	0,0	66,0	201,6	0,0	75,3	-	OK

➤ Perhitungan Kapasitas Pelat 14 mm Sambungan 4E

Untuk hasil analisis tegangan pelat sambungan 4E dapat kita lihat pada **Tabel 4.13** dibawah ini

Tabel 4.13. Hasil Analisis Tegangan Pelat 4E *IDEA Statica*

Name	f_y [MPa]	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{PI} [%]	σ_{cEd} [MPa]	Check status
C-bfl 1	248,2	19,0	LE1	225,1	0,8	79,6	OK
C-tfl 1	248,2	19,0	LE1	43,1	0,0	0,0	OK
C-w 1	248,2	12,0	LE1	223,6	0,1	0,0	OK
B-bfl 1	248,2	11,0	LE1	241,6	9,1	0,0	Not OK!
B-tfl 1	248,2	11,0	LE1	241,9	9,2	0,0	Not OK!
B-w 1	248,2	7,0	LE1	265,7	21,1	0,0	Not OK!
EP1	248,2	14,0	LE1	227,9	2,3	129,9	OK

b. Sambungan 4ES

Berdasarkan hasil analisis sambungan 4ES dengan dengan dimensi baut diameter D20 mm dengan menggunakan ketebalan pelat 9 mm dapat kami tampilkan dengan grafik kapasitas baut dan pelat seperti dibawah ini



Gambar 4.105. Grafik Kapasitas Baut dan Pelat Sambungan 4ES *IDEA Statica*

➤ Perhitungan Kapasitas Baut D20 Sambungan 4ES

Tension Resistance Check (AISC 360-16: J3-1)

$$\phi R_n \geq F_t$$

$$\phi R_n = \phi \times F_{nt} \times A_b \geq F_t = 119,2 \text{ kN}$$

$$= 0,75 \times 620 \times 3,14 \geq F_t = 119,2 \text{ kN}$$

$$= 146 \text{ kN} < F_t = 119,2 \text{ kN}$$

$$\text{Rasio} = 0,82$$

Shear Resistance Check (AISC 360-16: J3-1)

$$\phi R_n \geq V$$

$$\phi R_n = \phi \times F_{nv} \times A_b \geq 2,40 \times d \times t \times F_u$$

$$= 0,75 \times 372 \times 3,14 \geq 2,40 \times 0,16 \times 0,13 \times 400$$

$$= 87,6 \text{ kN} \geq V = 34,2 \text{ kN}$$

$$\text{Rasio} = 0,39$$

Bearing Resistance Check (AISC 360-16: J3-6)

$$\phi R_n \leq V$$

$$\phi R_n = 1,20 \times l_c \times t \times F_u \leq V = 2,40 \times d \times t \times F_u$$

$$= 129,6 \text{ kN} \geq V = 34,2 \text{ kN}$$

$$\text{Rasio} = 0,26$$

Interaction of Tension and Shear

$$\phi R_n = \phi \times F_{nt} \times A_b < F_t = 119,2 \text{ kN}$$

$$= 132,8 \text{ kN} < F_t = 119,2 \text{ kN}$$

$$\text{Rasio} = 0,89$$

Untuk hasil analisis tegangan baut sambungan 4ES dapat kita lihat pada **Tabel 4.14** dibawah ini

Tabel 4.14. Hasil Analisis Tegangan Baut 4ES *IDEA Statica*

Shape	Item	Grade	Loads	F_t [kN]	V [kN]	$\phi R_{n,bearing}$ [kN]	U_{t_t} [%]	U_{t_s} [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Detailing	Status
	B1	20 A325M - 1	LE1	125,4	28,7	129,6	85,9	32,8	88,4	OK	OK
	B2	20 A325M - 1	LE1	125,4	28,7	129,6	85,9	32,8	88,4	OK	OK
	B3	20 A325M - 1	LE1	119,1	34,2	129,6	81,6	39,0	89,7	OK	OK
	B4	20 A325M - 1	LE1	119,2	34,2	129,6	81,6	39,0	89,7	OK	OK
	B5	20 A325M - 1	LE1	13,8	70,7	129,6	9,4	80,7	-	OK	OK
	B6	20 A325M - 1	LE1	13,8	70,7	129,6	9,4	80,7	-	OK	OK
	B7	20 A325M - 1	LE1	36,2	68,7	129,6	24,8	78,4	-	OK	OK
	B8	20 A325M - 1	LE1	36,2	68,7	129,6	24,8	78,4	-	OK	OK

➤ Perhitungan Kapasitas Pelat 9 mm Sambungan 4ES

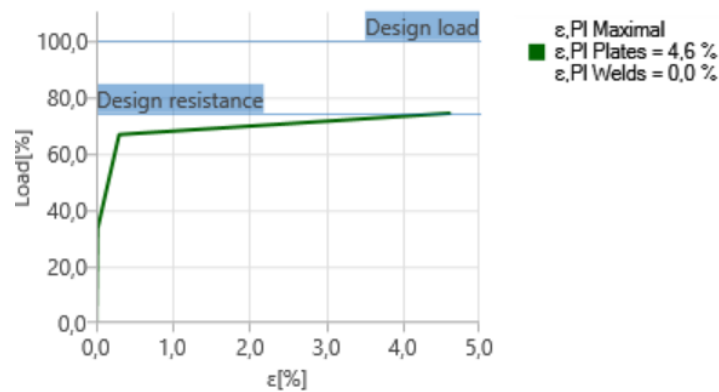
Untuk hasil analisis tegangan pelat sambungan 4ES dapat kita lihat pada **Tabel 4.15** dibawah ini

Tabel 4.15. Hasil Analisis Tegangan Pelat 4ES *IDEA Statica*

Name	f_y [MPa]	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{Ed} [MPa]	Check status
C-bfl 1	248,2	19,0	LE1	42,6	0,0	0,0	OK
C-tfl 1	248,2	19,0	LE1	223,8	0,2	279,7	OK
C-w 1	248,2	12,0	LE1	217,1	0,0	0,0	OK
B-bfl 1	248,2	11,0	LE1	251,7	14,2	0,0	Not OK!
B-tfl 1	248,2	11,0	LE1	251,7	14,2	0,0	Not OK!
B-w 1	248,2	7,0	LE1	293,2	34,8	0,0	Not OK!
EP1	248,2	9,0	LE1	232,2	4,4	280,1	OK
WID1a	248,2	9,0	LE1	215,2	0,0	0,0	OK
WID1b	248,2	9,0	LE1	224,1	0,4	0,0	OK
WID1c	248,2	9,0	LE1	225,1	0,9	0,0	OK
WID1d	248,2	9,0	LE1	225,1	0,9	0,0	OK

c. Sambungan 8ES

Berdasarkan hasil analisis sambungan 8ES dengan dengan dimensi baut diameter D16 mm dengan menggunakan ketebalan pelat 9 mm dapat kami tampilkan dengan grafik kapasitas baut dan pelat seperti dibawah ini



Gambar 4.106. Grafik Kapasitas Baut dan Pelat Sambungan 8ES *IDEA*

Statica

➤ Perhitungan Kapasitas Baut D16 Sambungan 8ES

Tension Resistance Check (AISC 360-16: J3-1)

$$\phi R_n \geq F_t$$

$$\phi R_n = \phi \times F_{nt} \times A_b \geq F_t = 76,9 \text{ kN}$$

$$= 0,75 \times 620 \times 3,14 \geq F_t = 76,9 \text{ kN}$$

$$= 93,5 \text{ kN} < F_t = 76,9 \text{ kN}$$

$$\text{Rasio} = 0,82$$

Shear Resistance Check (AISC 360-16: J3-1)

$$\phi R_n \geq V$$

$$\phi R_n = \phi \times F_{nv} \times A_b \geq 2,40 \times d \times t \times F_u$$

$$= 0,75 \times 372 \times 2,01 \geq 2,40 \times 0,16 \times 0,09 \times 400$$

$$= 56,1 \text{ kN} \geq V = 17,6 \text{ kN}$$

$$\text{Rasio} = 0,31$$

Bearing Resistance Check (AISC 360-16: J3-6)

$$\phi R_n \leq V$$

$$\phi R_n = 1,20 \times l_c \times t \times F_u \leq V = 2,40 \times d \times t \times F_u$$

$$= 103,7 \text{ kN} \geq V = 17,6 \text{ kN}$$

$$\text{Rasio} = 0,17$$

Interaction of Tension and Shear

$$\phi R_n = \phi \times F_{nt} \times A_b < F_t = 76,9 \text{ kN}$$

$$= 92,1 \text{ kN} < F_t = 76,9 \text{ kN}$$

$$\text{Rasio} = 0,83$$

Untuk hasil analisis tegangan baut sambungan 8ES dapat kita lihat pada **Tabel 4.16** dibawah ini

Tabel 4.16. Hasil Analisis Tegangan Baut 8ES *IDEA Statica*

Shape	Item	Grade	Loads	F_t [kN]	V [kN]	$\phi R_{n,bearing}$ [kN]	U_{t_t} [%]	U_{t_s} [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Detailing	Status
	B1	16 A325M - 1	LE1	67,3	22,7	103,7	72,0	40,5	80,5	OK	OK
	B2	16 A325M - 1	LE1	67,3	22,7	103,7	72,0	40,5	80,5	OK	OK
	B3	16 A325M - 1	LE1	76,9	17,6	103,7	82,3	31,5	83,5	OK	OK
	B4	16 A325M - 1	LE1	76,9	17,6	103,7	82,3	31,5	83,5	OK	OK
	B5	16 A325M - 1	LE1	63,9	25,5	103,7	68,4	45,5	80,9	OK	OK
	B6	16 A325M - 1	LE1	63,9	25,5	103,7	68,4	45,5	80,9	OK	OK
	B7	16 A325M - 1	LE1	32,7	28,8	103,7	35,0	51,4	44,5	OK	OK
	B8	16 A325M - 1	LE1	32,7	28,8	103,7	35,0	51,4	44,5	OK	OK
	B9	16 A325M - 1	LE1	10,5	31,0	103,7	11,3	55,2	-	OK	OK
	B10	16 A325M - 1	LE1	10,5	31,0	103,7	11,3	55,2	-	OK	OK
	B11	16 A325M - 1	LE1	3,7	33,9	103,7	4,0	60,4	-	OK	OK
	B12	16 A325M - 1	LE1	3,7	33,9	103,7	4,0	60,4	-	OK	OK
	B13	16 A325M - 1	LE1	8,6	31,9	103,7	9,2	56,8	-	OK	OK
	B14	16 A325M - 1	LE1	8,6	31,9	103,7	9,2	56,8	-	OK	OK
	B15	16 A325M - 1	LE1	17,8	29,8	103,7	19,0	53,1	-	OK	OK
	B16	16 A325M - 1	LE1	17,8	29,8	103,7	19,0	53,1	-	OK	OK

➤ Perhitungan Kapasitas Pelat 9 mm Sambungan 8ES

Untuk hasil analisis tegangan pelat sambungan 8ES dapat kita lihat pada **Tabel 4.17** dibawah ini

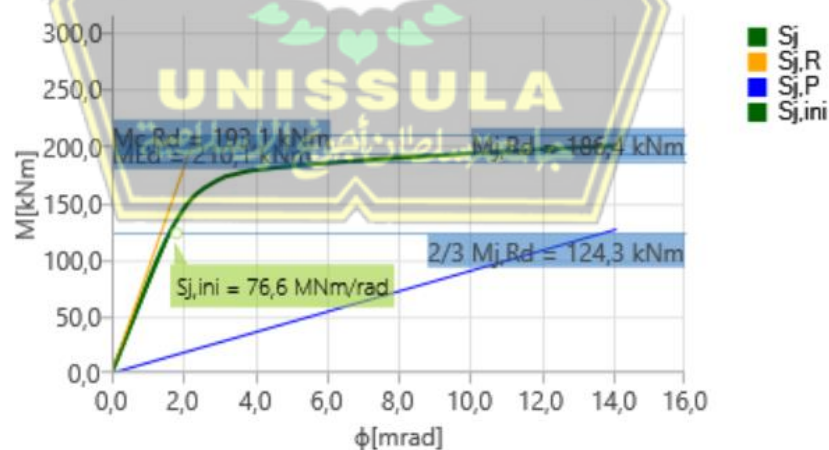
Tabel 4.17. Hasil Analisis Tegangan Pelat 8ES *IDEA Statica*

Name	f_y [MPa]	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{CEd} [MPa]	Check status
C-bfl 1	248,2	19,0	LE1	53,4	0,0	0,0	OK
C-tfl 1	248,2	19,0	LE1	222,3	0,0	132,8	OK
C-w 1	248,2	12,0	LE1	181,0	0,0	0,0	OK
B-bfl 1	248,2	11,0	LE1	273,2	24,9	0,0	Not OK!
B-tfl 1	248,2	11,0	LE1	273,2	24,9	0,0	Not OK!
B-w 1	248,2	7,0	LE1	324,3	50,4	0,0	Not OK!
STIFF1a	248,2	8,0	LE1	90,1	0,0	0,0	OK
STIFF1b	248,2	8,0	LE1	90,1	0,0	0,0	OK
EP1	248,2	9,0	LE1	226,2	1,4	133,1	OK
WID1a	248,2	9,0	LE1	209,0	1,0	0,0	OK
WID1b	248,2	9,0	LE1	228,6	2,6	0,0	OK
WID1c	248,2	9,0	LE1	225,0	0,8	0,0	OK
WID1d	248,2	9,0	LE1	229,0	2,8	0,0	OK
STIFF2a	248,2	8,0	LE1	41,9	0,0	0,0	OK
STIFF2b	248,2	8,0	LE1	42,0	0,0	0,0	OK

4.4.5. Kekakuan Lentur Sambungan *IDEA Statica*

a. Sambungan 4E

Analisis kekakuan lentur setiap sambungan 4E ini di dasarkan pada rotasi kekakuan sambungan (*rotational stiffness*) pada rasio kapasitas sambungan 1,0 dengan batasan nilai di angka $> 5,0$ pada rasio kekakuan lentur sambungan kolom – balok. Berikut merupakan grafik kekakuan sambungan tipe 4E berdasarkan output pada *IDEA Statica*



Gambar 4.107. Grafik Kekakuan Lentur Sambungan pada Sambungan 4E *IDEA Statica*

Keterangan :

M_j, Rd = Ketahanan lentur

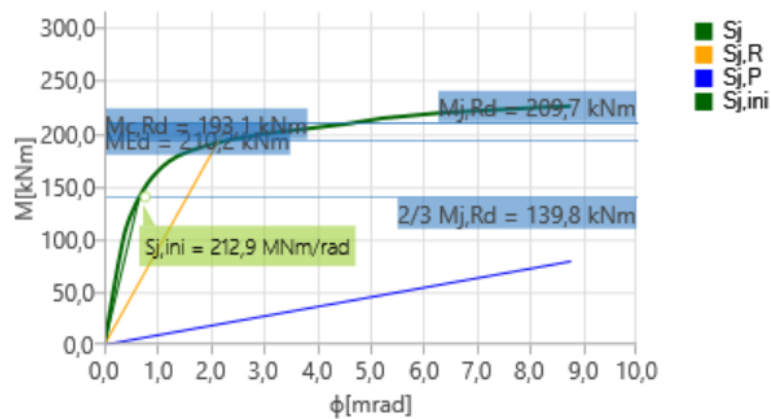
Sj, ini	= Kekuatan rotasi awal
Sj, s	= Kekuatan rotasi garis potong
Φ	= Deformasi rotasi
Φ_c	= Kapasitas rotasi
Sj, R	= Nilai batas sambungan kaku
Sj,P	= Nilai batas sambungan yang disematkan secara nominal

Berdasarkan nilai grafik diatas dapat kita ketahui nilai kekakuan lentur sambungan 4E adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \text{Kekakuan Lentur} &= \frac{M_j.R_d}{\Phi} < 5,0 \\
 &= \frac{186,4}{14} \\
 &= 13,314 \\
 &= 13,314 > 5,0 \quad (\text{Aman})
 \end{aligned}$$

b. Sambungan 4ES

Analisis kekakuan lentur setiap sambungan 4ES ini di dasarkan pada rotasi kekakuan sambungan (*rotational stiffness*) pada rasio kapasitas sambungan 1,0 dengan batasan nilai di angka $> 5,0$ pada rasio kekakuan lentur sambungan kolom – balok. Berikut merupakan grafik kekakuan sambungan tipe 4ES berdasarkan output pada *IDEA Statica*



Gambar 4.108. Grafik Kekakuan Lentur Sambungan pada Sambungan 4ES

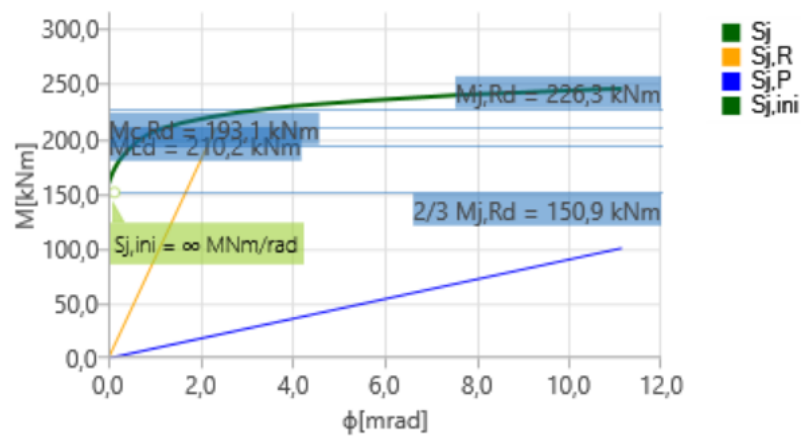
IDEA Statica

Berdasarkan nilai grafik diatas dapat kita ketahui nilai kekakuan lentur sambungan 4ES adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \text{Kekakuan Lentur} &= \frac{M_{j,Rd}}{\phi} < 5,0 \\
 &= \frac{209,7}{8,9} \\
 &= 23,561 \\
 &= 23,561 > 5,0 \quad (\text{Aman})
 \end{aligned}$$

c. Sambungan 8ES

Analisis kekakuan lentur setiap sambungan 8ES ini di dasarkan pada rotasi kekakuan sambungan (*rotational stiffness*) pada rasio kapasitas sambungan 1,0 dengan batasan nilai di angka $> 5,0$ pada rasio kekakuan lentur sambungan kolom – balok. Berikut merupakan grafik kekakuan lentur sambungan tipe 8ES berdasarkan output pada *IDEA Statica*



Gambar 4.109. Grafik Kekakuan Lentur Sambungan pada Sambungan 8ES

IDEA Statica

Berdasarkan nilai grafik diatas dapat kita ketahui nilai kekakuan lentur sambungan 8ES adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \text{Kekakuan Lentur} &= \frac{M_{j,Rd}}{\phi} < 5,0 \\
 &= \frac{226,3}{10,5} \\
 &= 21,552 \\
 &= 21,552 > 5,0 \quad (\text{Aman})
 \end{aligned}$$

4.4.6. Kesimpulan Kapasitas Maksimal Sambungan

Berdasarkan hasil analisis dari ketiga tipe sambungan yang di berikan tegangan momen dan geser dengan rasio ter-ekspektasi menurut SNI 7972-2020 tentang sambungan ter-prakualifikasi dapat kita lihat dengan **Tabel 4.18** dan grafik di **Gambar 4.110**, **Gambar 4.111**, dan **Gambar 4.112** bawah ini;

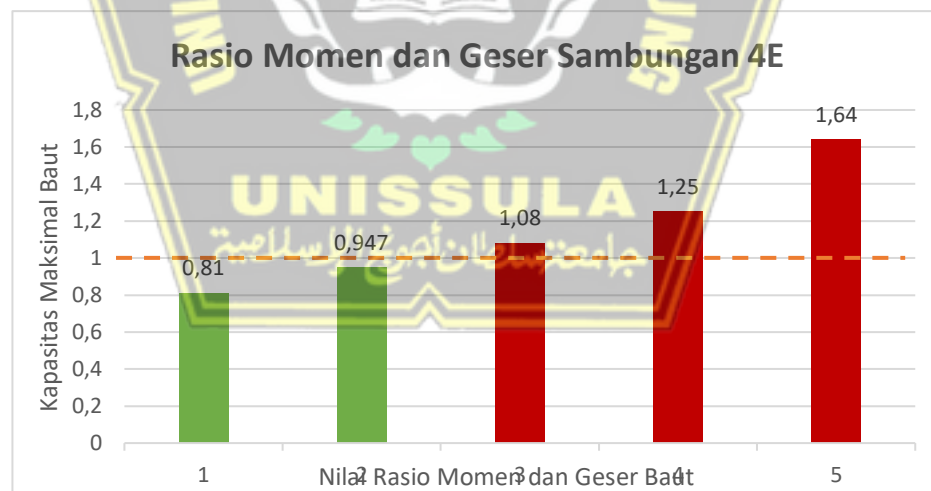
Tabel 4.18. Kesimpulan Tegangan Momen dan Geser Ter-Ekspektasi

No	Tipe Sambungan	Momen dan Gaya Geser Ter-Ekspektasi	Rasio Baut	Rasio Pelat	Kesimpulan
1	4E	0,8 ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$)	$0,81 < 1,0$	$0,2 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dalam menerima kapasitas momen ter-ekspektasi tetapi belum optimal
		1,0 ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$)	$0,94 < 1,0$	$2,3 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dan optimal dalam menerima kapasitas momen ter-ekspektasi
		1,1 ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$)	$1,08 > 1,0$	$5,6 > 5,0$	Kapasitas sambungan tidak aman dalam menerima kapasitas moment ter-ekspektasi
		1,2 ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$)	$1,25 > 1,0$	$10 > 5,0$	Kapasitas sambungan tidak aman dalam menerima kapasitas moment ter-ekspektasi
		1,3 ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$)	$1,64 > 1,0$	$17 > 5,0$	Kapasitas sambungan tidak aman dalam menerima kapasitas moment ter-ekspektasi

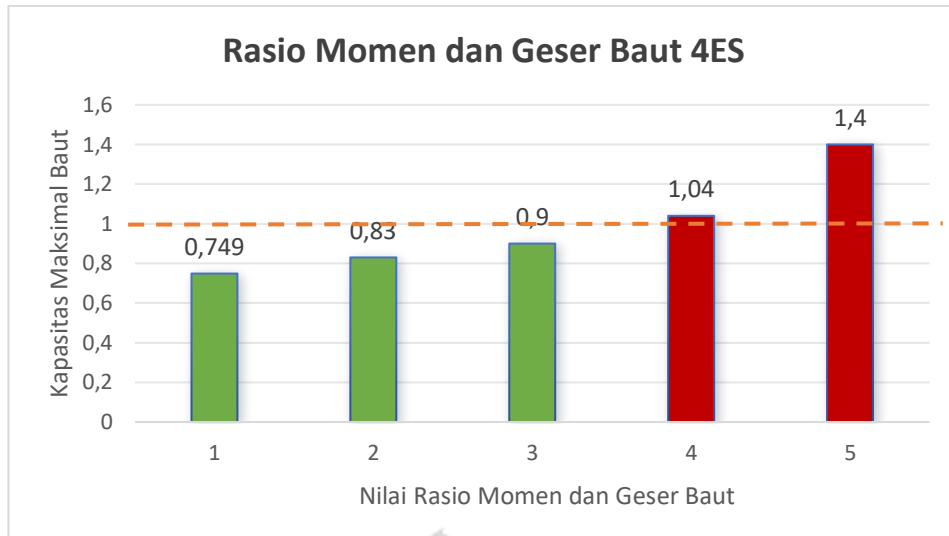
2	4ES	0,8 ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$)	$0,749 < 1,0$	$0,7 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dalam menerima kapasitas momen ter-ekspektasi tetapi belum optimal
		1,0 ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$)	$0,83 < 1,0$	$2,1 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dalam menerima kapasitas momen ter-ekspektasi tetapi belum optimal
		1,1 ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$)	$0,9 < 1,0$	$4,6 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dan optimal dalam menerima kapasitas momen ter-ekspektasi
		1,2 ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$)	$1,04 > 1,0$	$11,2 > 5,0$	Kapasitas sambungan tidak aman dalam menerima kapasitas moment ter-ekspektasi
		1,3 ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$)	$1,4 > 1,0$	$25 > 5,0$	Kapasitas sambungan tidak aman dalam menerima kapasitas moment ter-ekspektasi
3	8ES	0,8 ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$)	$0,51 < 1,0$	$0,5 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dalam menerima kapasitas momen ter-ekspektasi tetapi belum optimal
		1,0 ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$)	$0,8 < 1,0$	$1,2 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dalam menerima kapasitas momen ter-ekspektasi tetapi belum optimal
		1,1 ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$)	$0,82 < 1,0$	$1,9 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dalam menerima

					kapasitas momen ter-ekspektasi tetapi belum optimal
		1,2 ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$)	$0,84 < 1,0$	$1,8 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dan optimal dalam menerima kapasitas momen ter-ekspektasi
		1,3 ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$)	$1,05 > 1,0$	$21,3 > 5,0$	Kapasitas sambungan tidak aman dalam menerima kapasitas moment ter-ekspektasi

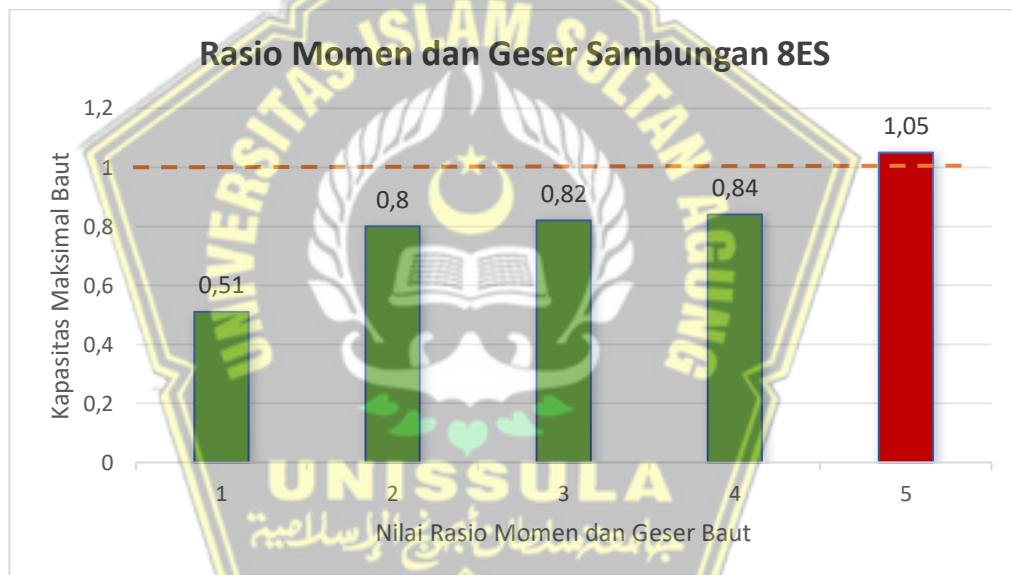
Berdasarkan hasil dari data diatas terhadap rasio faktor ter-ekspektasi pada sambungan ter-prakualifikasi dapat kita tampilkan pada sebuah grafik dengan kesimpulan di setiap sambungan sebagai berikut.



Gambar 4.110. Grafik Rasio Momen dan Geser Sambungan 4E



Gambar 4.111. Grafik Rasio Momen dan Geser Sambungan 4ES



Gambar 4.112. Grafik Rasio Momen dan Geser Sambungan 8ES

Untuk hasil kesimpulan mengenai rasio kapasitas tegangan terhadap profil dapat kita lihat pada **Tabel 4.19** dibawah ini

Tabel 4.19. 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

Berdasarkan hasil dari data diatas terhadap rasio faktor ter-ekspektasi pada sambungan ter-prakualifikasi dapat ditarik kesimpulan bahwa pada sambungan tipe 4E memiliki kapasitas maksimal sambungan berada di nilai ter-ekspektasi M_x (2) = 210.2118 kN.m dan V_x (2) = 367.5 kN dengan acuan standar faktor ter-ekspektasi 1,0 dari momen nominal balok.

Sambungan tipe 4ES memiliki kapasitas maksimal sambungan berada di nilai ter-ekspektasi M_x (3) = 231,233 kN.m dan V_x (3) = 404,25 kN dengan acuan standar faktor ter-ekspektasi 1,1 dari momen nominal balok.

Sambungan tipe 8ES memiliki kapasitas maksimal sambungan berada di nilai ter-ekspektasi M_x (4) = 252,2541 kN.m dan V_x (4) = 441 kN dengan acuan standar faktor ter-ekspektasi 1,1 dari momen nominal balok.

4.5 Rekapitulasi Hasil Analisis

Dari hasil analisis dan perhitungan sambungan pada bab ini, maka kami dapatkan hasil rekapitulasi yang dapat dilihat pada **Tabel 4.3**, **Tabel 4.6**, **Tabel 4.9**, **Tabel 4.10**, **Tabel 4.11**, **Tabel 4.17**, dan **Tabel 4.18**.

Tabel 4.3. Hasil Analisis Variasi Sambungan Baut dan Pelat
Sambungan 4E

No.	Tipe Sambungan	Baut	Pelat	Kesimpulan
1	4E (HWF 350.350.12.19 dan IWF 350.175.7.11)	D16	14 mm	Sambungan tidak aman menahan kapasitas momen plastis balok (Kapasitas Sambungan < Kapasitas Momen)
		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)

Tabel 4.6. 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)
--	--	--	--	--

Tabel 4.7. Hasil Analisis Variasi Sambungan Baut dan Pelat
Sambungan 8ES

No.	Tipe Sambungan	Baut	Pelat	Kesimpulan
3	8ES (HWF 350.350.12.19 dan IWF 350.175.7.11)	D12	8 mm	Sambungan tidak aman menahan kapasitas momen plastis balok (Kapasitas Sambungan < Kapasitas Momen)
		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)

Tabel 4.10. 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

Tabel 4.11. 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

Tabel 4.18. Kesimpulan Tegangan Momen dan Geser Ter-Ekspektasi

No	Tipe Sambungan	Momen dan Gaya Geser Ter-Ekspektasi	Rasio Baut	Rasio Pelat	Kesimpulan
1	4E	0,8 ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$)	$0,81 < 1,0$	$0,2 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dalam menerima kapasitas momen ter-ekspektasi tetapi belum optimal
		1,0 ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$)	$0,94 < 1,0$	$2,3 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dan optimal dalam menerima kapasitas momen ter-ekspektasi
		1,1 ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$)	$1,08 > 1,0$	$5,6 > 5,0$	Kapasitas sambungan tidak aman dalam menerima kapasitas moment ter-ekspektasi
		1,2 ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$)	$1,25 > 1,0$	$10 > 5,0$	Kapasitas sambungan tidak aman dalam menerima kapasitas moment ter-ekspektasi

		1,3 ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$)	$1,64 > 1,0$	$17 > 5,0$	Kapasitas sambungan tidak aman dalam menerima kapasitas moment ter-ekspektasi
2	4ES	0,8 ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$)	$0,749 < 1,0$	$0,7 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dalam menerima kapasitas momen ter-ekspektasi tetapi belum optimal
		1,0 ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$)	$0,83 < 1,0$	$2,1 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dalam menerima kapasitas momen ter-ekspektasi tetapi belum optimal
		1,1 ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$)	$0,9 < 1,0$	$4,6 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dan optimal dalam menerima kapasitas momen ter-ekspektasi
		1,2 ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$)	$1,04 > 1,0$	$11,2 > 5,0$	Kapasitas sambungan tidak aman dalam menerima kapasitas moment ter-ekspektasi
		1,3 ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$)	$1,4 > 1,0$	$25 > 5,0$	Kapasitas sambungan tidak aman dalam menerima kapasitas moment ter-ekspektasi
3	8ES	0,8 ($M_{x(1)}$ dan $V_{x(1)}$)	$0,51 < 1,0$	$0,5 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dalam menerima kapasitas momen ter-ekspektasi tetapi belum optimal
		1,0 ($M_{x(2)}$ dan $V_{x(2)}$)	$0,8 < 1,0$	$1,2 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dalam menerima kapasitas momen ter-

					ekspektasi tetapi belum optimal
		1,1 ($M_{x(3)}$ dan $V_{x(3)}$)	$0,82 < 1,0$	$1,9 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dalam menerima kapasitas momen ter-ekspektasi tetapi belum optimal
		1,2 ($M_{x(4)}$ dan $V_{x(4)}$)	$0,84 < 1,0$	$1,8 < 5,0$	Kapasitas sambungan aman dan optimal dalam menerima kapasitas momen ter-ekspektasi
		1,3 ($M_{x(5)}$ dan $V_{x(5)}$)	$1,05 > 1,0$	$21,3 > 5,0$	Kapasitas sambungan tidak aman dalam menerima kapasitas moment ter-ekspektasi

Tabel 4.19. 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

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berikut beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari percobaan dan analisis yang telah dilakukan. Dari hasil analisis jenis sambungan prakualifikasi didapatkan hasil analisis sambungan berupa ukuran baut, las dan plat ujung.

1. Jenis sambungan pemikul momen tipe 4E, 4ES, dan 8ES ditinjau dari kapasitas momen pada penampang balok baja profil 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 $M_{x(2)} = 210.2118 \text{ kN.m}$ dan $V_{x(2)} = 367.5 \text{ kN}$.
 - b. Kapasitas sambungan tipe 4ES diperoleh nilai $M_{x(3)} = 231,233 \text{ kN.m}$ dan $V_{x(3)} = 404,25 \text{ kN}$.
 - c. untuk sambungan tipe 8ES diperoleh nilai $M_{x(4)} = 252,2541 \text{ kN.m}$ dan $V_{x(4)} = 441 \text{ kN}$.

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

5.2. Saran

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, ada beberapa faktor yang dapat dijadikan bahan pemikiran sekaligus mengarahkan penelitian lebih lanjut, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian berikutnya harus mematuhi peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan peraturan dan persyaratan yang berlaku terbaru.
2. Menguasai dan mengoperasikan perangkat lunak struktur secara standarisasi, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam analisis dan perancangan teknik.
3. Diharapkan penelitian berikutnya dapat lebih terperinci dalam menganalisa struktur baja ter-prakualifikasi sesuai SNI 7279-2020.

