

Nomor : 2180 /BSN/B2-b2/7/2020

Jakarta, 13 Juli 2020

Lampiran : 7 (tujuh) berkas

Hal : Penyampaian Keputusan

Kepala Badan Standardisasi Nasional

Kepada Yth.

Sekretaris Badan Penelitian dan Pengembangan

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

di Jakarta

Bersama ini kami sampaikan:

1. Keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional Nomor 229/KEP/BSN/7/2020 tentang Penetapan Standar Nasional Indonesia 8369:2020 Praktik baku bangunan gedung dan jembatan baja sebagai revisi dari Standar Nasional Indonesia 8369:2016 Pelaksanaan bangunan gedung dan jembatan baja;
2. Keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional Nomor 230/KEP/BSN/7/2020 tentang Penetapan Standar Nasional Indonesia 7972:2020 Sambungan terprakualifikasi untuk rangka momen khusus dan menengah baja pada aplikasi seismik sebagai revisi dari Standar Nasional Indonesia 7972:2013 Sambungan terprakualifikasi untuk rangka momen khusus dan menengah baja pada aplikasi seismik;
3. Keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional Nomor 231/KEP/BSN/7/2020 tentang Penetapan Standar Nasional Indonesia 8900:2020 Panduan desain sederhana untuk bangunan beton bertulang;
4. Keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional Nomor 232/KEP/BSN/7/2020 tentang Penetapan Standar Nasional Indonesia 1729:2020 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural sebagai revisi dari Standar Nasional Indonesia 1729:2015 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural;
5. Keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional Nomor 233/KEP/BSN/7/2020 tentang Penetapan Standar Nasional Indonesia 7860:2020 Ketentuan seismik untuk bangunan gedung baja struktural sebagai revisi dari Standar Nasional Indonesia 7860:2015 Ketentuan Seismik Untuk Struktur Baja Bangunan Gedung;
6. Keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional Nomor 234/KEP/BSN/7/2020 tentang Penetapan Standar Nasional Indonesia 8899:2020 Tata cara pemilihan dan modifikasi gerak tanah permukaan untuk perencanaan gedung tahan gempa; dan

7. Keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional Nomor 235/KEP/BSN/7/2020 tentang Penetapan Standar Nasional Indonesia 1727:2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain sebagai revisi dari Standar Nasional Indonesia 1727:2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain;

untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Atas perhatian dan kerja samanya, kami mengucapkan terima kasih.

Kepala Biro Sumber Daya Manusia,
Organisasi, dan Hukum,



Iryana Margahayu

Tembusan:

1. Sekretaris Utama, BSN;
2. Deputi Bidang Pengembangan Standar, BSN;
3. Direktur Pengembangan Standar Infrastruktur, Penilaian Kesesuaian, Personal dan Ekonomi Kreatif, BSN;
4. Direktur Sistem Penerapan Standar dan Penilaian Kesesuaian, BSN;
5. Kepala Biro Hubungan Masyarakat, Kerja Sama, dan Layanan Informasi, BSN; dan
6. Kepala Pusat Data dan Sistem Informasi, BSN

KEPUTUSAN KEPALA BADAN STANDARDISASI NASIONAL

NOMOR 230/KEP/BSN/7/2020

TENTANG

PENETAPAN STANDAR NASIONAL INDONESIA

7972:2020 SAMBUNGAN TERPRAKUALIFIKASI UNTUK RANGKA MOMEN KHUSUS DAN MENENGAH BAJA PADA APLIKASI SEISMIK SEBAGAI REVISI DARI STANDAR NASIONAL INDONESIA 7972:2013 SAMBUNGAN TERPRAKUALIFIKASI UNTUK RANGKA MOMEN KHUSUS DAN MENENGAH BAJA PADA APLIKASI SEISMIK

KEPALA BADAN STANDARDISASI NASIONAL,

- Menimbang :
- a. bahwa untuk menjaga kesesuaian Standar Nasional Indonesia terhadap kebutuhan pasar, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, pemeliharaan dan penilaian kelayakan dan kekinian, perlu dilakukan kaji ulang;
 - b. bahwa berdasarkan hasil kaji ulang, perlu dilakukan revisi Standar Nasional Indonesia;
 - c. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan huruf b, perlu menetapkan Keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional tentang Penetapan Standar Nasional Indonesia 7972:2020 Sambungan terprakualifikasi untuk rangka momen khusus dan menengah baja pada aplikasi seismik sebagai revisi dari Standar Nasional Indonesia 7972:2013 Sambungan terprakualifikasi untuk rangka momen khusus dan menengah baja pada aplikasi seismik;

- Mengingat :
1. Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2014 tentang Standardisasi dan Penilaian Kesesuaian (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 216, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5584);
 2. Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2018 tentang Sistem Standardisasi dan Penilaian Kesesuaian Nasional (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2018 Nomor 110, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6225);
 3. Peraturan Presiden Nomor 4 Tahun 2018 tentang Badan Standardisasi Nasional (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2018 Nomor 10);
 4. Peraturan Badan Standardisasi Nasional Nomor 6 Tahun 2018 tentang Pedoman Kaji Ulang Standar Nasional Indonesia (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2018 Nomor 601);
 5. Peraturan Badan Standardisasi Nasional Nomor 12 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Badan Standardisasi Nasional Nomor 1 Tahun 2018 tentang Pedoman Tata Cara Penomoran Standar Nasional Indonesia (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2018 Nomor 1762);
- Memperhatikan :
- Surat Sekretaris Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Nomor: LB.0207-L5/018 tanggal 27 Desember 2019 Hal Usulan Penetapan 16 (Enam Belas) Rancangan SNI Bidang Perumahan dan Pemukiman;

MEMUTUSKAN:

- Menetapkan : KEPUTUSAN KEPALA BADAN STANDARDISASI NASIONAL TENTANG PENETAPAN STANDAR NASIONAL INDONESIA 7972:2020 SAMBUNGAN TERPRAKUALIFIKASI UNTUK RANGKA MOMEN KHUSUS DAN MENENGAH BAJA PADA APLIKASI SEISMIK SEBAGAI REVISI DARI STANDAR NASIONAL INDONESIA 7972:2013 SAMBUNGAN TERPRAKUALIFIKASI UNTUK RANGKA MOMEN KHUSUS DAN MENENGAH BAJA PADA APLIKASI SEISMIK.
- KESATU : Menetapkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7972:2020 Sambungan terprakualifikasi untuk rangka momen khusus dan menengah baja pada aplikasi seismik sebagai revisi dari SNI 7972:2013 Sambungan terprakualifikasi untuk rangka momen khusus dan menengah baja pada aplikasi seismik.
- KEDUA : SNI 7972:2020 Sambungan terprakualifikasi untuk rangka momen khusus dan menengah baja pada aplikasi seismik sebagaimana dimaksud dalam DIKTUM Kesatu merupakan Adopsi Identik dengan metode terjemahan dari AISC 358-16 *Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications*, yang ditetapkan oleh BSN tahun 2020.
- KETIGA : SNI yang direvisi masih tetap berlaku sepanjang belum dicabut dan dinyatakan tidak berlaku.

KEEMPAT : Keputusan Kepala Badan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 6 Juli 2020

KEPALA BADAN STANDARDISASI NASIONAL,


KUKUH S. ACHMAD

Sambungan terprakualifikasi untuk rangka momen khusus dan menengah baja pada aplikasi seismik

(ANSI/AISC 358-16, IDT)

© AISC 2016 – All rights reserved

© BSN 2020 untuk kepentingan adopsi standar © AISC menjadi SNI – Semua hak dilindungi

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis BSN

BSN

Email: dokinfo@bsn.go.id

www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	vi
Pendahuluan	vii
Simbol	ix
Daftar istilah.....	xix
1 Umum	1
1.1 Ruang Lingkup	1
1.2 Acuan Normatif.....	1
1.3 Umum.....	3
2 Persyaratan Desain.....	3
2.1 Tipe Sambungan Rangka Momen Khusus dan Menengah	3
2.2 Kekakuan Sambungan	3
2.3 Komponen Struktur.....	3
2.3.1 Komponen Struktur WF Gilas	3
2.3.2 Komponen Struktur Tersusun	3
2.3.3 Profil Struktural Berongga - PSR (<i>Hollow Structural Sections - HSS</i>).....	5
2.4 Parameter Desain Sambungan.....	6
2.4.1 Faktor Ketahanan	6
2.4.2 Lokasi Sendi Plastis.....	6
2.4.3 Momen Maksimum yang mungkin terjadi pada Sendi Plastis.....	6
2.4.4 Pelat Penerus	6
2.5 Zona Panel.....	7
2.6 Zona Terlindung	7
3 Persyaratan Pengelasan.....	7
3.1 Metal Pengisi.....	7
3.2 Prosedur Pengelasan	7
3.3 Pendukung (<i>Backing</i>) pada Joint Balok ke kolom dan Pelat Penerus ke Kolom ...	7
3.3.1 Pendukung Baja pada Pelat Penerus	7
3.3.2 <i>Backing</i> Baja pada Sayap Bawah Balok	7
3.3.3 <i>Backing</i> Baja pada Sayap Atas Balok	8
3.3.4 Las yang dilarang pada <i>Backing</i> Baja	8
3.3.5 <i>Backing</i> yang tidak dapat menyatu pada Joint Sayap Balok ke kolom	8
3.4 Detail dan Pengerjaan Las Tab	8
3.5 Las Titik.....	9
3.6 Pelat Penerus.....	9
3.7 Pengendalian Mutu dan Penjaminan Mutu	9

SNI 7972:2020

4	Persyaratan Pembautan.....	9
4.1	Rakitan Pengencang.....	9
4.2	Persyaratan Pemasangan.....	9
4.3	Pengendalian Mutu dan Penjaminan Mutu.....	9
5	Sambungan Momen Penampang Balok Tereduksi (PBR)	9
5.1	Umum	9
5.2	Sistem.....	10
5.3	Batas Prakuifikasi.....	10
5.3.1	Pembatasan Balok	10
5.3.2	Pembatasan Kolom	11
5.4	Pembatasan Hubungan Kolom Balok.....	12
5.5	Pembatasan Las Sayap Balok ke Sayap Kolom.....	12
5.6	Pembatasan Sambungan Badan Balok ke Sayap Kolom	12
5.7	Fabrikasi Pemotongan Sayap	13
5.8	Prosedur Desain	14
6	Sambungan Momen Pelat Ujung Berbaut Diperpanjang Tanpa dan Dengan Pengaku 16	
6.1	Umum	16
6.2	Sistem.....	16
6.3	Batas Prakuifikasi.....	18
6.3.1	Pembatasan Balok	18
6.3.2	Pembatasan Kolom	19
6.4	Pembatasan Hubungan Kolom Balok.....	19
6.5	Pelat Penerus	19
6.6	Baut	20
6.7	Pendetailan Sambungan.....	20
6.7.1	Gage	20
6.7.2	Pitch Dan Spasi Baris.....	20
6.7.3	Lebar Pelat Ujung.....	22
6.7.4	Pengaku Pelat Ujung.....	22
6.7.5	Ganjil Menjari	23
6.7.6	Detail Pengelasan	23
6.8	Prosedur Desain	24
6.8.1	Desain Pelat Ujung dan Baut.....	24
6.8.2	Desain di bagian Kolom.....	30
7	Sambungan Momen Pelat Sayap Berbaut (PSB)	35
7.1	Umum	35
7.2	Sistem.....	35
7.3	Batas Prakuifikasi.....	36
7.3.1	Pembatasan Balok.....	36

	7.3.2 Pembatasan Kolom.....	37
	7.4 Pembatasan Hubungan Kolom Balok.....	37
	7.5 Pendetailan Sambungan.....	37
	7.5.1 Spesifikasi Material Pelat	37
	7.5.2 Las Pelat Sayap Balok	37
	7.5.3 Las Sambungan Geser Pelat Tunggal.....	38
	7.5.4 Persyaratan Baut	38
	7.5.5 Ganjal Pelat Sayap.....	38
	7.6 Prosedur Desain	38
8	Sambungan Momen Sayap Dilas Tanpa Penguat Badan Dilas (SLTKBL).....	41
	8.1 Umum	41
	8.2 Sistem.....	42
	8.3 Batas Prakuualifikasi.....	42
	8.3.1 Pembatasan Balok	42
	8.3.2 Pembatasan Kolom	43
	8.4 Pembatasan Hubungan Kolom Balok.....	43
	8.5 Las Sayap Balok ke Sayap Kolom	43
	8.6 Pembatasan Sambungan Badan Balok ke kolom	44
	8.7 Prosedur Desain	45
9	Sambungan Momen Braket <i>Kaiser</i> Berbaut (BKB)	46
	9.1 Umum	46
	9.2 Sistem.....	47
	9.3 Batas Prakuualifikasi.....	48
	9.3.1 Pembatasan Balok	48
	9.3.2 Pembatasan Kolom	49
	9.3.3 Pembatasan Braket.....	49
	9.4 Pembatasan Hubungan Kolom Balok.....	50
	9.5 Pembatasan Braket ke Sayap Kolom.....	50
	9.6 Pembatasan Sambungan Braket ke Sayap Balok.....	50
	9.7 Pembatasan Sambungan Badan Balok ke Kolom.....	51
	9.8 Pendetailan Sambungan.....	51
	9.9 Prosedur Desain	52
10	Sambungan Momen <i>ConXtech ConXL</i>	58
	10.1 Umum.....	58
	10.2 Sistem	61
	10.3 Batas Prakuualifikasi	61
	10.3.1 Pembatasan Balok.....	61
	10.3.2 Pembatasan Kolom.....	62
	10.3.3 Pembatasan Kerah	63

10.4	Pembatasan Sambungan Kerah.....	63
10.5	Pembatasan Sambungan Badan Balok ke Kerah	65
10.6	Pembatasan Pengelasan Sayap Balok ke Sayap Kerah.....	65
10.7	Pembatasan Hubungan Kolom Balok	65
10.8	Prosedur Desain.....	66
10.9	Bagian Penggambaran	71
11	Sambungan Momen <i>SidePlate</i>	80
11.1	Umum.....	80
11.2	Sistem	86
11.3	Batas Prakuifikasi	87
11.3.1	Pembatasan Balok	87
11.3.2	Pembatasan Kolom	88
11.3.3	Pembatasan Sambungan	89
11.4	Pembatasan Hubungan Balok kolom.....	90
11.5	Pembatasan Sambungan Dengan Las	93
11.6	Pendetailan Sambungan	94
11.6.1	Pelat/Siku	94
11.6.2	Las	98
11.6.3	Baut.....	98
11.7	Prosedur Desain.....	99
12	Sambungan Momen <i>Simpson Strong-Tie Strong Frame</i>	103
12.1	Umum.....	103
12.2	Sistem	103
12.3	Batas Prakuifikasi	103
12.3.1	Pembatasan Balok	103
12.3.2	Pembatasan Kolom	104
12.3.3	Pembatasan Baut.....	105
12.4	Pembatasan Pada Hubungan Balok Kolom	105
12.5	Pelat Penerus.....	105
12.6	Pembatasan las sayap ke batang <i>Yield-Link</i>	106
12.7	Pabrikasi Pemotongan <i>Yield-Link</i>	106
12.8	Pendetailan Sambungan	107
12.8.1	Pencoakan Balok	107
12.8.2	<i>Yield-Link</i>	107
12.8.3	Baut Pada Sambungan Pelat Geser	108
12.8.4	Las Sambungan Geser Pada Pelat Geser.....	108
12.8.5	Persyaratan Lubang Baut.....	108
12.8.6	Rakitan Tahan Tekuk	108
12.8.7	Sisipan	108

	12.9	Prosedur Desain.....	108
13		Sambungan Momen T Ganda	119
	13.1	Umum.....	119
	13.2	Sistem	121
	13.3	Batas Prakuafikasi	123
	13.3.1	Pembatasan untuk Balok.....	123
	13.3.2	Pembatasan untuk kolom	123
	13.4	Pembatasan untuk Hubungan Balok kolom	124
	13.5	Pendetailan Sambungan	124
	13.5.1	Spesifikasi material Stab T	124
	13.5.2	Pelat Penerus.....	124
	13.5.3	Sambungan Las Pelat Geser Tunggal.....	124
	13.5.4	Baut.....	124
	13.5.5	Sisipan pada Stab T	125
	13.6	Prosedur Desain.....	125
14		Sambungan Momen <i>SlottedWeb</i> TM (SW)	134
	14.1	Umum.....	134
	14.2	Sistem	134
	14.3	Batas Prakuafikasi	134
	14.3.1	Pembatasan Balok	134
	14.3.2	Pembatasan Kolom	135
	14.4	Pembatasan Pada Hubungan Balok Kolom.....	136
	14.5	Pembatasan Las Sayap Balok Ke Sayap Kolom	136
	14.6	Pembatasan Sambungan Badan Balok Dan Pelat Geser	137
	14.7	Pabrikasi Sobekan Badan Balok.....	137
	14.8	Prosedur Desain.....	137
	A1	Kelas baja tuang	141
	A2	Pengendalian mutu	141
	A3	Dokumen produsen.....	142
	B	Persyaratan penempaan.....	144
	B1.	Kelas baja yang ditempa.....	144
	B2.	Persediaan batang tulangan	144
	B3.	Temperatur penempaan	144
	B4.	Perlakuan tingkat pemanasan.....	144
	B5.	Finis.....	144
	B6.	Penjaminan mutu	144

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) 7972:2020 dengan judul *Sambungan terprakualifikasi untuk rangka momen khusus dan menengah baja pada aplikasi seismik* merupakan revisi dari SNI 7972:2013 *Sambungan terprakualifikasi untuk rangka momen khusus dan menengah baja pada aplikasi seismik* dan merupakan adopsi identik dengan metode terjemahan dari AISC 358-16 *Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications* yang digunakan untuk memberikan ketentuan prosedur perancangan dan syarat pendetailan sambungan balok ke kolom untuk Rangka Momen Khusus dan Rangka Momen Menengah yang telah teruji kehandalannya dan memenuhi ketentuan-ketentuan dari SNI 7860 *Ketentuan seismik untuk bangunan gedung baja struktural*.

Standar Nasional Indonesia (SNI) ini dipersiapkan oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Gugus Kerja Bahan Bangunan pada Subkomite Teknis Bahan, Sains, Struktur dan Konstruksi Bangunan. Tata cara penulisan disusun mengikuti Peraturan Kepala BSN Nomor 4 Tahun 2016 tentang Pedoman Penulisan Standar Nasional Indonesia (SNI), yang telah dibahas dalam forum Rapat Konsensus pada tanggal 14 November 2019 di Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman. Forum rapat konsensus ini dihadiri oleh wakil dari produsen, konsumen, asosiasi, lembaga penelitian, perguruan tinggi dan instansi pemerintah terkait.

Apabila pengguna menemukan keraguan dalam standar ini maka disarankan untuk melihat standar aslinya yaitu AISC 358-16 dan atau dokumen terkait lain yang menyertainya.

Standar ini telah melalui tahap jajak pendapat pada tanggal 10 April 2020 sampai dengan 29 April 2020, dengan hasil akhir disetujui menjadi SNI.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.

Pendahuluan

Standar ini menetapkan desain, pendetailan, fabrikasi dan kriteria kualitas untuk sambungan prakualifikasi menurut *AISC Seismic Provisions for Structural Steel Buildings* (selanjutnya disebut sebagai *AISC Seismic Provision*) digunakan pada Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMT). Sambungan yang ada dalam Standar ini terprakualifikasi memenuhi persyaratan *SNI Spesifikasi for Structural Steel Buildings* (selanjutnya disebut sebagai *SNI Spesifikasi*) hanya bila dirancang dan dilaksanakan menurut persyaratan Standar ini. Standar ini tidak menghalangi penggunaan tipe sambungan yang ada disini diluar keterbatasan yang dinyatakan, atau penggunaan tipe sambungan lain, bila ada cukup bukti kualifikasi yang memenuhi *AISC Seismic Provision* dan diajukan kepada pihak yang berwenang.

Semua desain, material dan pengerjaan harus sesuai dengan persyaratan *AISC Seismic Provision* dan Standar ini. Sambungan yang ada dalam Standar ini harus dirancang menurut ketentuan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBT). Sambungan yang dirancang menurut Standar ini boleh digunakan pada struktur yang dirancang menurut ketentuan DFBT atau Desain Kekuatan Izin (DKI) dari *AISC Seismic Provision*.

Standar ini merupakan salah satu bagian dari Peraturan Baja Struktural Indonesia untuk Bangunan Gedung, yang merupakan adopsi identik dari ANSI/AISC 358-16 dan ANSI/AISC 358s1-18 dengan judul *Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications*.

Standar ini berisikan ketentuan prosedur perancangan dan syarat pendetailan sambungan balok ke kolom untuk Rangka Momen Khusus dan Rangka Momen Menengah, yang telah teruji kehandalannya dan memenuhi ketentuan-ketentuan dari SNI 7860, Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.

Perubahan dalam edisi ini meliputi: penambahan 4 jenis sambungan momen terprakualifikasi baru, perubahan konversi satuan dimensi, revisi persamaan, pembaruan istilah dan singkatan dan penyempurnaan terjemahan dan koreksi typo.

Lima dari sepuluh sambungan yang direkomendasikan dalam standar ini dilindungi oleh paten yang terdaftar sehingga diperlukan adanya izin dalam penggunaannya.

Standar ini tetap mempertahankan dua satuan, yaitu SI dan Imperial, dimaksudkan agar penggunaannya dapat tetap meluas secara internasional.

Simbol

Standar ini menggunakan simbol-simbol berikut ini sebagai tambahan dari istilah-istilah yang didefinisikan dalam *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural SNI 1729-20XX* dan *AISC Seismic Provision*. Beberapa definisi dalam daftar di bawah ini telah disederhanakan agar ringkas. Secara umum, definisi yang diberikan dalam tubuh Standar ini yang menentukan. Simbol tanpa definisi teks, digunakan hanya dalam satu lokasi dan didefinisikan pada lokasi itu, dihilangkan dalam beberapa hal. Nomor pasal atau tabel di sebelah kanan di mana simbol pertama kali digunakan.

Simbol	Definisi	Pasal
A_c	Luas kontak antara pelat penerus dan sayap kolom tempat sayap balok tersambung, in. ² (mm ²)	6.5
A_c	Luas beton dalam kolom, in. ² (mm ²)	10.8
A_s	Luas baja dalam kolom, in. ² (mm ²)	10.8
A_{tb}	Luas kotor baut tarik yang dihitung melalui bagian polos nya, in. ² (mm ²)	13.6
A_{vb}	Luas kotor dan baut geser dihitung melalui bagian polos nya, in. ² (mm ²)	13.6
A_{y-link}	Area bagian <i>Yield-Link</i> yang tereduksi (b_{yield})(t_{stem}), in. ² . (mm ²)	12.9
A'_{y-link}	Area leleh <i>Yield-Link</i> terestimasi yang dibutuhkan, in. ² . (mm ²)	12.9
A_{\perp}	Gaya seret seismik atau kord yang diperbesar sesuai dengan peraturan yang berlaku, kips (N)	11.7
$A_{ }$	Gaya seret seismik atau kord yang diperbesar sesuai peraturan yang berlaku, kips (N)	11.7
C_{pr}	Faktor untuk memperhitungkan kekuatan puncak sambungan, termasuk pengerasan regangan, kekangan lokal, penulangan tambahan, dan kondisi sambungan lain	2.4.3
C_t	Faktor yang digunakan dalam Persamaan 6.10-17	6.8.2
E	Modulus elastisitas baja= 29,000 ksi (200,000 MPa)	13.6
F_{EXX}	Kekuatan klasifikasi metal pengisi, ksi (MPa)	9.9
F_f	Gaya maksimum pada Stab T dan sayap balok, kips (N)	13.6
F_{fu}	Gaya sayap balok terfaktor, kips (N)	6.8.1
F_{nt}	Kekuatan tarik nominal baut <i>SNI Spesifikasi</i> , ksi (MPa)	6.8.1
F_{nt}	Tegangan tarik nominal baut <i>SNI Spesifikasi</i> , ksi (MPa)	13.6
F_{nv}	Kekuatan geser nominal baut <i>SNI Spesifikasi</i> , ksi (MPa)	6.8.1
F_{nv}	Tegangan geser nominal pada sebuah baut <i>SNI Spesifikasi</i> , ksi (MPa)	13.6
F_{pr}	Gaya maksimum yang mungkin terjadi dalam Stab T dan sayap balok, kips (N)	13.6
F_{pr}	Gaya pada sayap pelat akibat M_f , kips (N)	7.6
F_{su}	Kekuatan pengaku yang diperlukan, kips (N)	6.8.2
F_u	Kekuatan tarik minimum terspesifikasi elemen yang meleleh	2.4.3
F_{ub}	Kekuatan tarik minimum terspesifikasi material balok, ksi (MPa)	7.6
F_{ub}	Tegangan tarik minimum terspesifikasi balok, ksi (MPa)	13.6
F_{uf}	Kekuatan tarik minimum terspesifikasi material sayap, ksi (MPa)	9.9
F_{up}	Kekuatan tarik minimum terspesifikasi material pelat-ujung, ksi (MPa)	6.8.1
F_{up}	Kekuatan tarik minimum terspesifikasi material pelat, ksi (MPa)	7.6
F_{ut}	Tegangan tarik minimum terspesifikasi Stab T, ksi (MPa)	13.6
F_{u-link}	Kekuatan tarik minimum terspesifikasi material batang <i>Yield-Link</i> , ksi (MPa)	12.9
F_w	Kekuatan desain las nominal pada <i>SNI Spesifikasi</i> , ksi (MPa)	9.9
F_y	Tegangan leleh minimum terspesifikasi elemen yang meleleh, ksi (MPa)	2.4.3
F_{yb}	Tegangan leleh minimum terspesifikasi material balok, ksi (MPa)	6.8.1

SNI 7972:2020

F_{yb}	Tegangan leleh balok, ksi (MPa)	11.4(3)
F_{yc}	Tegangan leleh minimum terspesifikasi material sayap kolom, ksi (MPa)	6.8.2
F_{yc}	Tegangan leleh minimum terspesifikasi material sayap kolom, ksi (MPa)	6.8.2
F_{yc}	Tegangan leleh minimum kolom pada sambungan, ksi (MPa)	11.4(3)
F_{ye}	Kekuatan leleh terekspektasi balok baja, ksi (MPa)	14.8
F_{yf}	Tegangan leleh minimum terspesifikasi material sayap, ksi (MPa) . . .	9.9
F_{yp}	Tegangan leleh minimum terspesifikasi material pelat-ujung, ksi (MPa)	6.8.1
F_{ys}	Tegangan leleh minimum terspesifikasi material pengaku, ksi (MPa) .	6.8.1
F_{yt}	Tegangan leleh minimum Stab T, ksi (MPa)	13.6
F_{y-link}	Tegangan leleh minimum terspesifikasi bahan batang <i>Yield-Link</i> , ksi (MPa)	12.9
H_h	Jarak antara tinggi kolom yang dihitung dari $\frac{1}{4}$ tinggi kolom di atas sisi atas dari pelat samping lantai bawah ke $\frac{1}{4}$ kedalam kolom di bawah sisi bawah dari pelat samping lantai di atas nya, (mm)	11.4(3)
H_l	Tinggi tingkat di bawah simpul, in. (mm)	10.8
H_u	Tinggi tingkat diatas simpul, in. (mm)	10.8
I_{beam}	Momen inersia balok pada bidang lentur, in. ⁴ (mm ⁴)	Gambar 11.16
I_{beam}	Momen inersia sumbu kuat balok, in. ⁴ (mm ⁴)	13.6
I_{ft}	Momen inersia sayap T per pasang baut tarik	13.6
I_{total}	Momen inersia perkiraan karena lokasi sendi plastis dan kekakuan pelat samping, in. ⁴ (mm ⁴)	Gambar 11.16
K_1	Kontribusi kekakuan aksial elastis akibat kekakuan lentur sayap <i>Yield-Link</i> , kip / in. (N / mm)	12.9
K_2	Kontribusi kekakuan aksial elastis akibat bagian <i>Yield-Link</i> yang tidak leleh, kip / in. (N / mm)	12.9
K_3	Kontribusi kekakuan aksial elastis akibat bagian <i>Yield-Link</i> yang leleh, kip / in. (N / mm)	12.9
K_{comp}	Kekakuan awal stab T dalam kondisi tekan, kip / in. (N / mm)	13.6
K_{eff}	Kekakuan aksial elastis efektif <i>Yield-Link</i> , kip / in. (N / mm)	12.9
K_{flange}	Kekakuan awal Sayap T, kip/in. (N/mm)	13.6
K_i	Kekakuan awal sambungan, kip-in./rad (Nmm/rad)	13.6
K_{slip}	Kekakuan awal mekanisme slip antara Badan T dan sayap balok, kip/in. (N/mm)	13.6
K_{stem}	Kekakuan awal Badan T, kip/in. (N/mm)	13.6
K_{ten}	Kekakuan awal Stab T dalam kondisi tarik, kip / in. (N / mm)	13.6
L	Jarak antara sumbu kolom, mm	11.3(5)
$L_{bm-side}$	Panjang <i>Yield-Link</i> yang tidak direduksi pada sisi balok, in. (mm)	Gambar 12.2
L_c	Jarak bersih, pada arah gaya, antara tepi lubang dan tepi lubang yang berdekatan atau tepi material, in. (mm)	6.8.1
$L_{col-side}$	Panjang <i>Yield-Link</i> yang tak tereduksi pada sisi kolom, in. (mm)	Gambar 12.2
L_{crit}	Panjang bidang geser kritis yang melalui pelat penutup seperti pada Gambar C-11.6, in. (mm)	Penjelasan 11.7
L_{bb}	Panjang braket, in. (mm)	Tabel 9.1
L_h	Jarak tepi horizontal untuk baut pada sambungan sayap <i>Yield-Link</i> ke sayap kolom, in. (mm)	Gambar 12.2
L_{ehb}	Jarak ujung horizontal balok diukur dari ujung balok ke garis tengah dari baris pertama baut geser atau ke garis tengah baut badan, in. (mm) . .	13.6

L_v	Jarak tepi vertikal untuk baut pada sambungan sayap <i>Yield-Link</i> ke sayap kolom in. (mm)	Gambar 12.2
L_h	Jarak antara lokasi sendi plastis, in. (mm)	5.8
L_o	Panjang teoritis balok yang tersambung dihitung antara kolom yang bersebelahan, in. (mm)	13.6
L_{sp}	Panjang sambungan geser, in. (mm)	13.6
L_{st}	Panjang pengaku pelat ujung, in. (mm)	6.7.4
L_{vb}	Panjang pola baut geser Badan T dan sayap balok, in. (mm)	13.6
L_{y-link}	Panjang bagian <i>Yield-Link</i> yang direduksi, in. (mm)	Gambar 12.2
M_{bolts}	Momen pada baut kerah, kip-in. (N-mm)	10.8
M_{cant}	Momen balok kantilever yang dihasilkan dari kombinasi yang berlaku, kip-in. (N-mm)	11.7
M_{group}	Momen maksimum yang mungkin terjadi pada elemen sambungan manapun, kip in. (N-mm)	11.7
M_{cf}	Kekuatan lentur sayap kolom, kip-in. (N-mm)	6.8.2
M_f	Momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom, kip-in. (N-mm)	5.8
M_f	Momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom, kip-in. (N-mm)	13.6
M_{np}	Momen tanpa aksi unguik dalam baut, kip-in.(N-mm)	Tabel 6.2
M_{pe}	Momen plastis balok berdasarkan tegangan leleh ekspektasi, kip-in. (N-mm)	5.8
M_{pr}	Momen maksimum yang mungkin terjadi pada sendi plastis, kip-in. (N-mm)	2.4.3
M_{UV}	Momen tambahan akibat amplifikasi geser dari pusat penampang balok yang tereduksi ke sumbu kolom, kip-in. (N-mm)	5.4(2)
M_{UV}	Momen tambahan karena amplifikasi geser dari pusat bagian balok yang direduksi ke garis tengah kolom, kip-in. (N-mm)	14.4
M^*_{pci}	Kekuatan nominal momen plastis kolom di bawah simpul, terhadap sumbu yang ditinjau dengan memperhitungkan beban aksial yang bekerja bersamaan dengan pembebanan pada sumbu yang tegak lurus, kip-in. (N-mm)	10.8
M^*_{pcu}	Kekuatan nominal momen plastis kolom di atas simpul, terhadap sumbu yang ditinjau dengan memperhitungkan beban aksial yang bekerja bersamaan dengan pembebanan pada sumbu yang tegak lurus, kip-in (N-mm).	10.8
M_{u-sp}	Momen pelat geser pada muka kolom, kip-in. (N-mm)	12.9
M_v	Momen tambahan karena geser balok bekerja pada lengan momen yang memanjang dari titik asumsi sendi plastis ke garis tengah kolom, kip-in. (N-mm)	10.8
M_{weld}	Momen yang ditahan pelat geser, kip-in (Nmm)	14.8
$M_{ye-link}$	Momen leleh terekspektasi dari sepasang <i>Yield-Link</i> , kip / in. (N / mm)	12.9
N	Tebal sayap balok ditambah 2 kali ukuran las filet penguat, in. (mm)	6.8.2
P	Beban aksial yang bekerja pada kolom di penampang yang memperhitungkan kombinasi beban yang sesuai dispesifikasi oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku, tetapi tanpa memperhitungkan beban seismik amplifikasi, kips (N)	10.8
P_{r-weld}	Kekuatan yang diperlukan dari las batang <i>Yield-Link</i> ke sayap <i>Yield-Link</i> , kips (N)	12.9
P_{r-link}	Kekuatan tarik maksimum yang mungkin terjadi dari <i>Yield-Link</i> , kips (N)	12.9
P_{slip}	Beban slip terekspektasi dari baut geser antara sayap balok dan Badan T, kips (N)	13.6

P_t	Kekuatan tarik baut minimum terspesifikasi, kips (N)	Tabel 6.2
P_{u_sp}	Kekuatan aksial yang dibutuhkan dari sambungan badan balok ke sayap kolom, kips (N)	12.9
$P_{ye-link}$	Kekuatan leleh terekspektasi <i>Yield-Link</i> , kips (N)	12.9
P'_{y-link}	Gaya leleh <i>Yield-Link</i> terestimasi yang dibutuhkan, kips (N)	12.9
R_{pt}	Pratarik baut minimum, kips (N)	10.8
R_n	Gaya terspesifikasi untuk desain pelat penerus, kips (N)	6.8.1
R_n	Kekuatan nominal	7.6
R_n^{pz}	Kekuatan geser zona panel nominal, kips (N)	10.8
R_t	Rasio kekuatan tarik terekspektasi terhadap kekuatan tarik minimum terspesifikasi untuk material sayap	9.9
R_u	Kekuatan ultimit las filet, kips (N)	Penjelasan an 11.4
R_u^{pz}	Kekuatan geser zona panel yang diperlukan, kips (N)	10.8
R_y	Rasio tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum terspesifikasi, F_y ,	2.4.3
S_1	Jarak muka kolom ke baris terdekat dari baut, in. (mm)	7.6
S_1	Jarak antara muka kolom dengan baris pertama baut geser, in. (mm)	13.6
S_h	Jarak muka kolom ke sendi plastis, in. (mm)	2.3.2a
T	Gaya tarik per baut, kips/bolt (N/bolt)	13.6
T	Tinggi badan balok seperti yang diberikan pada dalam <i>AISC Manual</i>	14.8
T_1	Kekuatan nominal tarik per baut Sayap T yang sesuai dengan mekanisme plastis di Sayap T, kips/bolt (N/bolt)	13.6
T_2	Kekuatan nominal tarik per baut Sayap T yang sesuai dengan mekanisme mode kegagalan campuran di Sayap T, kips/bolt (N/bolt)	13.6
T_3	Kekuatan nominal tarik per baut Sayap T yang sesuai dengan kegagalan fraktur baut tanpa kelelahan Sayap T, kips/bolt (N/bolt)	13.6
T_{req}	Gaya Stab T yang dibutuhkan per baut tarik, kips/bolt (N/bolt)	13.6
V_{beam}	Geser pada sendi plastis balok, kips (N)	14.4
V_{bolts}	Geser maksimum yang mungkin terjadi pada baut kerah, kips (N)	10.8
V_{cant}	Gaya geser balok kantilever yang dihasilkan dari kombinasi beban yang berlaku, kips (N)	11.7
V_{cf}	Geser maksimum yang mungkin terjadi pada muka sayap kerah, kips (N)	10.8
V_{col}	Geser kolom, kips (N)	10.8
V_f	Geser maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom, kips (N)	10.8
$V_{gravity}$	Gaya geser balok yang dihasilkan dari $1,2D + f_1L + 0,2S$, kips (N)	5.8
V_h	Gaya geser balok pada lokasi sendi plastis, kips (N)	7.6
V_{RBS}	Terbesar dari dua nilai gaya geser pada pusat penampang balok tereduksi pada setiap ujung sebuah balok, kips (N)	5.4(2)
V'_{RBS}	Terkecil dari dua nilai gaya geser pada pusat penampang balok tereduksi pada setiap ujung sebuah balok, kips (N)	Penjelasan an 5.8
V_u	Kekuatan geser yang diperlukan dari sambungan balok dan sambungan badan balok ke kolom, kips (N)	5.8
V_{weld}	Geser yang ditahan oleh pelat geser, kips (N)	14.8
V_1, V_2	Gaya geser gravitasi terfaktor balok gravitasi yang tidak sebidang dengan rangka momen tetapi terhubung ke permukaan eksterior pelat samping, dihasilkan dari kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ (dengan f_1 adalah faktor beban yang ditentukan oleh peraturan bangunan yang berlaku untuk beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5), kips (N)	11.7
W_T	Lebar Stab T dihitung sejajar ke lebar sayap kolom, in. (mm)	13.6
W_{Whit}	Lebar whitmore batang Stab T, in. (mm)	13.6
Y_c	Parameter mekanisme garis leleh sayap kolom, in. (mm)	6.8.2

Y_c	Parameter garis leleh yang digunakan untuk menentukan kekuatan sayap kolom.	13.6
Y_m	Parameter mekanisme garis leleh sayap kolom yang disederhanakan	9.9
Y_p	Parameter mekanisme garis leleh pelat-ujung, in. (mm)	Tabel 6.2
Z_b	Modulus plastis nominal penampang balok, mm ³	11.4
Z_c	Modulus penampang plastis kolom pada salah satu sumbu, in. ³ (mm ³)	10.8
Z_e	Modulus plastis efektif penampang (atau sambungan) pada lokasi sendi plastis, in. ³ (mm ³)	2.4.3
Z_{ec}	Modulus plastis ekuivalen penampang kolom (Z_c) pada jarak $\frac{1}{4}$ tinggi kolom dari sisi atas dan bawah pelat samping, yang terproyeksi ke garis tengah balok, mm ³	11.4(3)
Z_{RBS}	Modulus penampang plastis pada pusat penampang balok yang tereduksi, in. ³ (mm ³)	5.8
Z_{web}	Modulus penampang plastis badan balok, in. ³ (mm ³)	14.8
Z_x	Modulus penampang plastis pada sumbu-x, in. ³ (mm ³)	5.8
Z_x	Modulus plastis penampang terhadap sumbu x dari penampang kotor pada balok pada lokasi sendi plastis, in. ³ (mm ³)	13.6
Z_{xb}	Modulus plastis penampang balok, in. ³ (mm ³)	11.7
Z_{xc}	Modulus plastis penampang kolom, in. ³ (mm ³)	11.7
$Z_{x,net}$	Modulus plastis penampang neto balok pada lokasi sendi plastis, in. ³ (mm ³)	13.6
a	Jarak horizontal dari muka sayap kolom ke daerah dimulainya potongan penampang balok yang direduksi, in. (mm).	5.4(2)
a	Jarak muka terluar dari kerah ke pemotongan penampang tereduksi, in. (mm).	10.8
a	Jarak horizontal dari garis tengah lubang baut di pelat geser ke muka kolom, in. (mm)	12.4(2)
a	Jarak antara garis baut dan tepi luar Sayap T, in. (mm)	13.6
a'	Jarak antara tepi dalam garis baut dan tepi luar Sayap T, in. (mm) . . .	13.6
a_c	Jarak horizontal dari baut tarik bagian dalam dan tepi sayap kolom, in. (mm)	13.6
b	Lebar elemen tekan seperti didefinisikan dalam <i>SNI Spesifikasi</i> , in. (mm)	2.3.2b
b	Panjang pemotongan balok tereduksi, in. (mm)	5.4(2)
b	Jarak vertikal dari garis tengah baut pada sayap <i>Yield-Link</i> ke muka batang <i>Yield-Link</i> , in. (mm)	12.9
b	Jarak antara Badan T efektif dan garis baut pada Sayap T, in. (Mm)	
b'	Jarak antara Badan T efektif dan tepi bagian dalam dari garis baut di Sayap T, in. (mm)	13.6
b_{bb}	Lebar konsol, in. (mm)	Tabel 9.1
$b_{bm-side}$	Lebar <i>Yield-Link</i> yang tidak direduksi pada sisi balok, in. (mm)	Gambar 12.2
b_c	Jarak horizontal dari badan kolom ke baut tarik, in. (mm)	13.6
b_{cf}	Lebar sayap kolom, in. (mm)	9.9
$b_{col-side}$	Lebar sayap balok, in. (mm)	Gambar 12.2
b_f	Lebar sayap, in. (mm)	14.8
b_{fc}	Lebar ujung pelat, in. (mm)	13.6
b_{flange}	Lebar sayap kolom, in. (mm)	Gambar 12.2
b_{fp}	Lebar pelat sayap, in. (mm)	7.6
b_{ft}	Lebar sayap Stab T, in. (mm)	13.6
b_p	Lebar pelat-ujung, in. (mm)	Tabel 6.1

SNI 7972:2020

b_{yield}	Lebar bagian <i>Yield-Link</i> yang direduksi, in. (mm)	Gambar 12.2
c	Tinggi pemotongan pada pusat penampang balok tereduksi, in. (mm)	5.8
d	Tinggi balok, in. (mm)	5.3.1
d_b	Diameter baut sayap kolom, in. (mm)	9.9
d_b	Tinggi balok, in. (mm)	13.6
d_{b-brp}	Diameter baut yang menghubungkan pelat tahan tekuk ke sayap balok, in. (mm)	Gambar 12.3
$d_{b-flange}$	Diameter baut yang menghubungkan sayap <i>Yield-Link</i> dan sayap kolom, in. (mm)	12.9
d_{b-sp}	Diameter baut pelat geser, in. (mm)	12.9
d_{b-stem}	Diameter baut yang menghubungkan batang <i>Yield-Link</i> ke sayap balok, in. (mm)	12.9
$d_{b req'd}$	Diameter baut yang diperlukan, in. (mm)	6.8.1
d_c	Tinggi kolom, in. (mm)	5.4(2)
d_{c1}, d_{c2}	Dimensi kolom pada setiap sisi rangka momen, in. (mm)	11.3(5)
d_e	Jarak tepi baut kolom, in. (mm)	Tabel 9.2
d_{eff}	Tinggi efektif balok, dihitung sebagai jarak titik berat antara kelompok baut dalam konsol tertinggi dan terendah, in. (mm)	9.9
d_{leg}^{CC}	Tinggi efektif rakitan kaki kerah sudut, in. (mm)	10.8
d_{pl}	Tinggi elemen geser vertikal, in. (mm)	Penjelasan 11.7
d_{tb}	Diameter baut tarik yang menyambungkan Sayap T dan sayap kolom, in. (mm)	13.6
d_{tht}	Diameter atau lebar lubang pada Sayap T untuk baut tarik, in. (mm)	13.6
d_{vb}	Diameter baut geser di antara badan Badan T dan sayap balok, in. (mm)	13.6
d_{vht}	Diameter lubang di badan Badan T untuk baut geser, in. (mm)	13.6
e_x	Eksentrisitas las pelat geser, in. (mm)	14.8
f'_c	Kekuatan tekan terspesifikasi beton pengisi, ksi (MPa)	10.8
f_1	Faktor beban ditentukan oleh peraturan bangunan yang berlaku untuk beban hidup tetapi tidak kurang dari 0,5	5.8
g	Jarak horizontal (<i>gage</i>) antara deretan pengencang, in. (mm)	Tabel 6.1
g	Jarak horizontal (<i>gage</i>) antara garis baut, in. (mm)	Tabel 9.1
g_{flange}	Jarak vertikal antara baris baut dalam sambungan sayap <i>Yield-Link</i> ke sayap kolom, in. (mm)	Gambar 12.2
g_{ic}	Jarak antar baut tarik interior pada sayap kolom, in. (mm)	13.6
g_{stem}	Jarak horizontal antara baris baut dalam sambungan batang <i>Yield-Link</i> ke sayap balok, in. (mm)	Gambar 12.2
g_{tb}	Jarak antar baut tarik di Stab T, in. (mm)	13.6
g_{vb}	Jarak antar baut geser di Stab T, in. (mm)	13.6
h	Tinggi pelat geser, in. (mm)	14.8
h_1	Jarak dari sumbu sayap tekan ke baris baut sebelah dalam sisi-tarik pada empat-baut yang diperpanjang dan sambungan momen berpelat-akhir yang diperpanjang dan diperkaku empat-baut, in. (mm)	Tabel 6.2
h_{bb}	Tinggi konsol, in. (mm)	Tabel 9.1
h_{flange}	Tinggi sayap <i>Yield-Link</i> , in. (mm)	Gambar 12.2
h_i	Jarak dari sumbu sayap tekan ke sumbu baris baut tarik ke i , in. (mm)	6.8.1
h_o	Jarak dari sumbu sayap tekan ke baris baut terluar sisi-tarik pada empat-baut yang diperpanjang dan sambungan momen berpelat-akhir yang diperpanjang dan diperkaku empat-baut, in. (mm)	Tabel 6.2
h_p	Tinggi pelat, in. (mm)	8.6(2)

h_{st}	Tinggi pengaku, in. (mm)	6.7.4
k_1	Jarak dari sumbu badan ke dasar penebalan sayap, in. (mm)	3.6
k_c	Jarak dari muka terluar suatu sayap kolom ke dasar penebalan badan (nilai desain) atau las filet, in. (mm)	6.8.2
k_{det}	Nilai terbesar k_1 digunakan dalam produksi, in. (mm)	3.6
l	Jarak overlap konsol, in. (mm)	9.9
l_b	Setengah bentang bersih balok, in. (mm)	14.8
l_p	Lebar pelat geser, in. (mm)	14.4
l_{pl}	Panjang efektif pelat geser horizontal, in. (mm)	Penjelasan 11.7
l_s	Panjang sobekan balok, in. (mm)	14.8
l_w	Panjang las filet tersedia, in. (mm)	9.9
l_w^{CC}	Panjang total las filet tersedia pada rakitan sudut kerah, in. (mm)	10.8
l_w^{CWX}	Panjang total las filet tersedia pada Perpanjangan Badan Kerah, in. (mm)	10.8
n	Jumlah baut	7.6
n_b	Jumlah baut pada sayap tekan	6.8.1
n_{bb}	Jumlah baut balok.	Tabel 9.3
n_{bolt}	Jumlah baut dalam sambungan batang <i>Yield-Link</i> ke sayap balok.	12.9
$n_{bolt-sp}$	Jumlah baut di pelat geser.	12.9
n_{cb}	Jumlah baut kolom	Tabel 9.1
n_{cf}	Jumlah baut kerah setiap sayap kerah	10.8
n_i	Jumlah baut sebelah dalam	6.8.1
n_o	Jumlah baut terluar	6.8.1
n_{rows}	Jumlah baris baut di batang <i>Yield-Link</i>	12.9
n_{tb}	Jumlah baut tarik yang menyambungkan Sayap T ke sayap kolom.	13.6
n_{vb}	Jumlah baut geser yang menyambungkan Badan T ke sayap balok.	13.6
p	Panjang tributari tegak lurus tiap-tiap baut, in. (mm)	9.9
p	Lebar tributari Stab T ke sepasang baut tarik, in./baut (mm/baut)	13.6
p_b	jarak vertikal antara deretan dalam dan bagian luar baut dalam suatu sambungan momen berpelat-akhir yang diperpanjang dan diperkaku delapan-baut, in. (mm)	Tabel 6.1
p_b	<i>Pitch</i> baut kolom, in. (mm)	Tabel 9.2
p_{fi}	Jarak vertikal bagian dalam dari suatu sayap tarik balok ke deretan baut bagian dalam terdekat, in. (mm)	Tabel 6.1
p_{fo}	Jarak vertikal terluar dari suatu sayap tarik balok ke deretan baut terluar terdekat, in. (mm)	Tabel 6.1
p_s	Jarak vertikal pelat penerus ke baris horizontal dari baut tarik, in. (mm)	13.6
p_{si}	Jarak dari muka bagian dalam pelat penerus ke deretan baut bagian dalam terdekat, in. (mm)	6.7.2
p_{so}	Jarak dari muka bagian luar pelat penerus ke deretan baut bagian luar terdekat, in. (mm)	6.7.2
r_h	Radius konsol horizontal, in. (mm)	Tabel 9.2
r_{nt}	Kekuatan tarik nominal sebuah baut tarik, kips/baut (N/baut)	13.6
r_{nv}	Kuat geser nominal sebuah baut geser, kips/baut (N/baut)	13.6
r_t	Gaya tarik yang dibutuhkan per baut dalam sambungan sayap <i>Yield-Link</i> ke sayap kolom, kips/baut (N/baut)	12.9
r_{ut}	Kekuatan tarik baut kerah yang diperlukan, kips (N)	10.8
r_v	Radius pengaku konsol, in. (mm)	Tabel 9.2
s	Jarak dari sumbu baris baut tarik yang paling dalam atau yang paling luar ke tepi suatu pola garis leleh, in. (mm)	Tabel 6.2

SNI 7972:2020

s	Spasi deretan baut dalam suatu sambungan momen pelat sayap yang di baut, in. (mm)	7.6
s	Jarak vertikal yang menentukan potensi pola garis leleh dalam sayap kolom, in. (mm)	13.6
S_b	Jarak dari pusat baris terakhir baut ke ujung sisi balok <i>Yield-Link</i> , in. (mm)	Gambar 12.2
S_c	Jarak dari bagian <i>Yield-Link</i> yang direduksi ke pusat baris pertama baut, in. (mm)	Gambar 12.2
S_{flange}	Jarak antar baut pada sambungan sayap <i>Yield-Link</i> ke sayap kolom, in. (mm)	Gambar 12.2
S_{stem}	Jarak antar baris baut pada sambungan batang <i>Yield-Link</i> ke sayap balok, in. (mm)	Gambar 12.2
S_{vb}	Jarak antar baut geser pada Stab T, in. (mm)	13.6
S_{vert}	Jarak vertikal dari pusat baut atas (atau bawah) pelat geser ke pusat baut pada pelat geser, in. (mm)	12.9
S_{bolts}	Jarak dari pusat sendi plastis ke titik berat baut kerah, in. (mm)	10.8
S_f	Jarak dari pusat sendi plastis ke muka kolom, in. (mm)	10.8
S_h	Jarak dari pusat sendi plastis ke pusat kolom, in. (mm)	10.8
t_{bf}	Tebal sayap balok, in. (mm)	5.8
t_{bw}	Tebal badan balok, in. (mm)	6.8.1
t_{col}	Tebal dinding PSR atau kolom boks tersusun, in. (mm)	10.8
t_{collar}	Jarak dari muka kolom ke muka bagian luar kerah, in. (mm).	10.8
t_{cp}	Tebal pelat penerus, in. (mm)	13.6
t_{cp}	Tebal pelat penutup, in. (mm)	Penjelasan 11.7
t_{cw}	Tebal badan kolom, in. (mm)	6.8.2
t_f^{CC}	Ukuran las filet yang diperlukan untuk menghubungkan rakitan sudut kerah ke kolom, in. (mm)	10.8
t_f^{CWX}	Ukuran las filet yang diperlukan untuk menghubungkan setiap sisi badan balok ke Perpanjangan Badan Kerah, in. (mm)	10.8
t_{fb}	Tebal sayap balok, in. (mm)	13.6
t_{fc}	Tebal sayap kolom, in. (mm)	13.6
t_{flange}	Tebal sayap <i>Yield-Link</i> , in. (mm)	Gambar 12.2
t_{ft}	Tebal sayap Stab T, in. (mm)	13.6
$t_{ft,crit}$	Tebal sayap Stab T yang diperlukan untuk mengeliminasi terjadinya aksi ungit, in. (mm)	13.6
t_{leg}^{CC}	Tebal efektif rakitan kaki sudut kerah, in. (mm)	10.8
t_p	Tebal pelat, in. (mm)	Tabel 6.1
t_p	Tebal pelat geser minimum yang dibutuhkan, in. (mm)	14.8
t_s	Tebal pengaku, in. (mm)	6.8.1
t_{st}	Tebal badan Stab T, in. (mm)	13.6
$t_{st,eff}$	Tebal efektif batang Stab T yang digunakan untuk perhitungan aksi ungit (lihat Gambar 13.6 dan Persamaan 13.6-51), in. (mm)	13.6
t_{stem}	Tebal batang <i>Yield-Link</i> , in. (mm)	Gambar 12.2
w	Ukuran minimum las filet, in. (mm)	Tabel 9.2
w	Beban gravitas balok merata, kips setiap linier ft (N setiap linier mm) .	Penjelasan 5.8
w_u	Beban terdistribusi pada balok, kips/ft (N/mm), menggunakan kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$	10.8

x	Jarak dari lokasi sendi plastis ke titik berat elemen sambungan, in. (mm)	11.7
$\Delta_{0.04}$	Deformasi aksial <i>Yield-Link</i> pada 0.04 rad rotasi sambungan.	12.9
$\Delta_{0.07}$	Deformasi aksial <i>Yield-Link</i> pada 0.07 rad rotasi sambungan.	12.9
Δ_{slip}	Deformasi terekspektasi terjadi pada awal slip, 0.0076 in. (0.19 mm) .	13.6
Δ_y	Deformasi aksial <i>Yield-Link</i> saat leleh terekspektasi.	12.9
θ_y	Rotasi sambungan <i>Yield-Link</i> saat leleh terekspektasi.	12.9
α	Faktor penyesuaian untuk memprediksi beban slip terekspektasi terjadi dari sambungan.	13.6
β_a	Faktor penyesuaian untuk memperhitungkan deformasi geser di Sayap T di luar baut tarik.	13.6
β_b	Faktor penyesuaian untuk memperhitungkan deformasi geser di Sayap T antar baut tarik.	13.6
δ	Faktor untuk memperhitungkan area bersih sayap Stab T.	13.6
ϕ_d	Faktor ketahanan untuk keadaan batas daktail	2.4.1
ϕ_n	Faktor ketahanan untuk keadaan batas nondaktail	2.4.1

Daftar istilah

Standar ini menggunakan istilah-istilah berikut sebagai tambahan dari istilah yang ditentukan dalam Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2020 - ANSI / AISC 360-16) dan Ketentuan Seismik untuk Struktur Baja Bangunan Gedung (SNI 7860:2020 - ANSI / AISC 341-16).

Air carbon arc cutting / Pemotongan dengan busur karbon udara. Proses pemotongan baja dengan menggunakan panas dari busur listrik yang diterapkan secara bersamaan dengan semburan udara.

Backing / Pendukung. Sepotong logam atau material lain, yang ditempatkan pada akar las untuk memfasilitasi penempatan lintasan akar.

Backgouge. Proses melepaskan dengan menggerinda atau memotong dengan menggunakan busur karbon udara dari seluruh atau sebagian lintasan akar dari suatu las gruv penetrasi joint komplet, dari sisi belakang sebuah sambungan pada suatu akar semula ditempatkan.

Cascaded weld ends / Akhiran las bertingkat. Metode penghentian suatu las dengan lapisan las berikutnya dihentikan pendek setelah lapisan sebelumnya, menghasilkan efek bertingkat.

Concrete structural slab / Slab struktural beton. Pelat beton bertulang atau beton dengan dek baja dengan tebal total 3 in. (75 mm) atau lebih, dengan kekuatan tekan beton lebih dari 2.000 psi (14 MPa).

Full-length beam erection method / Metode perakitan balok panjang penuh. Metode perakitan rangka baja *SidePlate* yang menggunakan rakitan balok panjang penuh yang terdiri dari balok dengan pelat penutup yang dipasang di pabrik (jika diperlukan) dan elemen geser vertikal (kecuali untuk balok PSR) yang dilas filet di dekat ujung balok. Di lapangan, balok panjang penuh diangkat di antara pelat samping yang telah dipasang sebelumnya dan disambungkan ke pelat dengan las filet.

Horizontal shear plate (HSP) / Pelat geser horizontal (PGH). Pelat yang mentransfer sebagian momen pada pelat samping ke badan kolom WF dalam sambungan momen *SidePlate*.

Link-beam erection method / Metode perakitan balok perangkai. Metode pemasangan rangka baja *SidePlate* yang memanfaatkan rakitan pohon kolom dengan balok *stub* yang dipasang di pabrik, yang kemudian dihubungkan di lapangan ke balok perangkai menggunakan las gruv penetrasi joint komplet.

Nonfusible backing / Pendukung yang tidak melebur. Material pendukung yang tidak akan melebur dengan logam dasar selama proses pengelasan.

Plastic hinge location / Lokasi sendi plastis. Lokasi pada suatu rakitan balok kolom tempat disipasi energi inelastik diasumsikan terjadi melalui pengembangan regangan lentur

SNI 7972:2020

plastis.

Probable maximum moment at the plastic hinge / Momen maksimum yang mungkin terjadi pada sendi plastis. Momen terekspektasi timbul pada lokasi sendi plastis di sepanjang sebuah komponen struktur, dengan mempertimbangkan nilai (rata-rata) kemungkinan kekuatan material untuk baja dispesifikasi dan efek dari pengerasan regangan.

Reinforcing fillet / Las filet penguat. Las filet yang diterapkan pada suatu sambungan T yang dilas gruv untuk memperoleh suatu kontur untuk mengurangi konsentrasi tegangan yang berkaitan dengan geometri sambungan.

Root / Akar. Bagian dari las multi-lintasan yang diendapkan pada lintasan pertama pengelasan.

Thermal cutting / Pemotongan termal. Kelompok proses pemotongan yang memisahkan logam dengan pelelehan terlokalisasi, pembakaran atau penguapan bahan.

Vertical shear elements (VSE) / Elemen geser vertikal (EGV). Elemen struktural yang mentransfer geser dari badan balok WF ke tepi luar pelat samping dalam sambungan momen *SidePlate*.

Weld tab / Tab las. Potongan logam yang ditempelkan pada ujung suatu sambungan las untuk memfasilitasi pengawalan dan pengakhiran lintasan las di luar sambungan struktural.

Sambungan terpraktualifikasi untuk rangka momen khusus dan menengah baja pada aplikasi seismic

1 Umum

1.1 Ruang Lingkup

Standar ini menetapkan desain, pendetailan, fabrikasi dan kriteria kualitas untuk sambungan terpraktualifikasi menurut AISC *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings* (SNI 7860:2020 *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, selanjutnya disebut sebagai SNI *Ketentuan Seismik*) digunakan pada Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMT). Sambungan yang ada dalam Standar ini terpraktualifikasi memenuhi persyaratan SNI *Spesifikasi for Structural Steel Buildings* (selanjutnya disebut sebagai SNI *Spesifikasi*) hanya bila dirancang dan dilaksanakan menurut persyaratan Standar ini. Standar ini tidak menghalangi penggunaan tipe sambungan yang ada disini diluar keterbatasan yang dinyatakan, atau penggunaan tipe sambungan lain, bila ada cukup bukti kualifikasi yang memenuhi AISC *Seismic Provision* dan diajukan kepada pihak yang berwenang.

1.2 Acuan Normatif

Standar berikut merupakan bagian dari Standar ini bila diacu dan dapat diberlakukan:

American Institute of Steel Construction (AISC)

ANSI/AISC 341-16 *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings* (SNI 7860:20XX *Ketentuan Seismik untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, selanjutnya disebut sebagai SNI *Ketentuan Seismik*)

ANSI/AISC 360-16 *Specification for Structural Steel Buildings* (SNI 1729:20XX *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, selanjutnya disebut sebagai SNI *Spesifikasi*)

AISC *Steel Construction Manual*, 14th Ed.

American Society of Mechanical Engineers (ASME)

ASME B46.1-09 *Surface Texture, Surface Roughness, Waviness, and Lay*

American Society for Nondestructive Testing (ASNT)

ASNT-TC-1a-2011 *Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing*

ASTM International (ASTM)

A36/A36M-14 *Standard Specification for Carbon Structural Steel*

A354-11 *Standard Specification for Quenched and Tempered Alloy Steel Bolts, Studs, and Other Externally Threaded Fasteners*

A370-15 *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*

A488/A488M-16 *Standard Practice for Steel Castings, Welding, Qualifications of Procedures and Personnel*

A490-14a *Standard Specification for Heat-Treated Steel Structural Bolts, Alloy Steel, Heat Treated, 150 ksi Minimum Tensile Strength*

SNI 7972:2020

A572/A572M-15 *Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel*

A574-13 *Standard Specification for Alloy Steel Socket Head Cap Screws*

A609/A609M-12 *Standard Practice for Castings, Carbon, Low-Alloy, and Martensitic Stainless Steel, Ultrasonic Examination Thereof*

A668/A668M-15 *Standard Specification for Steel Forgings, Carbon and Alloy, for General Industrial Use*

A781/A781M-14b *Standard Specification for Castings, Steel and Alloy, Common Requirements, for General Industrial Use*

A788/A788M-15 *Standard Specification for Steel Forgings, General Requirements*

A802/A802M-95(2015) *Standard Practice for Steel Castings, Surface Acceptance Standards, Visual Examination*

A903/A903M-99(2012)e1 *Standard Specification for Steel Castings, Surface Acceptance Standards, Magnetic Particle and Liquid Penetrant Inspection*

A913/A913M-15 *Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Steel Shapes of Structural Quality, Produced by Quenching and Self-Tempering Process (QST)*

A958/A958M-15 *Standard Specification for Steel Castings, Carbon and Alloy, with Tensile Requirements, Chemical Requirements Similar to Standard Wrought Grades*

A992/A992M-11(2015) *Standard Specification for Structural Steel Shapes*

B19-15 *Standard Specification for Cartridge Brass Sheet, Strip, Plate, Bar, and Disks*

B36/B36M-13 *Standard Specification for Brass Plate, Sheet, Strip, And Rolled Bar*

E186-15 *Standard Reference Radiographs for Heavy Walled (2 to 4 1/2 in. (50.8 to 114 mm)) Steel Castings*

E446-15 *Standard Reference Radiographs for Steel Castings Up to 2 in. (50.8 mm) in Thickness*

E709-15 *Standard Guide for Magnetic Particle Examination*

F1852-14 *Standard Specification for "Twist Off" Type Tension Control Structural Bolt/Nut/Washer Assemblies, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength*

F3125/F3125M-15a *Specification for High Strength Structural Bolts, Steel and Alloy Steel, Heat Treated, 120 ksi (830 MPa) and 150 ksi (1040 MPa) Minimum Tensile Strength, Inch and Metric Dimensions*

American Welding Society (AWS)

AWS C4.1:2010 *Criteria for Describing Oxygen-Cut Surfaces*

AWS D1.1/D1.1M-2015 *Structural Welding Code—Steel*

AWS D1.8/D1.8M-2016 *Structural Welding Code—Seismic Supplement*

Manufacturers Standardization Society (MSS)

MSS SP-55-2011 *Quality Standard for Steel Castings for Valves, Flanges and Fittings and Other Piping Components — Visual Method for Evaluation of Surface Irregularities*

Research Council on Structural Connections (RCSC)

Specification for Structural Joints using High-Strength Bolts, 2014 (selanjutnya disebut sebagai RCSC Specification)

1.3 Umum

Semua desain, material dan pengerjaan harus sesuai dengan persyaratan SNI *Ketentuan Seismik* dan Standar ini. Sambungan yang ada dalam Standar ini harus dirancang menurut ketentuan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBT). Sambungan yang dirancang menurut Standar ini boleh digunakan pada struktur yang dirancang menurut ketentuan DFBT atau Desain Kekuatan Izin (DKI) dari SNI *Ketentuan Seismik*.

2 Persyaratan Desain

2.1 Tipe Sambungan Rangka Momen Khusus dan Menengah

Tipe sambungan yang tertera dalam Tabel 2.1 sudah terpraktualifikasi untuk digunakan dalam penyambungan balok ke sayap kolom pada Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMT) di dalam batas yang disyaratkan dalam Standar ini.

TABEL 2.1 Sambungan Momen Terpraktualifikasi		
Tipe Sambungan	Bab	Sistem
Penampang Balok Tereduksi (PBR)	5	RMK,RMT
Pelat Ujung Diperpanjang Berbaut dan Tanpa Pengaku (PUDBTP)	6	RMK,RMT
Pelat Ujung Diperpanjang Berbaut Dengan Pengaku (PUBDP)	6	RMK,RMT
Pelat Sayap Berbaut (PSB)	7	RMK,RMT
Sayap Dilas Tanpa Penguat Badan Dilas (SLTKBL)	8	RMK,RMT
Braket Kaiser Berbaut (BKB)	9	RMK,RMT
Sambungan momen <i>ConXtech ConXL</i>	10	RMK,RMT
Sambungan momen <i>SidePlate</i>	11	RMK,RMT
Sambungan momen <i>Simpson Strong-Tie Strong Frame</i>	12	RMK,RMT
Sambungan momen T Ganda	13	RMK,RMT

2.2 Kekakuan Sambungan

Semua sambungan yang terkandung dalam Standar ini harus diperhitungkan tertahan penuh (Tipe TP) untuk tujuan analisis seismik.

Pengecualian: Untuk sambungan *Simpson Strong-Tie Strong Frame*, sambungan yang tertahan sebagian (Tipe PR), analisis seismik harus mencakup karakteristik gaya-perpindahan dari koneksi spesifik sesuai Pasal 12.9.

2.3 Komponen Struktur

Sambungan yang ada dalam Standar ini adalah sambungan terpraktualifikasi memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik* bila digunakan untuk menghubungkan komponen-komponen struktur yang memenuhi pembatasan Pasal 2.3.1, 2.3.2 atau 2.3.3, yang sesuai.

2.3.1 Komponen Struktur WF Gilas

Komponen struktur WF gilas harus sesuai dengan pembatasan profil penampang melintang yang berlaku untuk sambungan spesifik dalam Standar ini.

2.3.2 Komponen Struktur Tersusun

SNI 7972:2020

Komponen struktur tersusun yang memiliki penampang melintang simetris ganda, penampang melintang bentuk-I harus memenuhi persyaratan berikut:

- (1) Sayap dan badan harus memiliki lebar, tinggi penampang dan tebal mirip dengan profil penampang WF gelas memenuhi batasan profil untuk penampang WF berlaku untuk sambungan spesifik dalam Standar ini, dan
- (2) Badan harus secara menerus disambungkan ke sayap memenuhi persyaratan Pasal 2.3.2a atau 2.3.2b, yang sesuai.

2.3.2.a Balok Tersusun

Badan dan sayap-sayap harus disambungkan menggunakan las gruv penetrasi joint komplet - PJK (*complete-joint-penetration - CJP*) dengan sepasang las-las filet *perkuatan* dalam zona yang membentang dari ujung balok ke suatu jarak tidak kurang dari satu tinggi penampang balok di luar *lokasi sendi plastis*, S_h , kecuali secara khusus diatur dalam Standar ini. Ukuran minimum las filet ini harus terkecil dari 5/16 in. (8 mm) dan tebal badan balok.

Pengecualian: Ketentuan ini tidak berlaku bila masing-masing sambungan prakualifikasi mensyaratkan persyaratan lain.

2.3.2.b Kolom Tersusun

Kolom tersusun harus memenuhi ketentuan subpasal (1) sampai (4), yang sesuai. Kolom tersusun harus memenuhi persyaratan *SNI Spesifikasi* kecuali dimodifikasi dalam Pasal ini. Penyaluran semua gaya internal dan tegangan-tegangan antara elemen-elemen kolom tersusun harus melalui las-las.

(1) Kolom Berbentuk I

Elemen kolom berbentuk-I tersusun harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik*.

Di dalam suatu zona yang diperluas dari 12 in. (300 mm) di atas sayap balok paling atas pada 12 in. (300 mm) di bawah sayap balok paling bawah, kecuali secara khusus diatur dalam Standar ini, badan dan sayap kolom harus disambungkan menggunakan las PJK dengan sepasang las filet perkuatan. Ukuran minimum las filet harus terkecil dari 5/16 in. (8 mm) dan tebal badan kolom.

Pengecualian: Untuk sambungan momen pada *SidePlate*, setiap sayap kolom dapat disambungkan pada badan kolom menggunakan sepasang las filet menerus. Kekuatan yang diperlukan dari las filet, ϕR_n , harus sama dengan geser yang terjadi pada sambungan sayap ke badan kolom dengan gaya geser pada kolom adalah terkecil dari

- a. Kekuatan geser nominal dari penampang kolom sesuai dengan Persamaan *SNI Spesifikasi* G2-1.
- b. Geser maksimum yang dapat terjadi pada kolom ketika sendi-sendi plastis terbentuk pada balok-balok yang terhubung.

(2) Kolom Boks WF

Profil WF dari kolom boks WF harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik*.

Rasio lebar-terhadap-tebal pelat, b/t , yang digunakan sebagai sayap tidak boleh melebihi $0,6\sqrt{E/F_y}$, dengan b harus diambil tidak kurang dari jarak bersih di antara pelat.

Rasio lebar-terhadap-tebal pelat, h/t_w , yang hanya digunakan sebagai badan harus memenuhi persyaratan *SNI Ketentuan Seismik*.

Di dalam suatu zona yang diperluas dari 12 in. (300 mm) di atas sayap balok paling atas ke 12 in. (300 mm) di bawah sayap balok paling bawah, sayap dan pelat-pelat dari kolom Boks WF harus dihubungkan dengan las-las gruv PJK. Di luar zona ini, elemen-elemen pelat harus secara menerus disambungkan dengan las-las filet atau tumpul.

(3) Kolom Boks Tersusun

Rasio lebar-terhadap-tebal, b/t , dari pelat-pelat yang digunakan sebagai sayap tidak boleh melebihi, $0,6\sqrt{E/F_y}$, dengan b harus diambil tidak kurang dari jarak bersih antara pelat-pelat badan.

Rasio lebar-terhadap-tebal, h/t_w , dari pelat-pelat yang hanya digunakan sebagai badan harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.

Di dalam suatu zona yang diperluas dari 12 in. (300 mm) di atas sayap balok paling atas ke 12 in. (300 mm) di bawah sayap balok paling bawah, sayap dan pelat-pelat badan dari kolom boks harus dihubungkan dengan las-las gruv PJK. Di luar zona ini, badan kolom boks dan pelat-pelat sayap harus secara menerus disambungkan dengan las-las filet atau tumpul.

Pengecualian: Untuk sambungan momen ConXL, las gruv penetrasi joint parsial - PJP (*partial-joint-penetration - PJP*) yang sesuai dengan persyaratan pada Pasal 10.3.2 harus diizinkan dalam zona yang membentang dari 12 in. (300 mm) di atas sayap balok atas ke 12 in. (300 mm) di bawah sayap balok bawah.

(4) Kolom Profil Silang (*King-Cross*)

Elemen-elemen kolom profil silang, baik difabrikasi dari bentuk-bentuk gilasan maupun tersusun dari pelat-pelat, harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.

Dalam suatu zona yang diperpanjang dari 12 in. (300 mm) di atas sayap balok paling atas ke 12 in. (300 mm) di bawah sayap balok paling bawah, badan penampang profil-T harus dilas ke badan penampang profil-I menerus dengan las-las gruv PJK dengan sepasang las-las filet perkuatan. Ukuran minimum las filet harus terkecil dari 5/16 in. (8 mm) atau tebal badan kolom. Pelat-pelat penerus harus memenuhi persyaratan untuk kolom-kolom sayap-lebar.

Pengecualian: Untuk sambungan momen pada *SidePlate*, badan pada profil-T dapat dilas ke badan pada profil-I menerus dengan sepasang sambungan las filet. Kekuatan yang diperlukan dari las filet, ϕR_n , harus sama dengan geser yang terjadi pada sambungan badan kolom ke profil T dengan gaya geser pada kolom adalah terkecil dari

- c. Kekuatan geser dari penampang kolom psesuai dengan Persamaan SNI *Spesifikasi G2-1*.
- d. Geser maksimum yang dapat terjadi pada kolom ketika sendi-sendi plastis terbentuk pada balok-balok yang terhubung.

2.3.3 Profil Struktural Berongga - PSR (*Hollow Structural Sections - HSS*)

Rasio lebar terhadap tebal, h/t_w , dari komponen PSR harus sesuai dengan persyaratan SNI *Ketentuan Seismik* dan harus sesuai batasan profil penampang-silang tambahan yang berlaku untuk sambungan individu yang disyaratkan dalam pasal terkait.

Catatan Pengguna: Sambungan ConXL dan *SidePlate* saja yang diperbolehkan menggunakan PSR.

2.4 Parameter Desain Sambungan

2.4.1 Faktor Ketahanan

Bila kekuatan tersedia dihitung menurut *SNI Spesifikasi*, faktor ketahanan yang disyaratkan di dalamnya harus diterapkan. Apabila kekuatan tersedia dihitung menurut Standar ini, faktor ketahanan ϕ_d dan ϕ_n harus digunakan seperti disyaratkan dalam pasal yang berlaku dari Standar ini. Nilai ϕ_d dan ϕ_n harus diambil sebagai berikut:

- (a) Untuk keadaan batas daktail

$$\phi_d = 1,00$$

- (b) Untuk keadaan batas nondaktail:

$$\phi_n = 0,90$$

2.4.2 Lokasi Sendi Plastis

Jarak sendi plastis dari muka kolom, S_h , harus diambil menurut persyaratan untuk sambungan individual seperti disyaratkan di sini.

2.4.3 Momen Maksimum yang mungkin terjadi pada Sendi Plastis

Momen maksimum yang mungkin terjadi pada sendi plastis harus:

$$M_{pr} = C_{pr} R_y F_y Z_e \quad (2.4-1)$$

dengan

- R_y = rasio tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum terspesifikasi F_y seperti disyaratkan dalam *SNI Ketentuan Seismik*.
 Z_e = modulus penampang plastis efektif dari penampang (atau sambungan) pada lokasi sendi plastis, in.³ (mm³)
 C_{pr} = faktor untuk memperkirakan kekuatan puncak sambungan, termasuk pengerasan regangan, pengekangan lokal, penguatan/penulangan tambahan, dan kondisi-kondisi sambungan lainnya. Kecuali selain itu secara khusus dinyatakan dalam standar ini, nilai C_{pr} harus:

$$C_{pr} = \frac{F_y + F_u}{2F_y} \leq 1,2 \quad (2.4-2)$$

dengan

- F_y = tegangan leleh minimum terspesifikasi dari pelelehan elemen, ksi (MPa)
 F_u = kekuatan tarik minimum terspesifikasi dari pelelehan elemen, ksi (MPa)

2.4.4 Pelat Penerus

Pelat penerus sayap balok harus disediakan menurut *SNI Ketentuan Seismik*.

Pengecualian:

1. Untuk sambungan pelat-ujung berbaut, pelat penerus harus disediakan menurut Pasal 6.5.
2. Untuk sambungan konsol berbaut *Kaiser*, ketentuan Bab 9 harus diterapkan.

Bila pelat penerus disyaratkan oleh Bab 9, tebal dan pendetailan harus memenuhi SNI *Ketentuan Seismik*.

3. Untuk sambungan *SidePlate*, pelat penerus pada sayap balok tidak diperlukan. Pelat geser horisontal seperti yang didefinisikan pada Bab 11 dapat disyaratkan.
4. Untuk sambungan Frame Simpson Strong-Tie Strong Frame, pelat penerus harus sesuai dengan Pasal 12.9.

2.5 Zona Panel

Zona panel harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.

Pengecualian: Untuk sambungan momen *SidePlate*, kontribusi pelat samping terhadap keseluruhan kekuatan zona panel harus dipertimbangkan sebagaimana diuraikan dalam Pasal 11.4.2.

2.6 Zona Terlindung

Zona terlindung harus seperti yang didefinisikan bagi setiap sambungan terpraktualifikasi. Kecuali secara khusus dinyatakan dalam Standar ini, zona terlindung balok harus didefinisikan sebagai daerah dari muka sayap kolom ke setengah tinggi balok di luar sendi plastis. Zona terlindung harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*, kecuali seperti ditunjukkan dalam Standar ini. Lubang-lubang baut dalam badan balok, bila didetail menurut ketentuan sambungan individual dari Standar ini, harus diizinkan.

3 Persyaratan Pengelasan

3.1 Metal Pengisi

Metal pengisi harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.

3.2 Prosedur Pengelasan

Prosedur pengelasan harus mengikuti SNI *Ketentuan Seismik*.

3.3 Pendukung (*Backing*) pada Joint Balok ke kolom dan Pelat Penerus ke Kolom

3.3.1 Pendukung Baja pada Pelat Penerus

Backing baja yang digunakan pada pengelasan pelat penerus ke kolom, tidak perlu dilepas. Pada sayap kolom, *backing* baja yang tidak dilepas harus ditempelkan ke sayap kolom dengan menggunakan las filet menerus berukuran 5/16 in. (8 mm) pada tepi di bawah las grav PJK.

Bila *backing* dilepas, lintasan *root* harus di-*backgouge* sampai mengenai metal las dan dilas kembali dengan suatu las filet penguat. Las filet penguat tersebut harus menerus dengan ukuran minimum 5/16 in. (8 mm).

3.3.2 *Backing* Baja pada Sayap Bawah Balok

Bila *backing* baja digunakan dengan las grav PJK antara sayap bawah balok dan kolom, *backing* harus dilepas.

SNI 7972:2020

Setelah pelepasan *backing* baja, lintasan *root* harus di-*backgouge* sampai mengenai metal las dan dilas kembali dengan suatu las filet penguat. Ukuran kaki las filet penguat pada sisi sayap kolom harus minimum 5/16 in. (8 mm), dan kaki las filet penguat pada sisi sayap balok, harus sedemikian rupa sehingga ujung runcing dari las filet tersebut berada di logam dasar sayap balok.

Pengecualian: Jika logam dasar dan *root* las diratakan halus setelah pelepasan *backing*, las filet penguat pada sisi sayap balok tidak perlu diteruskan sampai ke logam dasar.

3.3.3 *Backing* Baja pada Sayap Atas Balok

Bila *backing* baja digunakan dengan las gruv PJK antara sayap atas balok dan kolom, dan *backing* baja tidak dilepas, *backing* baja harus ditempelkan ke kolom dengan suatu las filet menerus berukuran 5/16 in. (8 mm) pada tepi di bawah las gruv PJK.

3.3.4 Las yang dilarang pada *Backing* Baja

Backing pada joint sayap balok ke sayap kolom tidak boleh dilas ke sisi bawah dari sayap balok, demikian juga las titik tidak diizinkan pada lokasi ini. Jika las filet atau las titik terlanjur dilakukan antara *backing* dan sayap balok, maka harus diperbaiki sebagai berikut:

- (1) Las harus dihilangkan sehingga las filet atau las titik tidak lagi menghubungkan *backing* ke sayap balok.
- (2) Permukaan sayap balok harus diratakan kembali tanpa cacat.
- (3) *Gouge* atau takik harus diperbaiki. Las perbaikan harus dilakukan dengan elektrode E7018 SMAW atau metal pengisi lainnya yang memenuhi persyaratan Pasal 3.1 untuk las kritis perlu. Spesifikasi prosedur pengelasan khusus (SPP) diperlukan untuk perbaikan ini. Setelah pengelasan, las perbaikan harus diratakan halus.

3.3.5 *Backing* yang tidak dapat menyatu pada Joint Sayap Balok ke kolom

Bila *backing yang tidak dapat menyatu* digunakan pada las gruv PJK antara sayap balok dan kolom, *backing* harus dilepas dan *root* di-*backgouge* sampai ke metal las dan dilas kembali dengan las filet penguat. Ukuran kaki las filet penguat pada sisi sayap kolom harus minimum 5/16 in. (8 mm), dan kaki las filet penguat pada sisi sayap balok, harus sedemikian rupa sehingga ujung runcing dari las filet tersebut berada di logam dasar sayap balok.

Pengecualian: Jika logam dasar dan *root* las diratakan halus setelah pelepasan *backing*, las filet penguat pada sisi sayap balok tidak perlu diteruskan sampai ke logam dasar.

3.4 Detail dan Pengerjaan Las Tab

Bila digunakan, las *tab* harus dihilangkan sampai dengan 1/8 in. (3 mm) dari permukaan logam dasar dan ujung pengakhiran las, kecuali pada pelat penerus dengan penghilangan sampai dengan 1/4 in. (6 mm) dari tepi pelat diizinkan. Penghilangan harus dengan *air carbon arc cutting* (CAC-A), penggerindaan, *chipping* atau *pemotongan termal*. Proses harus diawasi untuk menghindari *gouging* yang salah. Tepi-tepi dengan las *tab* dihilangkan harus memiliki kekasaran permukaan jadi 500 μ -in. (13 mikron) atau lebih baik. Kontur akhir las harus memiliki transisi yang mulus sampai ke permukaan yang bersebelahan, bebas takik, *gouge* dan sudut tajam. Cacat las yang lebih besar dari tinggi 1/16 in. (2 mm) harus dikorek dan diperbaiki dengan pengelasan mengikuti SPP yang berlaku. Cacat las lainnya harus dihilangkan dengan penggerindaan, dengan kemiringan tidak lebih besar dari 1:5.

3.5 Las Titik

Pada zona terlindung, las titik yang menempelkan *backing* dan las *tab* harus diletakan di tempat yang menyatu dengan las akhir.

3.6 Pelat Penerus

Sepanjang badan, potongan sudut harus didetail sehingga potongan tersebut melebihi jarak sedikitnya $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm) dari dimensi k_{det} dalam tabel untuk profil gilas. Sepanjang sayap, pelat harus dipotong untuk menghindari terganggunya radius sudut profil gilas dan harus didetail sedemikian sehingga potongan tidak melebihi jarak $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) melebihi dimensi k_1 . Potongan harus didetail untuk memfasilitasi penghentian las yang baik untuk las sayap dan las badan. Bila digunakan potongan sudut berbentuk lengkung, maka harus memiliki radius minimum $\frac{1}{2}$ in. (13 mm).

Pada ujung las yang berdekatan dengan pertemuan badan/sayap kolom, las *tab* untuk pelat penerus tidak boleh digunakan, kecuali bila diizinkan oleh penanggung jawab perencana. Kecuali ditetapkan untuk dihilangkan oleh penanggung jawab perencana, las *tab* tidak boleh dihilangkan bila digunakan pada lokasi ini.

Bila las pelat penerus dibuat tanpa las *tab* dekat radius sudut kolom, lapisan las harus diizinkan bertransisi dengan sudut 0° sampai 45° diukur dari bidang vertikal. Panjang efektif las harus ditetapkan sebagai bagian dari las yang memiliki ukuran penuh. Pengujian nondestruktif (PND) tidak diperlukan pada bagian yang meruncing atau bagian transisi las yang tidak memiliki ukuran penuh.

3.7 Pengendalian Mutu dan Penjaminan Mutu

Pengendalian mutu dan penjaminan mutu harus menurut SNI *Ketentuan Seismik*.

4 Persyaratan Pembautan

4.1 Rakitan Pengencang

Baut harus baut kekuatan-tinggi berpratarik yang memenuhi mutu ASTM F3125, A325/A325M, A490/A490M, F1852 atau F2280, kecuali pengencang lainnya diizinkan oleh suatu sambungan khusus.

4.2 Persyaratan Pemasangan

Persyaratan pemasangan harus menurut SNI *Ketentuan Seismik* dan RCSC *Specification*, kecuali dinyatakan lain secara khusus dalam Standar ini.

4.3 Pengendalian Mutu dan Penjaminan Mutu

Pengendalian mutu dan penjaminan mutu harus menurut SNI *Ketentuan Seismik*.

5 Sambungan Momen Penampang Balok Tereduksi (PBR)

5.1 Umum

SNI 7972:2020

Dalam suatu sambungan momen Penampang Balok Tereduksi (PBR) (Gambar 5.1), bagian dari sayap balok secara selektif dipangkas di daerah dekat sambungan balok ke kolom. Pelehan dan pembentukan sendi dimaksudkan terjadi terutama di penampang balok tereduksi.

5.2 Sistem

Sambungan PBR adalah sambungan terprakualifikasi untuk penggunaan dalam sistem Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMT) dalam batas-batas ketentuan ini.

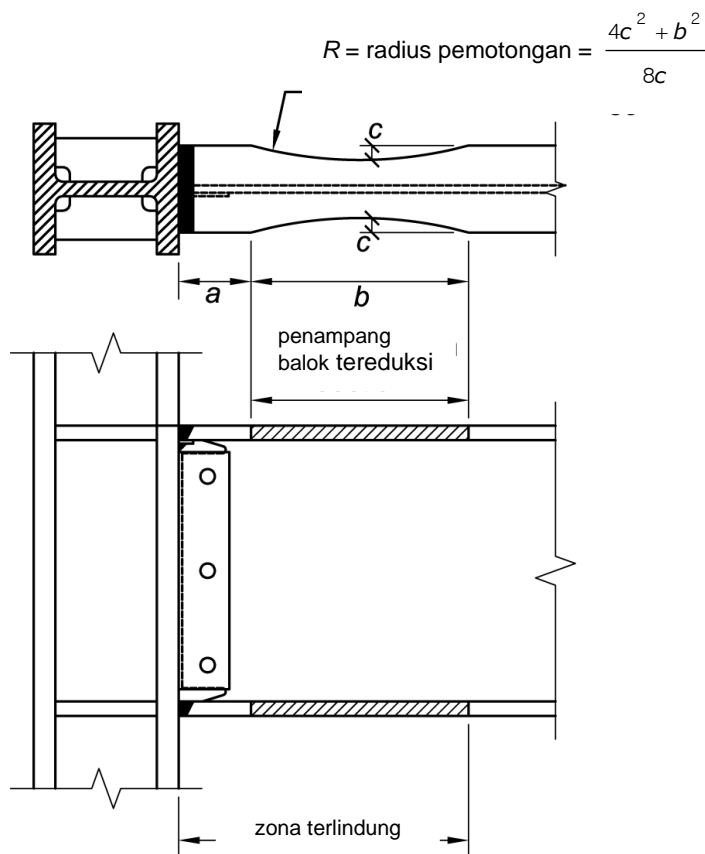
5.3 Batas Prakualifikasi

5.3.1 Pembatasan Balok

Balok harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Balok harus berupa profil WF gilas atau komponen struktur profil I tersusun yang memenuhi persyaratan Pasal 2.3.
- (2) Tinggi penampang balok harus dibatasi hingga maksimum W36 (W920) untuk profil gilas. Tinggi penampang profil tersusun tidak boleh melebihi tinggi penampang yang diizinkan untuk profil WF gilas.
- (3) Berat balok harus dibatasi hingga maksimum 302 lb/ft (447 kg/m).
- (4) Tebal sayap balok harus dibatasi hingga maksimum 1¼ in. (44 mm).
- (5) Rasio bentang bersih-terhadap-tinggi penampang balok harus dibatasi sebagai berikut:
 - (a) Untuk sistem RMK, 7 atau lebih besar.
 - (b) Untuk sistem RMT, 5 atau lebih besar.
- (6) Rasio lebar terhadap tebal untuk sayap dan badan balok harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.

Dalam menentukan rasio lebar ke tebal sayap, nilai b_f tidak boleh diambil kurang dari lebar sayap pada ujung dari dua pertiga tengah dari penampang tereduksi yang ada dengan beban gravitasi tidak menggeser lokasi sendi plastis secara signifikan dari jarak pusat penampang balok tereduksi.



Gambar 5.1. Sambungan penampang balok tereduksi

- (7) Pembreisan lateral balok harus disediakan memenuhi persyaratan dalam SNI *Ketentuan Seismik*. Pembreisan lateral tambahan harus disediakan di dekat penampang tereduksi memenuhi persyaratan dalam SNI *Ketentuan Seismik* untuk pembreisan lateral yang disediakan dekat dengan sendi plastis.

Bila pembreisan lateral tambahan disediakan, pengikatannya ke balok harus ditempatkan tidak lebih besar dari $d/2$ ujung penampang balok tereduksi terjauh dari muka kolom, dengan d adalah tinggi penampang balok. Pengikatan pembreisan lateral pada balok tidak boleh berada di daerah antara muka kolom dan akhir dari penampang tereduksi yang terjauh dari muka kolom.

Pengecualian: Untuk kedua sistem, dengan balok memikul *pelat beton struktural* yang disambung antara zona terlindung dengan konektor geser yang dilas berjarak maksimum 12 in. (300 mm) pusat ke pusat, pembreisan sayap atas dan bawah tambahan pada penampang tereduksi tidak diperlukan.

- (8) Zona terlindung harus terdiri dari bagian balok antara muka kolom dan ujung penampang balok tereduksi yang terjauh dari muka kolom.

5.3.2 Pembatasan Kolom

Kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Kolom harus berupa profil gilas atau penampang tersusun yang diizinkan dalam Pasal 2.3.
- (2) Balok harus tersambung ke sayap kolom.

SNI 7972:2020

- (3) Tinggi penampang profil gilas kolom harus dibatasi sampai maksimum W36 (W920). Tinggi penampang profil kolom WF tersusun tidak boleh melebihi persyaratan untuk profil gilas. Kolom profil silang tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang melebihi tinggi penampang yang diizinkan untuk profil gilas. Kolom-boks tersusun tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang yang melebihi 24 in. (610 mm). Kolom Boks WF tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang yang melebihi 24 in. (610 mm) jika berpartisipasi dalam rangka momen ortogonal.
- (4) Tidak ada batasan terhadap berat per satuan panjang kolom.
- (5) Tidak ada persyaratan tambahan untuk tebal sayap.
- (6) Rasio lebar terhadap tebal untuk sayap dan badan kolom harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.
- (7) Pembreisan lateral kolom harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.

5.4 Pembatasan Hubungan Kolom Balok

Sambungan balok ke kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Zona panel harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.
- (2) Rasio momen kolom balok harus dibatasi sebagai berikut:
 - (a) Untuk sistem RMK, rasio momen kolom-balok harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*. Nilai $\sum M_{pb}^*$ harus diambil sama dengan $\sum (M_{pr} + M_{uv})$, dengan M_{pr} dihitung menurut Persamaan 5.8-5, dan M_{uv} adalah momen tambahan akibat amplifikasi geser dari pusat penampang balok tereduksi pada sumbu kolom. M_{uv} dapat dihitung sebagai $V_{RBS}(a + b/2 + d_c/2)$, dengan V_{RBS} adalah geser pada pusat penampang balok tereduksi yang dihitung pada Langkah 4 Pasal 5.8, a dan b adalah dimensi yang diperlihatkan dalam Gambar 5.1, and d_c adalah tinggi penampang kolom.
 - (b) Untuk sistem RMT, rasio momen kolom balok harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.

5.5 Pembatasan Las Sayap Balok ke Sayap Kolom

Sambungan sayap balok ke sayap kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Sayap balok harus disambungkan ke sayap kolom dengan menggunakan las grav PJK. Las sayap balok harus memenuhi persyaratan las kritis perlu dalam SNI *Ketentuan Seismik*.
- (2) Geometri lubang akses las harus memenuhi persyaratan SNI *Spesifikasi*.

5.6 Pembatasan Sambungan Badan Balok ke Sayap Kolom

Sambungan badan balok ke sayap kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Kekuatan geser perlu sambungan badan balok harus ditentukan menurut Persamaan 5.8-9.

- (2) Detail sambungan badan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:
- (a) Untuk sistem RMK, badan balok harus disambungkan ke sayap kolom menggunakan las gruv PJK di antara lubang akses las. Sambungan geser pelat tunggal harus di antara lubang akses las seperti diperlihatkan dalam Gambar 5.1. Sambungan geser pelat tunggal diizinkan untuk digunakan sebagai *backing* untuk las gruv PJK. Tebal pelat harus paling sedikit 3/8 in. (10 mm). Las *tab* (*weld tabs*) tidak diperlukan pada ujung-ujung las gruv PJK pada badan balok. Lubang baut pada badan balok untuk keperluan perakitan diizinkan.
 - (b) Untuk sistem RMT, badan balok harus disambungkan ke sayap kolom seperti yang disyaratkan untuk sistem RMK.

Pengecualian: Untuk RMT, diizinkan untuk menyambungkan badan balok ke sayap kolom dengan menggunakan sambungan geser pelat tunggal yang dibaut. Sambungan geser pelat tunggal yang dibaut harus dirancang sebagai sambungan kritis selip, dengan ketahanan slip desain per baut yang ditentukan menurut *SNI Spesifikasi*. Untuk pembebanan seismik, kekuatan tumpuan nominal pada lubang baut tidak boleh diambil lebih besar dari nilai yang diberikan oleh Persamaan J3-6a *SNI Spesifikasi*. Kekuatan geser desain sambungan geser pelat tunggal harus ditentukan berdasarkan pada pelelehan geser penampang bruto dan pada keruntuhan geser penampang neto. Pelat harus dilas ke sayap kolom dengan las gruv PJK, atau dengan las filet pada kedua sisi pelat. Ukuran minimum las filet pada setiap sisi pelat harus 75% dari tebal pelat. Lubang-lubang standar harus disediakan pada badan balok dan pada pelat, kecuali pada lubang-lubang dislot-pendek (dengan slot paralel terhadap sayap-sayap balok) dapat digunakan di badan balok atau di dalam pelat, tetapi tidak pada keduanya. Baut-baut diizinkan dipratarik sebelum atau setelah pengelasan.

5.7 Fabrikasi Pemotongan Sayap

Penampang balok tereduksi harus dibuat menggunakan *pemotongan termal* untuk menghasilkan lengkungan yang mulus. Kekasaran permukaan maksimum dari permukaan yang dipotong secara termal harus 500 μ -in. (13 mikron) menurut ANSI B46.1, yang diukur menggunakan AWS C4.1 Sampel 4 atau suatu komparator visual serupa. Semua transisi antara penampang balok tereduksi dan sayap balok yang tidak dimodifikasi harus dibundarkan dalam arah panjang sayap untuk memperkecil efek takik akibat transisi yang mendadak. Sudut-sudut antara permukaan penampang tereduksi dan bagian atas dan bagian bawah sayap harus diratakan agar tidak tajam, tetapi *chamfer* atau radius minimum tidak disyaratkan.

Toleransi pemotongan termal harus positif atau negatif 1/4 in. (6 mm) dari garis pemotongan teoretikal. Lebar sayap efektif balok pada setiap penampang harus memiliki toleransi plus atau minus 3/8 in. (10 mm).

Gouge dan takik yang terjadi dalam pemotongan secara termal permukaan PBR dapat diperbaiki dengan penggerindaan jika tidak lebih dalam dari 1/4 in. (6 mm). Area *gouge* atau takikan harus diratakan dengan penggerindaan sehingga terbentuk transisi yang mulus, dan panjang total area untuk transisi harus tidak kurang dari lima kali tinggi dari *gouge* pada setiap sisi *gouge*. Jika terjadi takik yang tajam, area tersebut harus diperiksa dengan pengujian partikel magnetik (MT) sesudah penggerindaan untuk memastikan bahwa keseluruhan tinggi takik telah dihilangkan. Penggerindaan yang menambah tinggi pemotongan PBR lebih dari 1/4 in. (6 mm) melebihi tinggi pemotongan yang disyaratkan tidak diizinkan.

SNI 7972:2020

Gouge dan takik yang melebihi tinggi 1/4 in. (6 mm), tetapi tidak melebihi tinggi 1/2 in. (13 mm), dan ketika takik dan *gouge* ini diperbaiki dengan penggerindaan akan menambah tinggi efektif pemotongan PBR melebihi toleransi, dapat diperbaiki dengan pengelasan. Takik atau *gouge* harus dihilangkan dan diratakan agar menghasilkan suatu radius *root* yang mulus tidak kurang dari 1/4 in. (6 mm) untuk persiapan pengelasan. Area perbaikan harus dipanaskan dulu sampai temperatur minimum 150 °F (66 °C) atau nilai yang disyaratkan dalam AWS D1.1/D1.1M, pilih yang terbesar, diukur pada lokasi perbaikan las.

Takik dan *gouge* yang melebihi tinggi 1/2 in. (13 mm) hanya boleh diperbaiki dengan suatu metode yang disetujui oleh penanggung jawab perencanaan.

5.8 Prosedur Desain

Langkah 1. Pilih nilai-nilai coba untuk penampang balok, penampang kolom dan dimensi PBR *a*, *b* dan *c* (Gambar 5.1) mengikuti batas-batas:

$$0,5 b_{bf} \leq a \leq 0,75 b_{bf} \tag{5.8-1}$$

$$0,65 d \leq b \leq 0,85 d \tag{5.8-2}$$

$$0,1 b_{bf} \leq c \leq 0,25 b_{bf} \tag{5.8-3}$$

dengan

- b_{bf}* = lebar sayap balok, in. (mm)
- a* = jarak horizontal dari muka sayap kolom ke awal pemotongan PBR, in. (mm)
- b* = panjang pemotongan PBR, in. (mm)
- c* = tinggi pemotongan pada pusat penampang balok tereduksi, in. (mm)
- d* = tinggi penampang balok, in. (mm)

Pastikan bahwa balok dan kolom memenuhi semua kombinasi beban yang disyaratkan oleh peraturan bangunan yang berlaku, termasuk penampang balok tereduksi, dan bahwa simpangan tingkat desain untuk rangka memenuhi batas-batas yang berlaku yang disyaratkan oleh peraturan bangunan yang berlaku. Perhitungan simpangan elastis harus memperhitungkan efek penampang balok tereduksi. Sebagai pengganti dari perhitungan yang lebih detail, simpangan elastis efektif boleh dihitung dengan mengalikan simpangan elastis berdasarkan penampang balok bruto dengan 1,1 untuk reduksi sayap sampai dengan 50% dari lebar sayap balok. Interpolasi linier boleh digunakan untuk nilai reduksi yang lebih kecil dari reduksi lebar balok.

Langkah 2. Hitung modulus penampang plastis pada pusat penampang balok tereduksi:

$$Z_{PBR} = Z_x - 2ct_{bf} (d - t_{bf}) \tag{5.8-4}$$

dengan

- Z_{PBR}* = modulus penampang plastis pada pusat penampang balok tereduksi, in.³(mm³)
- Z_x* = modulus penampang plastis terhadap sumbu-x, untuk penampang balok penuh, in.³(mm³)
- t_{bf}* = tebal sayap balok, in. (mm)

Langkah 3. Hitung momen maksimum yang mungkin terjadi, *M_{pr}*, pada pusat penampang balok tereduksi:

$$M_{pr} = C_{pr} R_y F_y Z_{PBR} \tag{5.8-5}$$

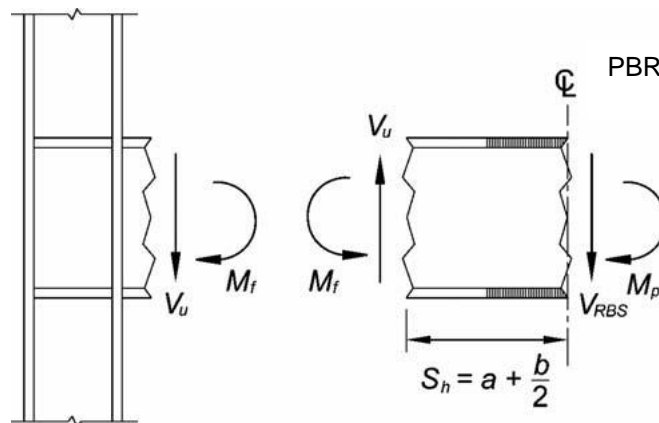
Langkah 4. Hitung gaya geser pada pusat penampang balok tereduksi di setiap ujung balok.

Gaya geser pada pusat penampang balok tereduksi harus ditentukan dari diagram *free body* dari bagian balok antara pusat penampang balok tereduksi. Penghitungan ini harus mengasumsikan momen pada pusat setiap penampang balok tereduksi adalah M_{pr} dan harus termasuk beban gravitasi yang bekerja pada balok berdasarkan kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$, dengan f_1 adalah faktor beban ditentukan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku untuk beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5.

Catatan Pengguna: Kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ memenuhi ASCE/SEI 7-16. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 bila konfigurasi atap adalah sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

Langkah 5. Hitung momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom.

Momen pada muka kolom harus dihitung dari suatu diagram *free-body* dari segmen balok antara pusat penampang balok tereduksi dan muka kolom, seperti diilustrasikan dalam Gambar 5.2.



Gambar 5.2. Diagram *free-body* antara pusat PBR dan muka kolom.

Berdasarkan diagram *free-body* ini, momen pada muka kolom dihitung sebagai berikut:

$$M_f = M_{pr} + V_{PBR} S_h \quad (5.8-6)$$

dengan

M_f = momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom, kip-in. (N-mm)

S_h = jarak dari muka kolom ke sendi plastis, in. (mm)

= $a + b/2$, in. (mm)

V_{PBR} = terbesar dari dua nilai gaya geser pada pusat penampang balok tereduksi pada setiap ujung balok, kips (N)

Langkah 6. Hitung M_{pe} , momen plastis balok berdasarkan tegangan leleh terekspektasi:

$$M_{pe} = R_y F_y Z_x \quad (5.8-7)$$

Langkah 7. Periksa kekuatan lentur balok pada muka kolom:

$$M_f \leq \phi_d M_{pe} \quad (5.8-8)$$

Jika Persamaan 5.8-8 tidak terpenuhi, ubah nilai-nilai c , a dan b , atau ubah ukuran penampang, dan ulangi Langkah 2 sampai dengan 7.

Langkah 8. Tentukan kekuatan geser yang disyaratkan, V_u , dari balok dan sambungan badan balok ke kolom dari:

$$V_u = \frac{2 M_{pr}}{L_h} + V_{gravitasi} \quad (5.8-9)$$

dengan

- V_u = kekuatan geser perlu dari balok dan sambungan badan balok ke kolom, kips (N)
- L_h = jarak antara lokasi sendi plastis, in. (mm)
- $V_{gravitasi}$ = gaya geser balok yang dihasilkan dari $1,2D + f_1L + 0,2S$ (dengan f_1 adalah faktor beban ditentukan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku untuk beban-beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5), kips (N)

Periksa kekuatan geser desain dari balok menurut Bab G SNI Spesifikasi.

Catatan Pengguna: Kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ memenuhi ASCE/SEI 7-16. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 bila konfigurasi atap adalah sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

Langkah 9. Desain sambungan badan balok ke kolom menurut Pasal 5.6.

Langkah 10. Periksa persyaratan pelat penerus menurut Bab 2.

Langkah 11. Periksa pembatasan hubungan kolom-balok menurut Pasal 5.4.

6 Sambungan Momen Pelat Ujung Berbaut Diperpanjang Tanpa dan Dengan Pengaku

6.1 Umum

Sambungan pelat-ujung berbaut dilakukan dengan pengelasan balok ke pelat-ujung dan pembautan pelat-ujung ke sayap kolom. Tiga konfigurasi pelat-ujung yang diperlihatkan dalam Gambar 6.1 tercakup dalam bab ini dan terpraktualifikasi menurut SNI *Ketentuan Seismik* di dalam pembatasan Standar ini.

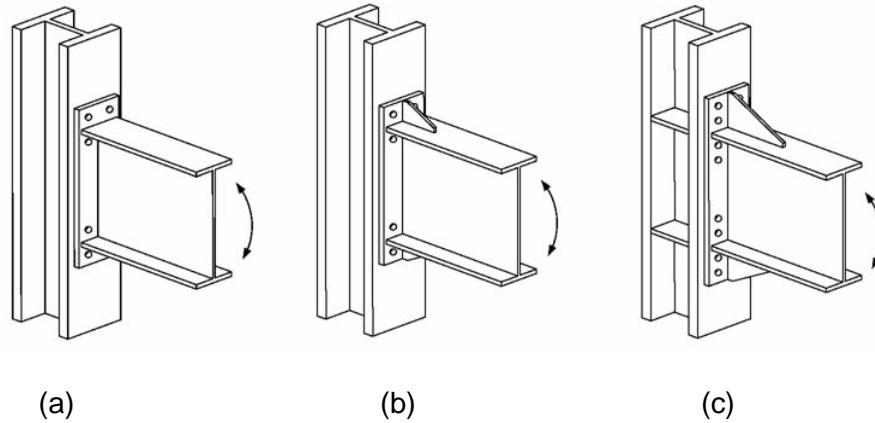
Perilaku tipe sambungan ini dapat ditentukan oleh beberapa keadaan batas yang berbeda termasuk pelelehan lentur penampang balok, pelelehan lentur pelat-ujung, pelelehan zona panel kolom, keruntuhan tarik baut pelat-ujung, keruntuhan geser baut pelat-ujung, atau keruntuhan berbagai joint yang dilas. Kriteria desain menetapkan kekuatan yang cukup dalam elemen-elemen sambungan untuk memastikan bahwa deformasi inelastis sambungan dicapai dengan pelelehan balok.

6.2 Sistem

Sambungan momen pelat-ujung yang diperpanjang terpraktualifikasi untuk digunakan dalam sistem Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMT).

Pengecualian: Sambungan momen pelat-ujung yang diperpanjang dalam sistem RMK dengan *pelat beton struktural* yang hanya terpraktualifikasi jika:

- (1) Sebagai tambahan dari pembatasan Pasal 6.3, tinggi penampang nominal balok tidak kurang dari 24 in. (600 mm);



Gambar 6.1. Konfigurasi pelat-ujung diperpanjang:
(a) empat-baut tanpa pengaku, 4E;
(b) empat-baut dengan pengaku, 4ES; (c) delapan-baut dengan pengaku, 8ES.

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}	¾ (19)	3/8 (10)	¾ (19)	3/8 (10)	1 (25)	9/16 (14)
b_{bf}	9 ¼ (235)	6 (152)	9 (229)	6 (152)	12 ¼ (311)	7 ½ (190)
d	55 (1 400)	13 ¾ (349)	24 (610)	13 ¾ (349)	36 (914)	18 (457)
t_p	2 ¼ (57)	½ (13)	1 ½ (38)	½ (13)	2 ½ (64)	¾ (19)
b_p	10 ¾ (273)	7 (178)	10 ¾ (273)	7 (178)	15 (381)	19 (229)
g	6 (152)	4 (102)	6 (152)	3 ¼ (83)	6 (152)	5 (127)
p_{fi}, p_{fo}	4 ½ (114)	1 ½ (38)	5 ½ (140)	1 ¾ (44)	2 (51)	1 5/8 (41)
p_b	-	-	-	-	3 ¾ (95)	3 ½ (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_b = jarak vertikal antara baris baut sebelah dalam dan sebelah luar dalam sambungan 8ES, in. (mm)
 p_{fi} = jarak vertikal dari bagian dalam dari suatu sayap tarik balok ke baris baut bagian dalam terdekat, in. (mm)
 p_{fo} = 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)

- (2) Tidak ada konektor geser dalam 1,5 kali tinggi penampang balok dari muka sayap kolom yang disambung; dan
- (3) Pelat beton struktural diletakkan paling sedikit 1 in. (25 mm) dari kedua sisi dari kedua sayap kolom. Diizinkan untuk menempatkan material kompresibel di celah antara sayap kolom dan pelat beton struktural.

6.3 Batas Prakuifikasi

Tabel 6.1 adalah ringkasan dari rentang parameter-parameter yang telah diuji dengan hasil memuaskan. Semua elemen sambungan harus dalam rentang-rentang yang ditunjukkan.

6.3.1 Pembatasan Balok

Balok harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Balok harus komponen struktur WF gilas atau profil-I tersusun memenuhi persyaratan Pasal 2.3. Pada ujung-ujung tersambung-momen dari profil-profil tersusun dilas, dalam paling sedikit tinggi penampang balok atau 3 kali lebar sayap, pilih yang terkecil, badan balok dan sayap harus disambungkan menggunakan suatu las grav PJK atau sepasang las filet yang masing-masing memiliki ukuran 75 % dari tebal badan balok tetapi tidak kurang dari 1/4 in. (6 mm). Untuk selebihnya, ukuran las tidak boleh kurang dari yang disyaratkan untuk menyempurnakan penyaluran geser dari badan ke sayap.
- (2) Tinggi penampang balok, d , dibatasi sampai nilai-nilai yang diperlihatkan dalam Tabel 6.1.
- (3) Tidak ada pembatasan terhadap berat per satuan panjang balok.
- (4) Tebal sayap balok dibatasi sampai nilai-nilai yang diperlihatkan dalam Tabel 6.1.

- (5) Rasio bentang bersih-terhadap-tinggi penampang balok harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:
 - (a) Untuk sistem RMK, 7 atau lebih besar.
 - (b) Untuk sistem RMT, 5 atau lebih besar.
- (6) Rasio lebar-terhadap-tebal untuk sayap dan badan balok harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.
- (7) Pembreisan lateral balok harus disediakan menurut SNI *Ketentuan Seismik*.
- (8) Zona terlindung harus ditentukan sebagai berikut:
 - (a) Untuk sambungan pelat-ujung yang diperpanjang tanpa pengaku: bagian balok antara muka kolom dan suatu jarak sama dengan tinggi penampang balok atau 3 kali lebar sayap balok dari muka kolom, pilih yang terkecil.
 - (b) Untuk sambungan pelat-ujung yang diperpanjang dengan pengaku: bagian balok antara muka kolom dan suatu jarak sama dengan lokasi ujung pengaku ditambah setengah tinggi penampang balok atau 3 kali lebar sayap balok, pilih yang terkecil.

6.3.2 Pembatasan Kolom

Kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Kolom harus salah satu dari bentuk profil gilas atau susun yang diizinkan pada Pasal 2.3.
- (2) Pelat-ujung harus disambungkan ke sayap kolom.
- (3) Tinggi penampang kolom profil gilas harus dibatasi sampai maksimum W36 (W920). Tinggi penampang kolom WF tersusun tidak boleh melebihi yang untuk profil gilas. Kolom profil silang tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang lebih besar dari tinggi penampang yang diizinkan untuk profil gilas.
- (4) Tidak ada pembatasan dari berat per satuan panjang kolom.
- (5) Tidak ada persyaratan tambahan untuk tebal sayap.
- (6) Rasio lebar-terhadap-tebal untuk sayap dan badan kolom harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.
- (7) Pembreisan lateral kolom harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.

6.4 Pembatasan Hubungan Kolom Balok

Sambungan balok ke kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Zona panel harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.
- (2) Rasio momen kolom-balok harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.

6.5 Pelat Penerus

Pelat penerus harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

SNI 7972:2020

- (1) Kebutuhan akan pelat penerus ditentukan menurut Pasal 6.8.
- (2) Bila ada, pelat penerus harus memenuhi persyaratan Pasal 6.8.
- (3) Pelat penerus harus tersambung ke kolom dengan las menurut SNI *Ketentuan Seismik*.

Pengecualian: Pelat penerus kurang dari atau sama dengan 3/8 in. (10 mm) harus diizinkan dilas ke sayap kolom menggunakan las filet dua sisi. Kekuatan perlu las filet tidak boleh kurang dari $F_y A_c$, dengan A_c didefinisikan sebagai luas kontak antara pelat penerus dan sayap kolom tempat sayap balok tersambung dan F_y didefinisikan sebagai tegangan leleh minimum terspesifikasi dari pelat penerus.

6.6 Baut

Baut harus memenuhi persyaratan Bab 4.

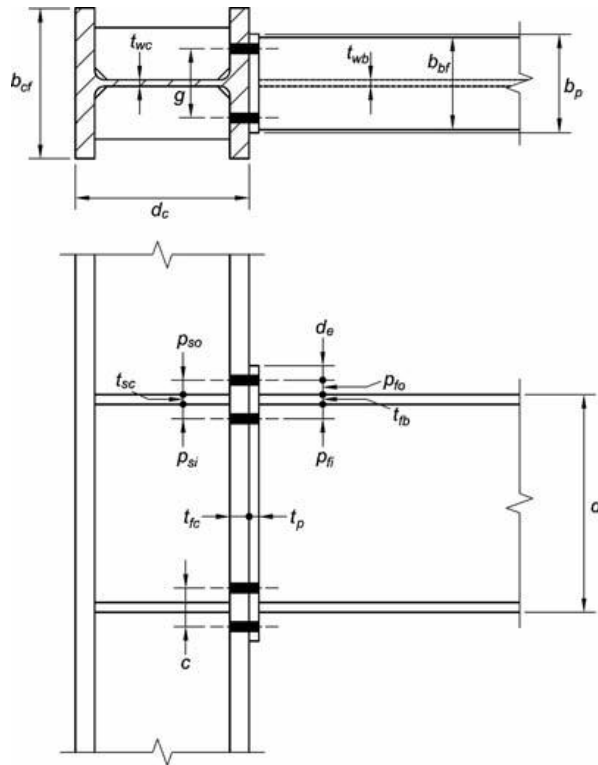
6.7 Pendetailan Sambungan

6.7.1 Gage

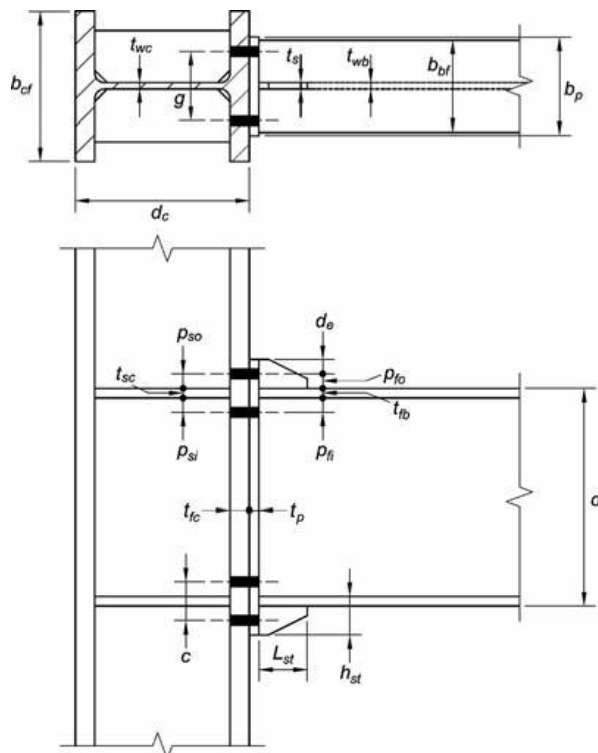
Gage, g , adalah seperti didefinisikan dalam Gambar 6.2 sampai 6.4. Dimensi *gage* maksimum dibatasi oleh lebar sayap balok yang disambung.

6.7.2 *Pitch* Dan Spasi Baris

Jarak *pitch* minimum sama dengan diameter baut ditambah 1/2 in. (13 mm) untuk baut sampai dengan diameter 1 in. (25 mm), dan diameter baut ditambah 3/4 in. (19 mm) untuk baut diameter lebih besar. Jarak *pitch*, p_{fi} and p_{fo} , adalah jarak dari muka sayap balok ke sumbu baris baut terdekat, seperti diperlihatkan dalam Gambar 6.2 sampai Gambar 6.4. Jarak *pitch*, p_{si} and p_{so} , adalah jarak dari muka pelat penerus ke sumbu baris baut terdekat, seperti diperlihatkan dalam Gambar 6.2 sampai Gambar 6.4.



Gambar 6.2. Geometri pelat ujung yang diperpanjang tanpa pengaku dengan empat baut (4E).



Gambar 6.3. Geometri pelat ujung yang diperpanjang yang diperkaku dengan empat baut (4ES).

SNI 7972:2020

Spasi, p_b , adalah jarak antara deretan dalam dan terluar baut pada suatu sambungan momen pelat-ujung 8ES dan diperlihatkan dalam Gambar 6.4. Spasi deretan baut harus paling sedikit 2 2/3 kali diameter baut.

Catatan Pengguna: Suatu jarak 3 kali diameter baut adalah yang lebih disukai. Jarak harus cukup memberi jarak untuk setiap las dalam daerah tersebut.

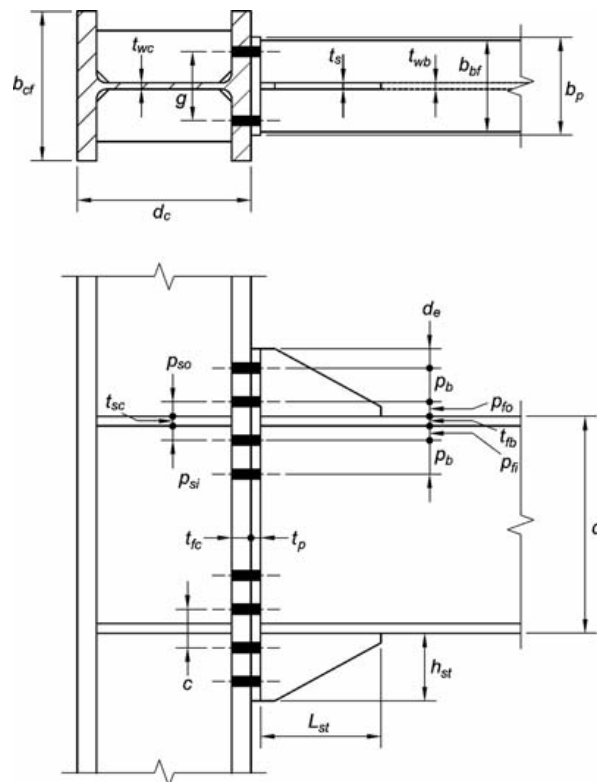
6.7.3 Lebar Pelat Ujung

Lebar pelat ujung harus lebih besar dari atau sama dengan lebar sayap balok yang disambung. Lebar pelat ujung efektif tidak boleh diambil lebih besar dari sayap balok yang disambung ditambah 1 in. (25 mm).

6.7.4 Pengaku Pelat Ujung

Dua sambungan pelat ujung yang diperpanjang yang diperkaku, Gambar 6.1(b) dan (c), mensyaratkan pengaku dilas antara sayap balok yang disambung dan pelat ujung. Panjang pengaku minimum harus:

$$L_{st} = \frac{h_{st}}{\tan 30^\circ} \tag{6.9-1}$$



Gambar 6.4. Geometri pelat ujung yang diperpanjang yang diperkaku dengan delapan-baut (8ES).

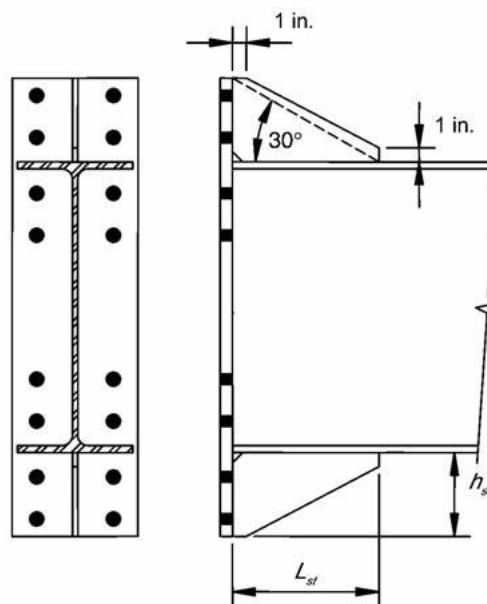
dengan h_{st} adalah tinggi pengaku, sama dengan tinggi pelat ujung dari muka terluar sayap kolom ke pelat ujung seperti diperlihatkan dalam Gambar 6.5.

Pelat pengaku harus dihentikan pada sayap balok dan pada ujung dari pelat ujung dengan panjang penghentian sekitar 1 in. (25 mm). Pengaku harus dipotong di sudut di tempat pengaku bertemu dengan sayap balok dan pelat-ujung untuk memberi ruang antara pengaku dan las sayap balok.

Bila balok dan pengaku-pengaku pelat ujung memiliki kekuatan material yang sama, tebal pengaku harus lebih besar dari atau sama dengan tebal badan balok. Jika balok dan pengaku pelat-ujung memiliki perbedaan kekuatan material, tebal pengaku tidak boleh kecil dari rasio tegangan leleh material pelat balok-terhadap-pengaku dikalikan tebal badan balok.

6.7.5 Ganjal Menjari

Penggunaan ganjal menjari (diilustrasikan dalam Gambar 6.6) pada bagian paling atas dan/atau bagian paling bawah sambungan dan pada salah satu atau kedua sisi adalah diizinkan, mengikuti pada pembatasan RCSC *Specification*.



Gambar 6.5. Tata letak dan geometri pengaku pelat-ujung untuk 8ES. Geometri untuk 4ES yang mirip.

6.7.6 Detail Pengelasan

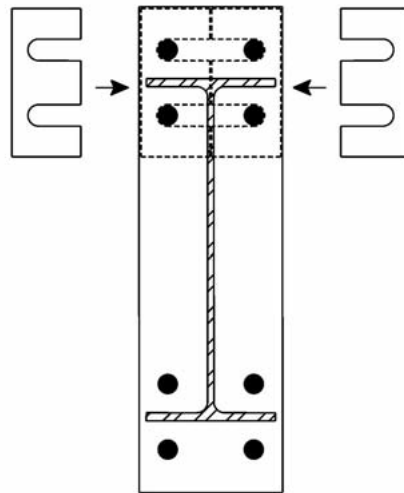
Pengelasan balok ke pelat ujung harus memenuhi pembatasan yang berikut:

- (1) Lubang-lubang akses las tidak boleh digunakan.
- (2) Sayap balok pada joint pelat ujung harus dibuat menggunakan suatu las gruv PJK tanpa *backing*. Las gruv PJK harus dibuat sedemikian sehingga *root* las berada pada sisi sayap badan balok. Muka sayap bagian dalam memiliki las filet 5/16-in. (8-mm). Las-las ini harus kritis diperlukan.
- (3) Hubungan badan balok ke pelat-ujung harus dilakukan menggunakan las filet atau las gruv PJK. Bila digunakan, las filet harus berukuran untuk menyalurkan kekuatan penuh badan balok dalam tarik dari muka sebelah dalam sayap sampai 6 in. (150 mm) melebihi lajur baut terjauh dari sayap balok.

SNI 7972:2020

- (4) *Backgouging* dari *root* tidak diperlukan dalam sayap secara langsung diatas dan dibawah badan balok untuk suatu panjang sama dengan $1,5k_1$. Sebuah las gruv PJP tinggi-penuh harus diizinkan pada lokasi ini.
- (5) Bila digunakan, semua joint pelat ujung ke pengaku harus dibuat menggunakan las gruv PJK.

Pengecualian: Bila pengaku tebal 3/8 in. (10 mm) atau kurang, maka harus diizinkan menggunakan las filet yang menyalurkan kekuatan pengaku.



Gambar 6.6. Penggunaan tipikal dari ganjal menjari.

6.8 Prosedur Desain

Geometri sambungan yang diperlihatkan dalam Gambar 6.2, 6.3 dan 6.4 untuk sambungan 4E, 4ES dan 8ES.

6.8.1 Desain Pelat Ujung dan Baut

Langkah 1. Tentukan ukuran-ukuran komponen struktur yang disambung (balok-balok dan kolom) dan hitung momen pada muka kolom, M_f .

$$M_f = M_{pr} + V_u S_h \tag{6.8-1}$$

dengan

- M_{pr} = momen maksimum yang mungkin terjadi pada sendi plastis, kip- in. (N-mm), diberikan oleh Persamaan 2.4-1
- S_h = jarak dari muka kolom ke sendi plastis, in. (mm)
= terkecil dari $d/2$ atau $3b_{bf}$ untuk suatu sambungan tanpa pengaku (4E)
= $L_{st} + t_p$ untuk suatu sambungan diperkaku (4ES, 8ES)
- V_u = gaya geser pada ujung balok, kips (N)
= $\frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{gravitasi}$ (6.8-2)
- b_{bf} = lebar sayap balok, in. (mm)

d	=	tinggi penampang balok penyambung, in. (mm)
L_h	=	jarak antara lokasi sendi plastis, in. (mm)
L_{st}	=	panjang pengaku pelat-ujung, seperti diperlihatkan dalam Gambar 6.5, in. (mm)
t_p	=	tebal pelat-ujung, in. (mm)
$V_{gravitasi}$	=	gaya geser balok dihasilkan dari $1,2D + f_1L + 0,2S$ (dengan f_1 adalah suatu faktor beban ditentukan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku untuk beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5), kips (N)

Catatan Pengguna : Kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ memenuhi ASCE/SEI 7-16. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 untuk S (salju) ketika konfigurasi atap sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

Langkah 2. Pilih satu dari tiga konfigurasi sambungan pelat ujung dan menetapkan nilai-nilai yang mula-mula untuk geometri sambungan (g , p_{ri} , p_{ro} , p_b , g , h_i , dan seterusnya) dan mutu baut.

Langkah 3. Tentukan diameter baut yang dibutuhkan, $d_{b\ req'd}$, menggunakan satu dari ekspresi yang berikut.

Untuk sambungan empat-baut (4E, 4ES):

$$d_{b\ req'd} = \sqrt{\frac{2M_f}{\pi\phi_n F_{nt}(h_o + h_1)}} \quad (6.8-3)$$

Untuk sambungan delapan-baut (8ES):

$$d_{b\ req'd} = \sqrt{\frac{2M_f}{\pi\phi_n F_{nt}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)}} \quad (6.8-4)$$

dengan

F_{nt}	=	kekuatan tarik nominal baut dari SNI Spesifikasi, ksi (MPa)
h_i	=	jarak dari sumbu sayap tekan balok ke sumbu deretan baut tarik i th.
h_o	=	jarak dari sumbu sayap tekan ke deretan baut terluar sisi-tarik, in. (mm)
ϕ_n	=	0,90

Langkah 4. Pilih sebuah diameter baut coba , d_b , tidak kurang dari yang disyaratkan dalam Pasal 6.8.1 Langkah 3.

Langkah 5. Tentukan tebal pelat-ujung terspesifikasi, $t_{p, req}$

$$t_{p, req} = \sqrt{\frac{1,11M_f}{\phi_d F_{yp} Y_p}} \quad (6.8-5)$$

dengan

F_{yp}	=	tegangan leleh minimum terspesifikasi material pelat-ujung, ksi (MPa)
Y_p	=	parameter mekanisme garis leleh pelat-ujung dari Tabel 6.2, 6.3 atau 6.4, in. (mm)

SNI 7972:2020

$$\phi_d = 1,00$$

Langkah 6. Pilih tebal pelat-ujung, t_p , tidak kurang dari nilai yang disyaratkan.

Langkah 7. Hitung F_{fu} , gaya sayap balok terfaktor.

$$F_{fu} = \frac{M_f}{d - t_{bf}} \quad (6.8-6)$$

dengan

d = tinggi penampang balok, in. (mm)

t_{bf} = tebal sayap balok, in. (mm)

Langkah 8. Periksa pelelehan geser bagian yang diperpanjang dari pelat ujung tanpa pengaku diperpanjang empat baut (4E):

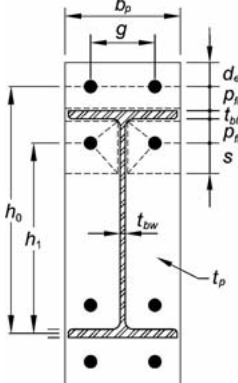
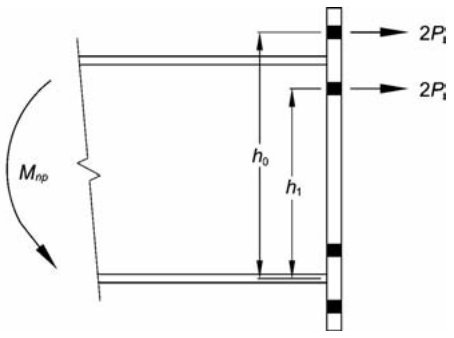
$$F_{fu}/2 \leq \phi_d R_n = \phi_d (0,6) F_{yp} b_p t_p \quad (6.8-7)$$

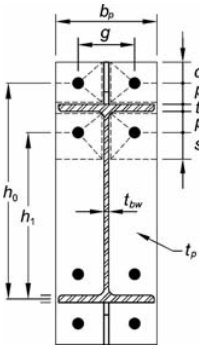
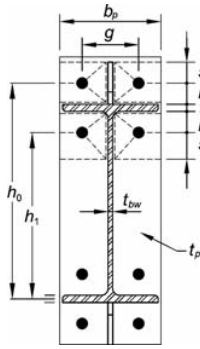
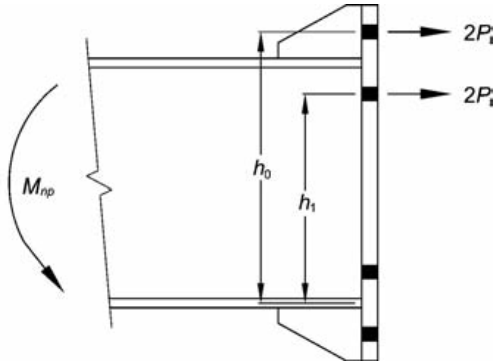
dengan b_p adalah lebar pelat ujung, in. (mm), diambil sebagai tidak lebih besar dari lebar sayap balok ditambah 1 in. (25 mm).

Jika Persamaan 6.10-7 tidak dipenuhi, tambah tebal pelat ujung atau tingkatkan tegangan leleh material pelat ujung.

Langkah 9. Periksa keruntuhan geser bagian pelat ujung yang diperpanjang pada pelat ujung tanpa pengaku yang diperpanjang empat baut (4E):

$$F_{fu}/2 \leq \phi_n R_n = \phi_n (0,6) F_{up} A_n \quad (6.8-8)$$

TABEL 6.2 Ringkasan Parameter Mekanisme Garis Leleh Pelat Ujung Diperpanjang Tanpa pengaku Dengan Empat Baut	
Geometri Pelat-Ujung dan Pola Garis Leleh	Model Gaya Baut
	
Pelat-Ujung	$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{p_{fi}} + \frac{1}{s} \right) + h_0 \left(\frac{1}{p_{fo}} \right) - \frac{1}{2} \right] + \frac{2}{g} [h_1(p_{fi} + s)]$
	$s = \frac{1}{2} \sqrt{b_p g}$ catatan: Jika $p_{fi} > s$, gunakan $p_{fi} = s$

TABEL 6.3 Ringkasan Parameter Mekanisme Garis Leleh Pelat Ujung Diperpanjang Dengan Pengaku Dengan Empat Baut		
Geometri Pelat-Ujung dan Pola Garis Leleh		Model Gaya Baut
Kasus 1 ($d_e \leq s$)	Kasus 2 ($d_e > s$)	
		
Kasus 1 ($d_e \leq s$)	$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{p_{fi}} + \frac{1}{s} \right) + h_0 \left(\frac{1}{p_{fo}} + \frac{1}{2s} \right) \right] + \frac{2}{g} [h_1(p_{fi} + s) + h_0(d_e + p_{fo})]$	
Kasus 2 ($d_e > s$)	$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{p_{fi}} + \frac{1}{s} \right) + h_0 \left(\frac{1}{s} + \frac{1}{p_{fo}} \right) \right] + \frac{2}{g} [h_1(p_{fi} + s) + h_0(s + p_{fo})]$	
$s = \frac{1}{2} \sqrt{b_p g}$ Catatan: Jika $p_{fi} > s$, gunakan $p_{fi} = s$		

TABEL 6.4 Ringkasan Parameter Mekanisme Garis Leleh Pelat Ujung Diperpanjang Dengan Pengaku Dengan Delapan Baut		
Geometri Pelat Ujung dan Pola Garis Leleh		Model Gaya Baut
Kasus 1 ($d_e \leq s$)	Kasus 2 ($d_e > s$)	
Kasus 1 ($d_e \leq s$)	$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{2d_e} \right) + h_2 \left(\frac{1}{p_{fo}} \right) + h_3 \left(\frac{1}{p_{fi}} \right) + h_4 \left(\frac{1}{s} \right) \right]$ $+ \frac{2}{g} \left[h_1 \left(d_e + \frac{3p_b}{4} \right) + h_2 \left(p_{fo} + \frac{p_b}{4} \right) + h_3 \left(p_{fi} + \frac{3p_b}{4} \right) + h_4 \left(s + \frac{p_b}{4} \right) \right] + g$	
Kasus 2 ($d_e > s$)	$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{s} \right) + h_2 \left(\frac{1}{p_{fo}} \right) + h_3 \left(\frac{1}{p_{fi}} \right) + h_4 \left(\frac{1}{s} \right) \right]$ $+ \frac{2}{g} \left[h_1 \left(s + \frac{p_b}{4} \right) + h_2 \left(p_{fo} + \frac{3p_b}{4} \right) + h_3 \left(p_{fi} + \frac{p_b}{4} \right) + h_4 \left(s + \frac{3p_b}{4} \right) \right] + g$	
$s = \frac{1}{2} \sqrt{b_p g}$ Catatan: Jika $p_{fi} > s$, gunakan $p_{fi} = s$		

dengan

- F_{up} = tegangan tarik minimum terspesifikasi dari pelat ujung, ksi (MPa)
- A_n = luas neto pelat ujung
- = $t_p [b_p - 2(d_b + 1/8)]$ bila lubang-lubang standar digunakan, in.²
- = $t_p [b_p - 2(d_b + 3)]$ bila lubang-lubang standar digunakan, mm²
- d_b = diameter baut, in. (mm)

Jika Persamaan 6.10-8 tidak dipenuhi, tambah tebal pelat-ujung atau tingkatkan tegangan leleh material pelat-ujung.

Langkah 10. Jika menggunakan sambungan pelat ujung diperpanjang dengan pengaku empat-baut (4ES) atau sambungan pelat ujung diperpanjang dengan pengaku delapan baut (8ES), pilih tebal pengaku pelat ujung dan desain las pengaku ke sayap balok dan las pengaku ke pelat ujung.

$$t_s \geq t_{bw} \left(\frac{F_{yb}}{F_{ys}} \right) \quad (6.8-9)$$

dengan

- t_{bw} = tebal badan balok, in. (mm)
 t_s = tebal pengaku pelat ujung, in. (mm)
 F_{yb} = tegangan leleh minimum terspesifikasi material balok, ksi (MPa)
 F_{ys} = tegangan leleh minimum terspesifikasi material pengaku, ksi (MPa)

Geometri pengaku harus memenuhi persyaratan Pasal 6.7.4. Sebagai tambahan, untuk mencegah tekuk lokal pelat pengaku, ukuran lebar terhadap-tebal yang berikut harus dipenuhi.

$$\frac{h_{st}}{t_s} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_{ys}}} \quad (6.8-10)$$

dengan

- h_{st} = tinggi pengaku, in. (mm), sama dengan tinggi pelat-ujung dari muka terluar/sayap balok ke ujung dari pelat ujung.

Las pengaku ke sayap balok dan las pengaku ke pelat ujung harus didesain untuk menyalurkan geser pelat pengaku pada sayap balok dan gaya tarik pada pelat ujung. Baik las filet maupun las gruv PJK cocok untuk las dari pelat pengaku ke sayap balok. Las gruv PJK harus digunakan untuk las pengaku ke pelat ujung. Jika pelat ujung tebalnya 3/8 in. (10 mm) atau kurang, las filet sisi ganda diizinkan.

Langkah 11. Kekuatan runtuh geser baut dari sambungan yang disediakan oleh baut-baut pada satu (gaya tekan) sayap; maka

$$V_u \leq \phi_n R_n = \phi_n (n_b) F_{nv} A_b \quad (6.8-11)$$

dengan

- n_b = jumlah baut pada sayap tekan
 = 4 untuk sambungan 4E dan 4ES
 = 8 untuk sambungan 8ES
 A_b = luas bruto baut nominal, in.² (mm²)
 F_{nv} = kekuatan geser baut nominal dari *SNI Spesifikasi*, ksi (MPa)
 V_u = gaya geser pada ujung balok, kips (N), diberikan oleh Persamaan 6.10-2

Langkah 12. Periksa kegagalan tumpu baut/sobek dari pelat ujung dan sayap kolom:

$$V_u \leq \phi_n R_n = \phi_n (n_i) r_{ni} + \phi_n (n_o) r_{no} \quad (6.8-12)$$

dengan

- n_i = jumlah baut dalam
 = 2 untuk sambungan 4E dan 4ES
 = 4 untuk sambungan 8ES
 n_o = jumlah baut terluar
 = 2 untuk sambungan 4E dan 4ES
 = 4 untuk sambungan 8ES

SNI 7972:2020

- r_{ni} = $1,2 L_c t F_u < 2,4 d_b t F_u$ untuk setiap baut dalam
- r_{no} = $1,2 L_c t F_u < 2,4 d_b t F_u$ untuk setiap baut luar
- L_c = jarak bersih, pada arah gaya, antara tepi lubang dan tepi lubang yang berdekatan atau tepi material, in. (mm)
- F_u = kekuatan tarik minimum terspesifikasi dari pelat-ujung atau material sayap kolom, ksi (MPa)
- d_b = diameter baut, in. (mm)
- t = tebal pelat-ujung atau tebal sayap kolom, in. (mm)

Langkah 13. Desain las sayap ke pelat ujung dan las badan ke pelat ujung menggunakan persyaratan Pasal 6.7.6

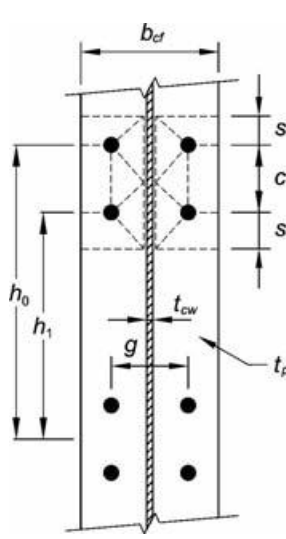
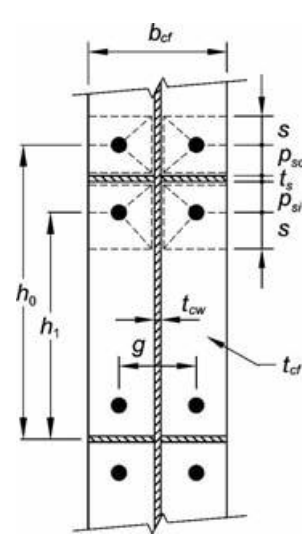
6.8.2 Desain di bagian Kolom

Langkah 1. Periksa sayap kolom untuk pelelehan lentur:

$$t_{cf} \geq \sqrt{\frac{1,11M_f}{\phi_d F_{yc} Y_c}} \tag{6.8-13}$$

dengan

- F_{yc} = tegangan leleh minimum terspesifikasi dari material sayap kolom, ksi (MPa)
- Y_c = parameter mekanisme garis leleh sayap kolom tanpa pengaku dari Tabel 6.5 atau Tabel 6.6, in. (mm)
- t_{cf} = tebal sayap kolom, in. (mm)

TABEL 6.5 Ringkasan Parameter Mekanisme Garis Leleh Sayap Kolom Diperpanjang Dengan Empat Baut	
Geometri Sayap Kolom Tanpa pengaku dan Pola Garis Leleh	Geometri Sayap Kolom Dengan Pengaku dan Pola Garis Leleh
	
Sayap Kolom Tanpa pengaku	$Y_c = \frac{b_{cf}}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{s} \right) + h_0 \left(\frac{1}{s} \right) \right] + \frac{2}{g} \left[h_1 \left(s + \frac{3c}{4} \right) h_0 \left(s + \frac{c}{4} \right) + \frac{c^2}{2} \right] + \frac{g}{2}$ $s = \frac{1}{2} \sqrt{b_{cf} g}$
Sayap Kolom Diperkaku	$Y_c = \frac{b_{cf}}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{s} + \frac{1}{p_{si}} \right) + h_0 \left(\frac{1}{s} + \frac{1}{p_{so}} \right) \right] + \frac{2}{g} [h_1 (s + p_{si}) h_0 (s + p_{so})]$ $s = \frac{1}{2} \sqrt{b_{cf} g} \text{ Catatan: Jika } p_{si} > S, \text{ gunakan } p_{si} = S$

TABEL 6.6 Ringkasan Parameter Mekanisme Garis Leleh Sayap Kolom Yang Diperpanjang Dengan Delapan Baut	
Geometri Sayap Kolom Tanpa pengaku dan Pola Garis Leleh	Geometri Sayap Kolom Dengan Pengaku dan Pola Garis Leleh
Sayap Kolom Tanpa pengaku	$Y_c = \frac{b_{cf}}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{s} \right) + h_4 \left(\frac{1}{s} \right) \right]$ $+ \frac{2}{g} \left[h_1 \left(p_b + \frac{c}{s} + s \right) + h_2 \left(\frac{p_b}{2} + \frac{c}{4} \right) + h_3 \left(\frac{p_b}{2} + \frac{c}{2} \right) + h_4 (s) \right] + \frac{g}{2}$ $s = \frac{1}{2} \sqrt{b_{cf} g}$
Sayap Kolom Diperkaku	$Y_c = \frac{b_{cf}}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{s} \right) + h_2 \left(\frac{1}{p_{so}} \right) + h_3 \left(\frac{1}{p_{si}} \right) + h_4 \left(\frac{1}{s} \right) \right]$ $+ \frac{2}{g} \left[h_1 \left(s + \frac{p_b}{4} \right) + h_2 \left(p_{so} + \frac{3p_b}{4} \right) + h_3 \left(p_{si} + \frac{p_b}{4} \right) + h_4 \left(s + \frac{3p_b}{4} \right) + p_b^2 \right] + g$ $s = \frac{1}{2} \sqrt{b_{cf} g} \quad \text{Catatan: Jika } p_{si} > s, \text{ gunakan } p_{si} = s$

Jika Persamaan 6.10-13 tidak dipenuhi, tambah ukuran kolom atau tambah pelat penerus.

Jika pelat penerus ditambah, periksa Persamaan 6.10-13 menggunakan Y_c untuk sayap kolom diperkaku dari Tabel 6.5 and 6.6.

Langkah 2. Jika pelat penerus disyaratkan untuk pelelehan lentur sayap kolom, tentukan gaya pengaku yang disyaratkan.

Kekuatan desain lentur sayap kolom adalah

$$\phi_d M_{cf} = \phi_d F_{yc} Y_c t_{cf}^2 \quad (6.8-14)$$

dengan Y_c adalah parameter mekanisme garis leleh kolom tanpa pengaku dari Tabel 6.5 atau Tabel 6.6, in. (mm). Karena itu, gaya desain sayap kolom ekivalen adalah

$$\phi_d R_n = \frac{\phi_d M_{cf}}{(d - t_{bf})} \quad (6.8-15)$$

Penggunaan $\phi_d R_n$, gaya yang disyaratkan untuk desain pelat penerus yang ditentukan dalam Pasal 6.8.2 Langkah 6.

Langkah 3. Periksa kekuatan pelelehan badan kolom lokal dari badan kolom tanpa pengaku pada sayap balok.

Persyaratan kekuatan:

$$F_{tu} \leq \phi_d R_n \quad (6.8-16)$$

$$R_n = C_t(6k_c + t_{bf} + 2t_p)F_{yc} t_{cw} \quad (6.8-17)$$

dengan

- C_t = 0,5 jika jarak dari kolom bagian atas ke muka bagian atas sayap balok adalah kurang dari tinggi penampang kolom adalah 1,0 untuk kasus lain
- F_{yc} = tegangan leleh terspesifikasi dari material badan kolom, ksi (MPa)
- k_c = jarak dari muka terluar sayap kolom ke ujung penebalan badan (nilai desain) atau las filet, in. (mm)
- t_{cw} = tebal badan kolom, in. (mm)

Jika persyaratan kekuatan Persamaan 6.10-16 tidak dipenuhi, diperlukan pelat penerus badan kolom.

Langkah 4. Periksa kekuatan tekuk badan kolom tanpa pengaku pada sayap tekan balok.

Persyaratan kekuatan:

$$F_{tu} \leq \phi R_n \quad (6.8-18)$$

dengan

$$\phi = 0,75$$

- (a) Bila F_{tu} diterapkan pada sebuah jarak lebih besar dari atau sama dengan $d/2$ dari ujung kolom

$$R_n = \frac{24t_{cw}^3 \sqrt{EF_{yc}}}{h} \quad (6.8-19)$$

(b) Bila F_{tu} diterapkan pada sebuah jarak kurang dari $d/2$ dari ujung kolom

$$R_n = \frac{12t_{cw}^3 \sqrt{EF_{yc}}}{h} \quad (6.8-20)$$

dengan h is jarak bersih antar sayap dikurangi radius sudut untuk profil-profil gilas; jarak bersih antar sayap bila digunakan las pada profil tersusun, in. (mm)

Jika persyaratan kekuatan Persamaan 6.10-18 tidak dipenuhi, diperlukan pelat penerus badan kolom.

Langkah 5. Periksa kekuatan lipat badan kolom tanpa pengaku pada sayap tekan balok.

Persyaratan kekuatan:

$$F_{tu} \leq \phi R_n \quad (6.8-21)$$

Dengan

$$\phi = 0,75$$

(a) Bila F_{tu} diterapkan pada sebuah jarak lebih besar dari atau sama dengan $d/2$ dari ujung kolom

$$R_n = 0,80t_{cw}^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d_c} \right) \left(\frac{t_{cw}}{t_{cf}} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yc} t_{cf}}{t_{cw}}} \quad (6.8-22)$$

(b) Bila F_{tu} diterapkan pada suatu jarak kurang dari $d/2$ dari ujung kolom

(i) untuk $N/d_c \leq 0,2$,

$$R_n = 0,40t_{cw}^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d_c} \right) \left(\frac{t_{cw}}{t_{cf}} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yc} t_{cf}}{t_{cw}}} \quad (6.8-23)$$

(ii) untuk $N/d_c > 0,2$,

$$R_n = 0,40t_{cw}^2 \left[1 + \left(\frac{4N}{d_c} - 0,2 \right) \left(\frac{t_{cw}}{t_{cf}} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yc} t_{cf}}{t_{cw}}} \quad (6.8-24)$$

dengan

$$N = b_f + 2w + 2t_p, \text{ in. (mm)}$$

$$d_c = \text{keseluruhan tinggi penampang kolom, in. (mm)}$$

$$t_p = \text{tebal pelat ujung, in. (mm)}$$

w = ukuran kaki dari perkuatan las gruv dan las filet, jika digunakan, in. (mm)

Jika persyaratan kekuatan Persamaan 6.8-21 tidak dipenuhi, diperlukan pelat penerus badan kolom.

Langkah 6. Jika pelat pengaku dibutuhkan untuk setiap keadaan batas sisi kolom, kekuatan perlu adalah

$$F_{su} = F_{fu} - \min(\phi R_n) \quad (6.8-25)$$

dengan $\min(\phi R_n)$ adalah nilai kekuatan desain minimum dari Pasal 6.8.2 Langkah 2 (lentur sayap kolom), Langkah 3 (pelelehan badan kolom), Langkah 4 (tekuk badan kolom), dan Langkah 5 (lipat badan kolom)

Desain pelat penerus juga harus memenuhi Bab E SNI *Ketentuan Seismik*, dan las-las harus dirancang menurut Pasal 6.5.(3).

Langkah 7. Periksa zona panel menurut Pasal 6.4.(1).

7 Sambungan Momen Pelat Sayap Berbaut (PSB)

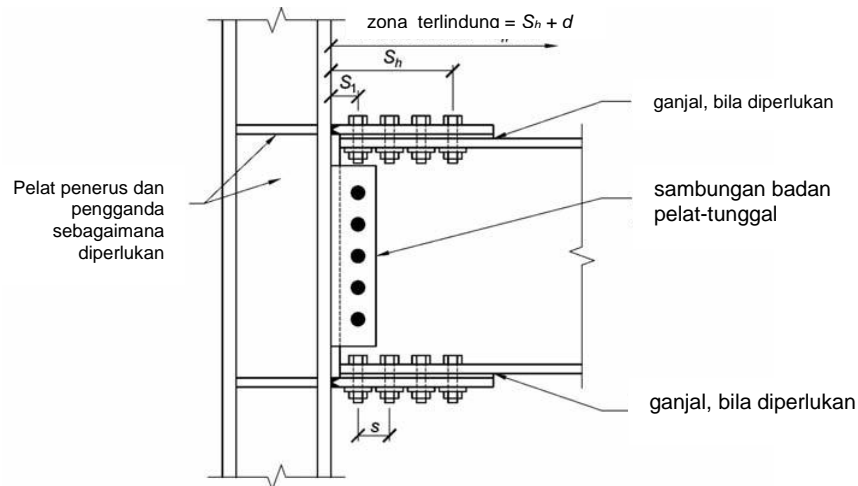
7.1 Umum

Sambungan momen pelat sayap berbaut (PSB) memanfaatkan pelat yang dilas ke sayap kolom dan dibaut ke sayap balok. Pelat bagian atas dan bagian bawah harus identik. Pelat sayap dilas ke sayap kolom menggunakan las gruv PJK dan sambungan sayap balok dibuat dengan baut-baut kekuatan tinggi. Badan balok disambung ke sayap kolom menggunakan pelat geser dengan baut berlubang slot pendek. Detail tipe sambungan ini diperlihatkan dalam Gambar 7.1. Pelelehan awal dan formasi sendi plastis dimaksudkan agar terjadi dalam balok pada daerah dekat ujung pelat sayap.

7.2 Sistem

Sambungan pelat sayap berbaut terpraktualifikasi untuk digunakan dalam sistem Rangka Momen Khusus (RMK) dan sistem Rangka Momen Menengah (RMT) dalam pembatasan ketentuan-ketentuan ini.

Pengecualian: Sambungan pelat sayap berbaut dalam sistem RMK dengan pelat beton struktural hanya terpraktualifikasi jika pelat beton struktural dipertahankan paling sedikit 1 in. (25 mm) dari kedua sisi kedua sayap kolom. Diperbolehkan untuk menempatkan material kompresibel dalam celah antara sayap kolom dan pelat beton struktural.



Gambar 7.1. Sambungan momen pelat sayap berbaut.

7.3 Batas Prakualifikasi

7.3.1 Pembatasan Balok

Balok harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Balok harus komponen-komponen struktur WF gilass atau profil I tersusun memenuhi persyaratan dalam Pasal 2.3.
- (2) Tinggi penampang balok dibatasi sampai suatu maksimum W36 (W920) untuk bentuk gilass. Tinggi penampang penampang tersusun tidak boleh melebihi tinggi penampang yang diizinkan untuk profil WF gilass.
- (3) Berat balok dibatasi hingga maksimum 150 lb/ft (223 kg/m).
- (4) Tebal sayap balok dibatasi hingga maksimum 1 in. (25 mm).
- (5) Rasio bentang bersih-terhadap-tinggi penampang balok dibatasi sebagai berikut:
 - (a) Untuk sistem RMK, 9 atau lebih besar.
 - (b) Untuk sistem RMT, 7 atau lebih besar.
- (6) Rasio lebar terhadap tebal untuk sayap dan badan balok harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.
- (7) Pembreisan lateral balok harus disediakan sebagai berikut:

Pembreisan lateral balok harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*. Untuk memenuhi persyaratan Bab E SNI *Ketentuan Seismik* maka pembreisan lateral pada sendi plastis, pembreisan lateral tambahan harus disediakan pada kedua sayap balok bagian atas dan bagian bawah, dan harus ditempatkan sejarak d sampai $1,5d$ dari baut terjauh dari muka kolom. Tidak ada pengikatan pembreisan lateral harus dibuat dalam zona terlindungi.

Pengecualian: Untuk kedua sistem RMK dan RMT, saat balok mendukung pelat beton struktural yang disambung sepanjang bentang balok antara zona-zona terlindungi dengan konektor-konektor geser dilas berjarak maksimum 12 in. (300 mm) pada pusat, pembreisan sayap bagian atas dan bagian bawah tambahan pada sendi plastis tidak disyaratkan.

- (8) Zona terlindung terdiri dari pelat sayap dan bagian dari balok antara muka kolom dan suatu jarak sama dengan tinggi penampang balok di belakang baut yang terjauh dari muka kolom.

7.3.2 Pembatasan Kolom

Kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Kolom harus penampang bentuk gilasa atau penampang tersusun dilas yang diizinkan dalam Pasal 2.3.
- (2) Balok harus disambungkan ke sayap kolom.
- (3) Tinggi penampang kolom profil gilasa harus dibatasi sampai maksimum W36 (W920) bila pelat beton struktural disediakan. Karena ketiadaan pelat beton struktural, tinggi penampang kolom profil gilasa dibatasi sampai maksimum W14 (W360). Kolom berprofil silang tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang lebih besar dari tinggi penampang yang diizinkan untuk profil gilasa. Kolom-kolom boks tersusun tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang melebihi 24 in. (600 mm). Kolom boks WF tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang melebihi 24 in. (600 mm) jika berpartisipasi dalam rangka momen ortogonal.
- (4) Tidak ada pembatasan terhadap berat per satuan panjang dari kolom.
- (5) Tidak ada persyaratan tambahan untuk tebal sayap.
- (6) Rasio lebar terhadap tebal untuk sayap-sayap dan badan kolom harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.
- (7) Pembreisan lateral kolom harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.

7.4 Pembatasan Hubungan Kolom Balok

Sambungan balok ke kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Zona panel harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.
- (2) Rasio momen kolom balok harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.

7.5 Pendetailan Sambungan

7.5.1 Spesifikasi Material Pelat

Semua pelat sambungan harus memenuhi satu dari spesifikasi berikut: ASTM A36/A36M atau A572/A572M Grade 50 (345).

7.5.2 Las Pelat Sayap Balok

Pelat-pelat sayap harus disambung ke sayap kolom menggunakan las gruv PJK dan harus diperhitungkan sebagai kritis perlu. *Backing*, jika digunakan, harus dihilangkan. Lintasan *root* harus di-*backgouge* sampai ke metal las dan kembali dilas.

7.5.3 Las Sambungan Geser Pelat Tunggal

Sambungan geser pelat-tunggal harus dilas ke sayap kolom. Sambungan pelat-tunggal ke sayap-kolom harus terdiri dari las-las gruv PJK, las gruv penetrasi sebagian dua-sisi, atau las-las filet dua-sisi.

7.5.4 Persyaratan Baut

Baut harus secara simetris tersusun di sumbu-sumbu balok dan harus dibatasi sampai dua baut tiap-tiap lajur dalam sambungan pelat sayap. Panjang kelompok baut tidak boleh melebihi tinggi penampang balok. Lubang-lubang standar harus digunakan dalam sayap-sayap balok. Lubang-lubang dalam pelat-pelat sayap harus lubang-lubang standar atau lubang-lubang ukuran-berlebih. Lubang-lubang baut dalam sayap-sayap balok dan dalam pelat-pelat sayap harus dibuat dengan pengeboran atau dengan sub-punching dan pelebaran/pembesaran. Lubang-lubang dipons tidak diizinkan.

Catatan Pengguna: Walaupun lubang-lubang standar diizinkan dalam pelat sayap, penggunaannya kemungkinan akan mengakibatkan modifikasi lapangan untuk mengakomodasi toleransi perakitan.

Baut-baut pada pelat-pelat sayap harus sesuai dengan perakitan ASTM F3125, ASTM A490 atau A490M atau ASTM F2280. Ulir-ulir harus dikecualikan dari bidang geser. Diameter baut dibatasi sampai maksimum 1 1/8 in. (28 mm).

7.5.5 Ganjal Pelat Sayap

Ganjal dengan tebal maksimum keseluruhan 1/4 in. (6 mm) dapat digunakan antara pelat sayap dan sayap balok seperti diperlihatkan dalam Gambar 7.1. Ganjal, jika disyaratkan, dapat ganjal menjari atau dapat dibuat dengan lubang-lubang dibor atau lubang-lubang di-pons.

7.6 Prosedur Desain

Langkah 1. Hitung kemungkinan momen maksimum pada sendi plastis, M_{pr} , menurut Pasal 2.4.3.

Langkah 2. Hitung diameter baut maksimum untuk mencegah keruntuhan tarik sayap balok. Untuk lubang-lubang standar dengan dua baut tiap-tiap baris:

$$d_b \leq \frac{b_f}{2} \left(1 - \frac{R_y F_y}{R_t F_u} \right) - 1/8 \text{ in.} \quad (7.6-2)$$

$$d_b \leq \frac{b_f}{2} \left(1 - \frac{R_y F_y}{R_t F_u} \right) - 3 \text{ mm (S.I.)} \quad (7.6-2M)$$

Pilih diameter baut. Pilih yang jarak tepi untuk lubang-lubang sayap balok memenuhi persyaratan SNI Spesifikasi.

Langkah 3. Asumsikan tebal pelat sayap, t_p . Perkirakan lebar pelat sayap, b_{fp} , dengan mempertimbangkan ukuran baut, persyaratan jarak tepi baut, dan lebar sayap balok. Tentukan kekuatan geser nominal yang menentukan dari tiap-tiap baut dengan memperhitungkan geser baut dan tumpuan baut:

$$r_n = \min \begin{cases} 1,0 F_{nv} A_b \\ 2,4 F_{ub} d_b t_f \\ 2,4 F_{up} d_b t_p \end{cases} \quad (7.6-3)$$

dengan

- A_b = luas nominal *body* tanpa ulir dari baut, in.² (mm²)
- F_{nv} = kekuatan geser nominal baut dari *SNI Spesifikasi*, ksi (MPa)
- F_{ub} = kekuatan tarik minimum terspesifikasi dari material balok, ksi (MPa)
- F_{up} = kekuatan tarik minimum terspesifikasi dari material pelat, ksi (MPa)
- d_b = diameter nominal baut, in. (mm)
- t_f = tebal sayap balok, in. (mm)
- t_p = tebal pelat sayap, in. (mm)

Langkah 4. Pilih perkiraan sejumlah baut.

Catatan Pengguna: Persamaan berikut ini boleh digunakan untuk memperkirakan jumlah baut.

$$n \geq \frac{1,25 M_{pr}}{\phi_n r_n (d + t_p)} \quad (7.6-4)$$

dengan

- n = jumlah baut dibulatkan ke atas ke jumlah genap berikutnya
- d = tinggi penampang balok, in. (mm)

Langkah 5. Tentukan lokasi sendi plastis balok, S_h , diukur dari muka kolom.

$$S_h = S_1 + s \left(\frac{n}{2} - 1 \right) \quad (7.6-5)$$

dengan

- S_1 = jarak dari muka kolom ke baris terdekat baut, in. (mm)
- s = spasi antar baris baut, in. (mm)
- n = jumlah baut

Spasi antar baris baut, s , dan jarak tepi harus cukup besar untuk menjamin bahwa L_c , seperti ditetapkan dalam *SNI Spesifikasi*, lebih besar atau sama dengan $2d_b$.

Langkah 6. Hitung gaya geser pada lokasi sendi plastis balok pada setiap ujung balok.

Gaya geser pada lokasi sendi, V_h , harus ditentukan dari diagram *free body* dari bagian balok antara lokasi sendi plastis. Penghitungan ini harus mengasumsikan momen pada lokasi sendi plastis adalah M_{pr} dan harus mencakup beban gravitasi yang bekerja pada balok berdasarkan kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$, dengan f_1 adalah faktor beban yang ditentukan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku untuk beban-beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5.

Catatan Pengguna : Kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ memenuhi *ASCE/SEI 7-16*. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 untuk S (salju) ketika konfigurasi atap sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

SNI 7972:2020

Langkah 7. Hitung momen terekspektasi pada muka sayap kolom.

$$M_f = M_{pr} + V_h S_h \quad (7.6-6)$$

dengan

V_h = yang terbesar dari dua nilai gaya geser di lokasi sendi plastis pada setiap ujung balok, kips (N)

Persamaan 7.6-6 mengabaikan beban gravitasi pada bagian balok antara sendi plastis dan muka kolom. Jika diinginkan, beban gravitasi pada bagian kecil dari balok ini boleh diperhitungkan.

Langkah 8. Hitung F_{pr} , gaya dalam pelat sayap akibat M_f .

$$F_{pr} = \frac{M_f}{(d + t_p)} \quad (7.6-7)$$

dengan

d = tinggi penampang balok, in. (mm)

t_p = tebal pelat sayap, in. (mm)

Langkah 9. Tetapkan bahwa jumlah baut yang dipilih dalam Langkah 4 adalah cukup.

$$n \geq \frac{F_{pr}}{\phi_n R_n} \quad (7.6-8)$$

Langkah 10. Periksa bahwa tebal pelat sayap yang diasumsikan dalam Langkah 3 adalah cukup:

$$t_p \geq \frac{F_{pr}}{\phi_d F_y b_{fp}} \quad (7.6-9)$$

dengan

F_y = tegangan leleh minimum terspesifikasi dari pelat sayap, ksi (MPa)

b_{fp} = lebar pelat sayap, in. (mm)

Langkah 11. Periksa pelat sayap untuk keruntuhan tarik.

$$F_{pr} \leq \phi_n R_n \quad (7.6-10)$$

dengan R_n seperti ditetapkan dalam ketentuan keruntuhan tarik Bab J *SNI Spesifikasi*.

Langkah 12. Periksa sayap balok untuk keruntuhan geser blok pada keadaan batas.

$$F_{pr} \leq \phi_n R_n \quad (7.6-11)$$

dengan R_n seperti ditetapkan dalam ketentuan keruntuhan geser blok Bab J *SNI Spesifikasi*.

Langkah 13. Periksa pelat sayap untuk tekuk tekan.

$$F_{pr} \leq \phi_n R_n \quad (7.6-12)$$

dengan R_n seperti ditetapkan dalam ketentuan tekuk tekan Bab J *SNI Spesifikasi*.

Catatan Pengguna: Bila pemeriksaan tekuk tekan pelat sayap, panjang efektif, KL , dapat diambil sebagai $0,65S_1$.

Beberapa perulangan dari Langkah 3 sampai dengan 13 dapat disyaratkan untuk menentukan suatu ukuran pelat sayap yang dapat diterima.

Langkah 14. Tentukan kekuatan geser yang diperlukan, V_u , dari balok dan sambungan badan-balok ke kolom dari:

$$V_u = \frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{gravitasi} \quad (7.6-13)$$

dengan

- L_h = jarak antara lokasi sendi plastis, in. (mm)
 $V_{gravitasi}$ = gaya geser balok yang dihasilkan dari $1,2D + f_1L + 0,2S$ (bila f_1 adalah faktor beban yang ditentukan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku untuk beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5), kips (N)

Catatan Pengguna : Kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ memenuhi *ASCE/SEI 7-16*. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 untuk S (salju) ketika konfigurasi atap sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

Periksa kekuatan geser desain balok memenuhi *SNI Spesifikasi*.

Langkah 15. Desain sambungan geser pelat-tunggal untuk kekuatan geser yang diperlukan, V_u , dihitung dalam Langkah 14 dan ditempatkan pada muka kolom, memenuhi persyaratan *SNI Spesifikasi*.

Langkah 16. Periksa persyaratan pelat penerus yang memenuhi Bab 2.

Langkah 17. Periksa zona panel kolom yang memenuhi Pasal 7.4.

Kekuatan geser yang diperlukan dari zona panel harus ditentukan dari penjumlahan momen-momen pada muka-muka kolom seperti ditentukan oleh pemoreksian momen-momen sama dengan $R_y F_y Z_e$ pada titik-titik sendi plastis ke muka-muka kolom. Untuk d , ditambah dua kali tebal pelat sayap pada tinggi penampang balok.

8 Sambungan Momen Sayap Dilas Tanpa Penguat Badan Dilas (SLTKBL)

8.1 Umum

Pada sambungan momen Sayap Dilas Tanpa Penguat Badan Dilas (SLTKBL), rotasi inelastis terjadi terutama akibat pelelehan balok di daerah yang berdekatan dengan muka kolom. Keruntuhan sambungan dikendalikan melalui persyaratan pendetailan khusus sehubungan dengan las yang menghubungkan sayap balok dengan sayap kolom, las yang menghubungkan badan balok ke sayap kolom, dan bentuk dan penyelesaian dari lubang-lubang akses las. Tampilan keseluruhan dari sambungan ini diperlihatkan dalam Gambar 8.1.

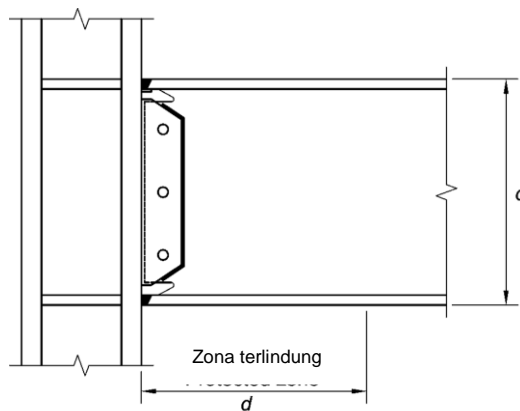
8.2 Sistem

Sambungan momen SLTKBL terprakualifikasi untuk digunakan dalam sistem Rangka Momen Khusus (RMK) dan sistem Rangka Momen Menengah (RMT) dalam batas-batas ketentuan ini.

8.3 Batas Prakualifikasi

8.3.1 Pembatasan Balok

Balok harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:



Gambar 8.1. Sambungan momen SLTKBL

- (1) Balok harus merupakan WF gilas atau profil-I tersusun yang memenuhi persyaratan Pasal 2.3.
- (2) Tinggi penampang balok dibatasi sampai maksimum W36 (W920) untuk profil gilas. Tinggi penampang profil tersusun tidak boleh melebihi tinggi penampang yang diizinkan untuk profil WF.
- (3) Berat balok dibatasi hingga maksimum 150 lb/ft (224 kg/m).
- (4) Tebal sayap balok dibatasi hingga maksimum 1 in. (25 mm).
- (5) Rasio bentang bersih-terhadap-tinggi penampang balok dibatasi sebagai berikut:
 - (a) Untuk sistem RMK, 7 atau lebih besar.
 - (b) Untuk sistem RMT, 5 atau lebih besar.
- (6) Rasio lebar terhadap tebal untuk sayap balok dan badan balok harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.
- (7) Pembreisan lateral balok harus disediakan sebagai berikut:

Pembreisan lateral balok harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*. Untuk memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik* untuk pembreisan lateral pada sendi plastis, pembreisan lateral tambahan harus disediakan pada sayap balok bagian atas

dan bagian bawah, dan harus ditempatkan pada jarak d sampai $1,5d$ dari muka kolom. Pembreisan lateral balok harus tidak berada di daerah sejarak d dari muka kolom.

Pengecualian: Untuk sistem RMK dan RMT, ketika balok mendukung *pelat beton struktural* yang tersambung sepanjang bentang balok antara zona terlindung dengan konektor geser yang dilas dengan spasi maksimum 12 in. (300 mm) pusat ke pusat, tambahan pembreisan sayap bagian atas dan bagian bawah pada sendi plastis tidak diperlukan.

- (8) Zona terlindung terdiri dari bagian balok antara muka kolom dan jarak satu tinggi penampang balok, d , dari muka kolom.

8.3.2 Pembatasan Kolom

Kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Kolom harus berupa profil gilasan atau profil tersusun yang diizinkan dalam Pasal 2.3.
- (2) Balok harus tersambung ke sayap kolom.
- (3) Tinggi penampang kolom profil gilasan harus dibatasi sampai dengan maksimum W36 (W920). Tinggi penampang kolom WF tersusun tidak boleh melebihi yang diizinkan untuk profil gilasan. Kolom profil silang tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang lebih besar dari tinggi penampang yang diizinkan untuk profil gilasan. Kolom boks tersusun tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang melebihi 24 in. (600 mm). Kolom Boks WF tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang melebihi 24 in. (600 mm) jika berpartisipasi dalam rangka momen ortogonal.
- (4) Tidak ada pembatasan dari berat per satuan panjang kolom.
- (5) Tidak ada persyaratan tambahan untuk tebal sayap.
- (6) Rasio lebar-terhadap-tebal untuk sayap kolom dan badan kolom harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.
- (7) Pembreisan lateral kolom harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.

8.4 Pembatasan Hubungan Kolom Balok

Sambungan balok ke kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Zona panel harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.
- (2) Rasio momen kolom-balok harus dibatasi sebagai berikut:
 - (a) Untuk sistem RMK, rasio momen kolom balok harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*. Nilai ΣM^*_{pb} harus diambil sama dengan $\Sigma(M_{pr} + M_{uv})$, dengan M_{pr} dihitung menurut Langkah 1 dalam Pasal 8.7 dan M_{uv} adalah momen tambahan akibat amplifikasi geser dari sendi plastis ke sumbu kolom. M_{uv} boleh dihitung sebagai $V_h(d_c/2)$, dengan V_h adalah geser pada sendi plastis yang dihitung dalam Langkah 3 Pasal 8.7, dan d_c adalah tinggi penampang kolom.
 - (b) Untuk sistem RMT, rasio momen kolom balok harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.

8.5 Las Sayap Balok ke Sayap Kolom

SNI 7972:2020

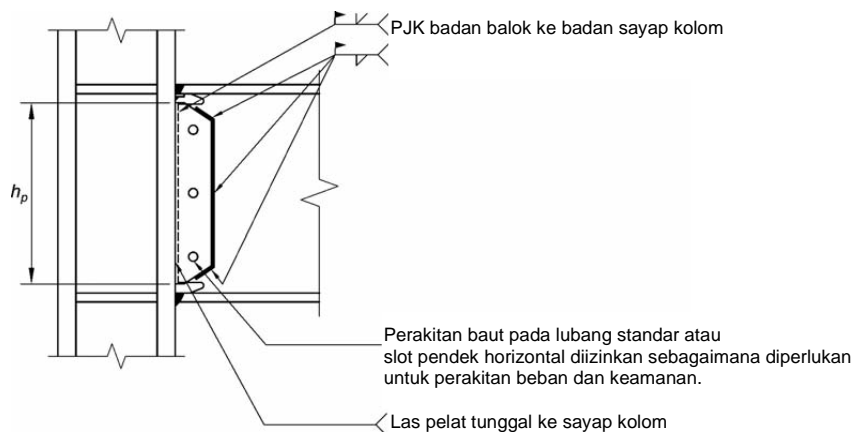
Sambungan sayap balok ke sayap kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Sayap balok harus disambung ke sayap kolom menggunakan las gruv PJK. Las sayap balok harus memenuhi persyaratan las kritis perlu dalam SNI *Ketentuan Seismik*.
- (2) Geometri lubang akses las harus memenuhi persyaratan AWS D1.8/D1.8M Pasal 6.11.1.2. Persyaratan kualitas lubang akses las harus memenuhi persyaratan AWS D1.8.

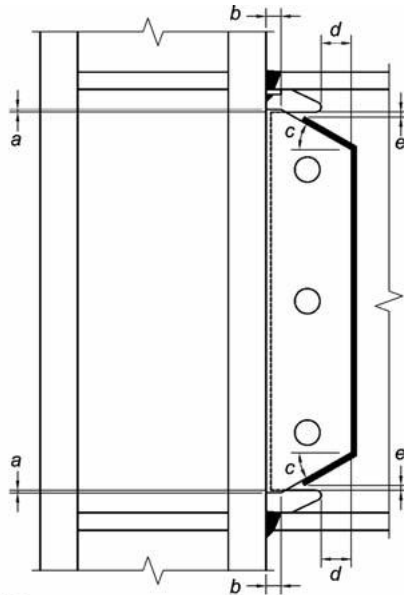
8.6 Pembatasan Sambungan Badan Balok ke kolom

Detail menyeluruh dari sambungan badan balok ke sayap kolom diperlihatkan dalam Gambar 8.2. Sambungan geser pelat tunggal harus memenuhi persyaratan yang diperlihatkan dalam Gambar 8.2. Sambungan badan balok ke sayap kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Sambungan geser pelat-tunggal harus memiliki tebal sedikitnya sama dengan tebal badan balok. Tinggi pelat tunggal harus mengizinkan *overlap* minimum 1/4-in. (6-mm) dan maksimum 1/2-in. (12-mm) dengan lubang akses las pada bagian atas dan bagian bawah seperti diperlihatkan dalam Gambar 8.3. Lebar harus diperpanjang minimum 2 in. (50 mm) melewati ujung lubang akses las.



Gambar. 8.2. Detail umum sambungan badan balok ke sayap kolom.



Catatan

- a = minimum $\frac{1}{4}$ in. (6 mm), maksimum $\frac{1}{2}$ in. (12 mm)
 b = minimum 1 in. (25 mm)
 c = $30^\circ (\pm 10^\circ)$
 d = minimum 2 in. (50 mm)
 e = jarak minimum $\frac{1}{2}$ in. (12 mm), jarak maksimum 1 in. (25 mm) dari ujung las fillet ke tepi lubang akses

Gambar 8.3. Detail pada bagian atas dan bagian bawah sambungan geser pelat tunggal

- (2) Sambungan geser pelat tunggal harus dilas ke sayap kolom. Kekuatan geser desain las harus sedikitnya $h_p t_p (0,6 R_y F_{yp})$, dengan h_p didefinisikan sebagai panjang pelat, seperti diperlihatkan dalam Gambar 8.2, dan t_p adalah tebal pelat.
- (3) Sambungan geser pelat tunggal harus disambung ke badan balok dengan las fillet, seperti diperlihatkan dalam Gambar 8.2 dan 8.3. Ukuran las fillet harus sama dengan tebal pelat tunggal dikurangi $1/16$ in. (2 mm). Las fillet harus diteruskan sepanjang bagian miring atas dan bawah dari pelat tunggal, dan sepanjang panjang vertikal pelat tunggal, seperti diperlihatkan dalam Gambar 8.2 and 8.3. Las fillet pada bagian miring atas dan bawah dari pelat tunggal harus dihentikan sedikitnya $1/2$ in. (12 mm) tetapi tidak lebih dari 1 in. (25 mm) dari tepi lubang akses las, seperti diperlihatkan dalam Gambar 8.3.
- (4) Baut rakit pada lubang standar atau slot pendek horizontal diizinkan sebagaimana diperlukan.
- (5) Las gruv PJK harus digunakan antara badan balok dan sayap kolom. Las ini harus diterapkan sepanjang badan antara lubang-lubang akses las, dan harus memenuhi persyaratan las kritis perlu dalam SNI *Ketentuan Seismik* dan AWS D1.8/D1.8M. Las tab tidak dibutuhkan. Las tab, jika digunakan, harus dihilangkan sesudah pengelasan menurut persyaratan Pasal 3.4. Bila las tab tidak digunakan, penggunaan pengakhiran las berbentuk kaskade di dalam las gruv diizinkan pada sudut maksimum 45° . Pengujian nondestruktif (UND) pada pengakhiran las berbentuk kaskade tidak perlu dilakukan.

8.7 Prosedur Desain

Langkah 1. Hitung *momen maksimum yang mungkin terjadi pada sendi plastis*, M_{pr} , menurut Pasal 2.4.3. Nilai Z_e harus diambil sama dengan Z_x dari penampang balok dan nilai C_{pr} harus diambil sama dengan 1,4.

SNI 7972:2020

Catatan Pengguna: Nilai C_{pr} 1,4 untuk sambungan momen SLTKBL adalah berdasarkan data eksperimental yang menunjukkan tingkat pengerasan regangan yang tinggi.

Langkah 2. Lokasi sendi plastis harus diambil di muka kolom; yaitu, $S_h = 0$.

Langkah 3. Hitung gaya geser, V_h , pada lokasi sendi plastis di setiap ujung balok.

Gaya geser pada lokasi sendi plastis harus ditentukan dari diagram *free body* dari bagian balok di antara sendi plastis. Perhitungan ini harus mengasumsikan momen pada setiap sendi plastis adalah M_{pr} dan harus memasukan beban gravitasi yang bekerja pada balok di antara sendi plastis berdasarkan kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$.

Catatan Pengguna : Kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ memenuhi ASCE/SEI 7-16. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 untuk S (salju) ketika konfigurasi atap sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

Langkah 4. Periksa pembatasan hubungan kolom-balok menurut Pasal 8.4. Untuk RMK, kekuatan geser perlu dari zona panel, menurut SNI *Ketentuan Seismik*, harus ditentukan dari penjumlahan dari momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom. Momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom harus diambil sebagai M_{pr} , yang dihitung pada Langkah 1. Gunakan pelat pengganda bila diperlukan.

Langkah 5. Periksa kekuatan geser desain balok:

Kekuatan geser perlu, V_u , dari balok harus diambil dari yang terbesar antara dua nilai V_h yang dihitung pada setiap ujung balok dalam Langkah 3.

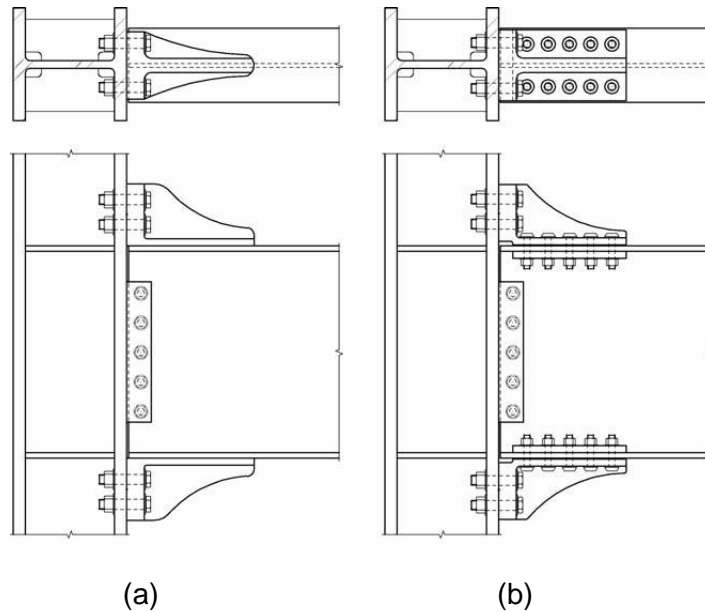
Langkah 6. Periksa persyaratan pelat penerus kolom menurut Pasal 2.4.4. Gunakan pelat penerus bila diperlukan.

9 Sambungan Momen Braket *Kaiser* Berbaut (BKB)

Harap diperhatikan bahwa tipe sambungan ini dilindungi oleh hak paten. Standar ini tidak berhubungan dengan keabsahan klaim atau hak paten manapun yang berhubungan dengannya. Pemegang paten telah menyatakan kesediaan untuk memberikan lisensi dengan persyaratan dan ketentuan yang wajar dan tanpa diskriminasi kepada pengguna.

9.1 Umum

Pada sambungan momen Braket *Kaiser* Berbaut (BKB), braket cor berkekuatan-tinggi diikatkan pada setiap sayap balok dan dibaut ke sayap kolom seperti diperlihatkan dalam Gambar 9.1. Pengikatan braket ke sayap balok diizinkan untuk dilas (Gambar 9.1a) atau dibaut (Gambar 9.1b). Bila dilas ke sayap balok, lima konfigurasi braket seri-W yang tersedia diperlihatkan dalam Gambar 9.2.



**Gambar 9.1. Sambungan Braket Kaiser Berbaut (a) Sambungan seri W;
(b) Sambungan seri B**

Bila dibaut ke sayap balok, dua konfigurasi braket seri B yang tersedia diperlihatkan dalam gambar 9.3. Konfigurasi braket diproporsikan untuk mengembangkan kekuatan momen maksimum yang mungkin terjadi dari balok yang disambung. Pelelehan dan pembentukan sendi plastis terutama ditujukan terjadi di balok pada ujung braket jauh dari muka kolom.

9.2 Sistem

Sambungan BKB terpraktualifikasi untuk digunakan pada sistem Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMT) dalam batas-batas ketentuan ini.

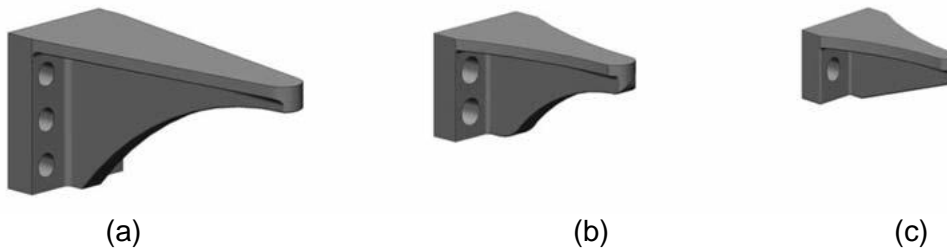
Pengecualian: Sistem RMK BKB dengan pelat beton struktural hanya terpraktualifikasi jika pelat beton struktural dijaga sedikitnya 1 in. (25 mm) dari kedua sisi-sisi sayap kolom dan sayap vertikal braket. Diizinkan untuk menempatkan material kompresibel dalam celah pada lokasi ini.

9.3 Batas Prakualifikasi

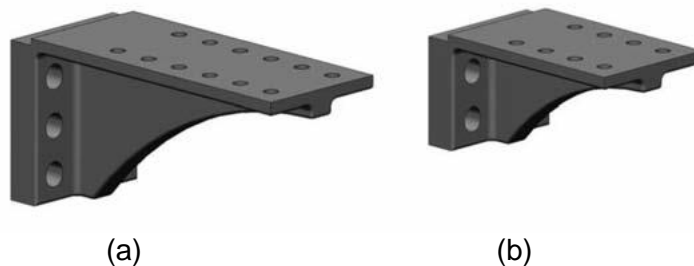
9.3.1 Pembatasan Balok

Balok harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Balok harus berupa profil WF gilas atau profil I tersusun yang memenuhi persyaratan Pasal 2.3.



Gambar 9.2. Konfigurasi seri W Braket Kaiser Berbaut:
(a) enam baut kolom, W1.0; (b) empat baut kolom, W2.0 dan W2.1; dan (c) dua baut kolom, W3.0 dan W3.1.



Gambar 9.3. Konfigurasi seri B Braket Kaiser Berbaut:
(a) enam baut kolom, B1.0, dan (b) empat baut kolom, B2.1.

- (2) Tinggi penampang balok dibatasi sampai maksimum W33 (W840) untuk jenis gilas. Tinggi penampang dari profil tersusun tidak boleh melebihi tinggi penampang yang diizinkan untuk jenis WF gilas.
- (3) Berat balok dibatasi hingga maksimum 130 lb/ft (195 kg/m).
- (4) Tebal sayap balok dibatasi hingga maksimum 1 in. (25 mm).
- (5) Lebar sayap balok harus paling sedikit 6 in. (150 mm) untuk braket seri-W dan paling sedikit 10 in. (250 mm) untuk braket seri-B.
- (6) Rasio bentang bersih-terhadap-tinggi penampang balok harus dibatasi sampai 9 atau lebih besar untuk sistem RMK dan RMT.
- (7) Rasio lebar-terhadap-tebal untuk sayap dan badan balok harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.
- (8) Pembreisan lateral balok harus disediakan sebagai berikut:
 - (a) Untuk sistem RMK, memenuhi SNI *Ketentuan Seismik*. Pembreisan lateral tambahan harus disediakan pada sendi plastis terekspektasi yang memenuhi SNI *Ketentuan Seismik*.

Bila pembreisan lateral tambahan disediakan, pengikatan pembreisan lateral tambahan ke balok harus ditempatkan pada jarak d sampai $1,5d$ dari ujung braket terjauh dari muka kolom, dengan d adalah tinggi penampang balok. Tidak ada pengikatan pembreisan lateral harus dibuat ke balok pada daerah yang diperpanjang dari muka kolom ke suatu jarak d melewati ujung braket.

(b) Untuk sistem RMT, memenuhi SNI *Ketentuan Seismik*.

Pengecualian: Untuk kedua sistem, ketika balok mendukung suatu pelat beton struktural yang disambung antara zona terlindung dengan konektor geser dilas berjarak di maksimum 12 in. (300 mm) pada pusat, tambahan pembreisan sayap bagian atas dan bagian bawah pada sendi terekspektasi tidak diperlukan.

(9) Zona terlindung terdiri dari bagian balok antara muka kolom dan satu tinggi penampang balok, d , melewati ujung braket terjauh dari muka kolom.

9.3.2 Pembatasan Kolom

Kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Kolom harus profil gilasan atau profil tersusun yang diizinkan dalam Pasal 2.3.
- (2) Balok harus disambung ke sayap kolom.
- (3) Lebar sayap kolom harus paling sedikit 12 in. (300 mm).
- (4) Tinggi penampang profil kolom gilasan harus dibatasi sampai maksimum W36 (W920) bila sebuah pelat beton struktural disediakan. Bila tidak menggunakan pelat beton struktural, tinggi penampang kolom jenis gilasan dibatasi sampai maksimum W14 (W360). Tinggi penampang kolom WF tersusun tidak boleh melebihi yang untuk profil gilasan. Kolom profil silang tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang lebih besar dari tinggi penampang yang diizinkan untuk jenis gilasan. Kolom boks tersusun tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang melebihi 16 in. (400 mm). Kolom Boks WF tidak boleh memiliki lebar atau tinggi penampang melebihi 16 in. (400 mm) jika berpartisipasi dalam rangka momen orthogonal.
- (5) Tidak ada batas berat per satuan panjang kolom.
- (6) Tidak ada persyaratan tambahan untuk tebal sayap.
- (7) Rasio lebar terhadap tebal untuk sayap dan badan kolom harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.
- (8) Pembreisan lateral kolom harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.

9.3.3 Pembatasan Braket

Braket baja tuang kekuatan tinggi harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Penuangan braket harus memenuhi persyaratan Lampiran A.
- (2) Konfigurasi braket dan proporsi harus memenuhi Pasal 9.8.
- (3) Lubang-lubang dalam braket untuk baut-baut kolom harus lubang-lubang berslot pendek vertikal. Lubang-lubang untuk baut-baut balok harus lubang-lubang standar.

SNI 7972:2020

- (4) Tebal material, jarak tepi dan jarak ujung harus memiliki toleransi $\pm 1/16$ in. (2 mm). Lokasi lubang harus memiliki toleransi $\pm 1/16$ in. (2 mm). Dimensi keseluruhan braket harus memiliki toleransi $\pm 1/8$ in. (3 mm).

9.4 Pembatasan Hubungan Kolom Balok

Sambungan balok ke kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Zona panel harus memenuhi persyaratan dalam SNI *Ketentuan Seismik*.
- (2) Rasio momen kolom balok harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.

9.5 Pembatasan Braket ke Sayap Kolom

Sambungan braket ke sayap kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Pengencang sayap kolom harus berupa baut-baut pratarik ASTM F3125 ASTM A490, A490M, A354 Grade BD, atau batang berulir A 354 Grade BD, dan harus memenuhi persyaratan Bab 4.
- (2) Lubang-lubang baut sayap kolom harus $1/8$ in. (3 mm) lebih besar dari diameter baut nominal. Lubang-lubang baut harus dibor atau dipons dan diperbesar. Lubang-lubang dipons tidak diizinkan.
- (3) Penggunaan ganjal menjari pada salah satu atau kedua sisi-sisi pada bagian atas dan/atau bagian bawah sambungan braket diizinkan, harus mengikuti pembatasan *RCSC Specification*.
- (4) Bila dibaut ke suatu kolom boks, pelat ring baja harus dimasukkan antara kolom boks dan braket pada kedua muka kolom. Pelat ring harus ASTM A572/A572M Kelas/Grade 50 (345) atau lebih baik dan harus didesain untuk menyalurkan gaya-gaya baut pada tepi-tepi sisi-luar kolom. Bila disyaratkan, tebal pelat vertikal boleh diperpanjang melewati daerah permukaan kontak hingga 4 in. (102 mm). Tebal pelat tidak boleh melebihi 3 in. (76 mm). Sarana penyambung harus melewati bagian dalam dari kolom boks dan diangkurkan pada muka yang berlawanan. Muka yang berlawanan juga harus memiliki sebuah pelat ring baja.
- (5) Bila penyambungan ke muka ortogonal suatu kolom boks terjadi bersamaan dengan suatu sambungan pada muka kolom utama, sebuah pelat pengatur jarak baja $1\ 3/4$ in. (44 mm) harus disisipkan/dimasukkan antara sayap-sayap balok dan sambungan ortogonal braket. Pelat penjaga jarak harus dibuat dari material baja struktural apapun yang tercakup dalam *SNI Spesifikasi* dan harus perkiraan lebar dan panjang yang cocok dengan luas permukaan kontak braket.

9.6 Pembatasan Sambungan Braket ke Sayap Balok

Sambungan braket ke sayap balok harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Bila dilas ke sayap balok, braket harus disambung menggunakan las filet. Las braket harus memenuhi persyaratan las kritis perlu dalam SNI *Ketentuan Seismik* dan AWS D1.8/D1.8M, dan persyaratan AWS D1.1/D1.1M. Spesifikasi prosedur las (SPL/WPS) untuk las filet yang menghubungkan braket ke sayap balok harus memenuhi kualifikasi

material tuang. Las-las tidak boleh dimulai atau dihentikan sejarak 2 in. (50 mm) dari ujung braket dan harus menerus di sekeliling ujung.

- (2) Bila dibaut ke sayap balok, pengencang harus dipratarik baut-baut ASTM F3125 ASTM A490 atau A490M dengan ulir-ulir dikecualikan dari bidang geser dan harus memenuhi persyaratan Bab 4.
- (3) Lubang-lubang baut sayap balok harus 1 5/32 in. (29 mm) dan harus dibor menggunakan braket sebagai suatu contoh. Lubang-lubang di-pons tidak diizinkan.
- (4) Bila dibaut ke sayap balok, tebal pelat ring kuningan 1/8-in. (3-mm) dengan perkiraan lebar dan panjang yang cocok dengan luas permukaan kontak braket harus ditempatkan antara sayap balok dan braket. Kuningan harus setengah-keras memenuhi lembaran ASTM B19 atau B36/B36M.
- (5) Bila dibaut ke sayap balok, tebal ring pelat 1-in. (25-mm) dengan lebar 4-in. (100-mm) ASTM A572/A572M Grade 50 (345) harus digunakan pada sisi yang berlawanan dari sayap balok yang disambung.

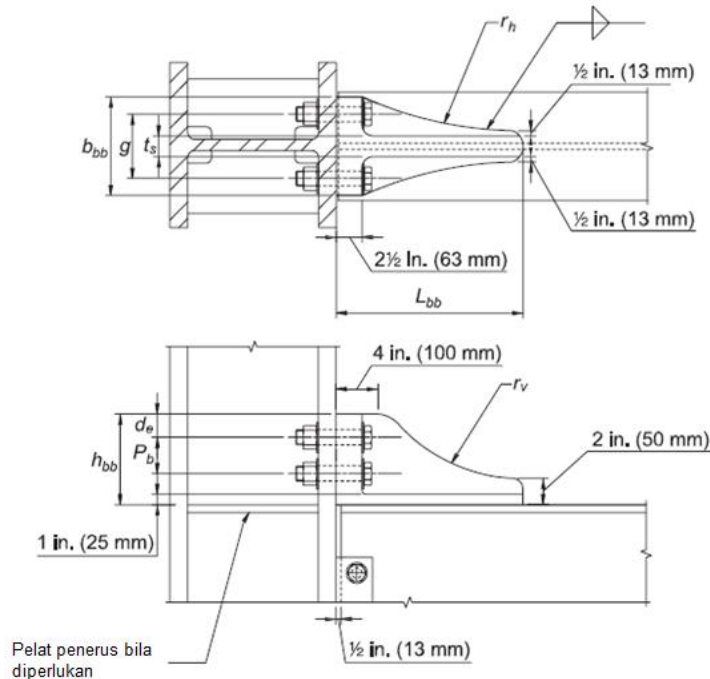
9.7 Pembatasan Sambungan Badan Balok ke Kolom

Sambungan badan balok ke sayap kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Kekuatan geser yang diperlukan dari sambungan badan balok harus ditentukan menurut Pasal 9.9.
- (2) Sambungan geser pelat tunggal harus disambung ke sayap kolom menggunakan suatu las filet dua sisi, las gruv PJP dua-sisi atau las gruv PJK.

9.8 Pendetailan Sambungan

Jika dilas ke sayap balok, Gambar 9.4 memperlihatkan pendetailan sambungan untuk konfigurasi braket seri W. Jika dibaut ke sayap balok, Gambar 9.5 memperlihatkan pendetailan sambungan untuk konfigurasi braket seri B. Tabel 9.1 meringkas proporsi BKB dan parameter-parameter baut kolom. Tabel 9.2 meringkas proporsi desain untuk konfigurasi braket seri W. Tabel 9.3 meringkas proporsi desain untuk konfigurasi braket seri B.



Gambar 9.4. Pendetailan sambungan seri W.

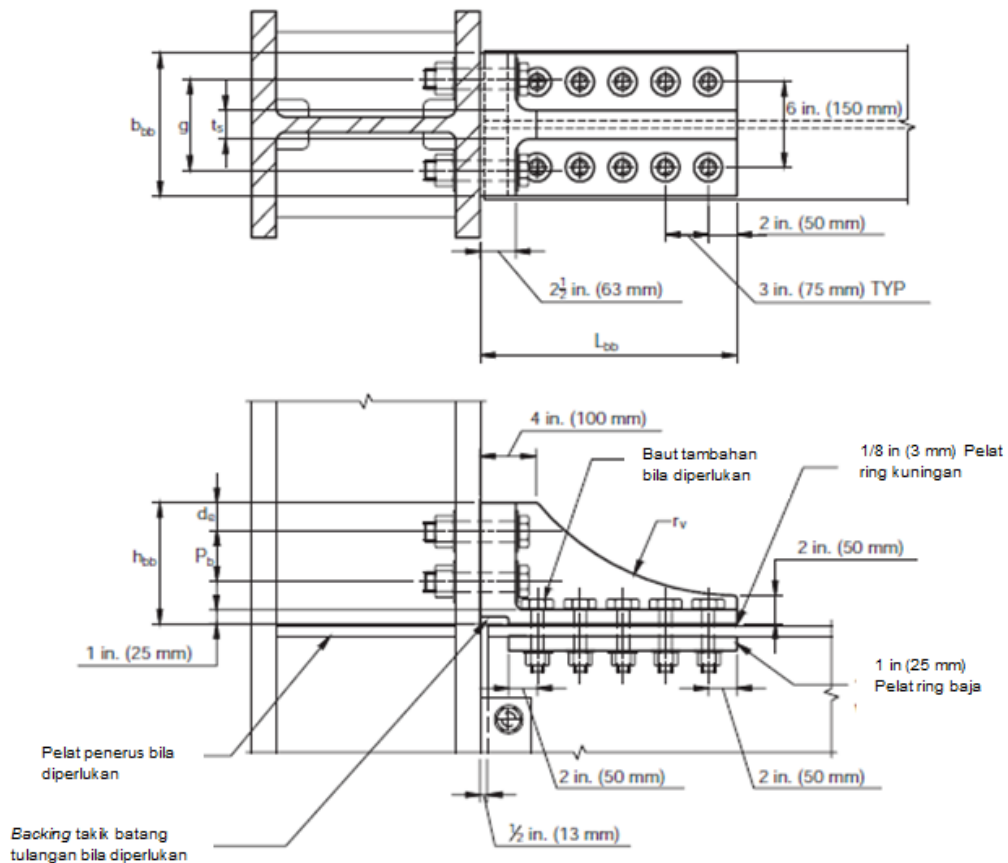
9.9 Prosedur Desain

Langkah 1. Pilih elemen balok dan kolom yang memenuhi batas-batas Pasal 9.3.

Langkah 2. Hitung momen maksimum yang mungkin terjadi, M_{pr} , pada lokasi sendi plastis menurut Pasal 2.4.3.

Langkah 3. Pilih sebuah braket coba dari Tabel 9.1.

Langkah 4. Hitung gaya geser pada lokasi sendi balok di setiap ujung balok. Gaya geser lokasi sendi, V_h , harus ditentukan dari suatu diagram *free-body* bagian dari balok antara lokasi-lokasi sendi. Penghitungan ini harus mengasumsikan momen pada lokasi sendi adalah M_{pr} dan harus mencakup beban gravitasi bekerja pada balok didasarkan pada kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$, kips (N) dengan f_1 adalah faktor beban ditentukan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku untuk beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5.



Gambar 9.5. Pendetailan sambungan seri B.

Penandaan Braket	Panjang Braket L_{bb} in. (mm)	Tinggi Braket h_{bb} in. (mm)	Lebar Braket b_{bb} in. (mm)	Jumlah Baut Kolom n_{cb}	Gage Baut Kolom g in. (mm)	Diameter Baut Kolom in. (mm)
W3.0	16 (400)	5 1/2 (140)	9 (229)	2	5 1/2 (140)	1 3/8 (35)
W3.1	16 (400)	5 1/2 (140)	9 (229)	2	5 1/2 (140)	1 1/2 (38)
W2.0	16 (400)	8 3/4 (222)	9 1/2 (241)	4	6 (152)	1 3/8 (35)
W2.1	18 (450)	8 3/4 (222)	9 1/2 (241)	4	6 1/2 (165)	1 1/2 (38)
W1.0	25 1/2 (648)	12 (305)	9 1/2 (241)	6	6 1/2 (165)	1 1/2 (38)
B2.1	18 (450)	8 3/4 (222)	10 (254)	4	6 1/2 (165)	1 1/2 (38)
B1.0	25 1/2 (648)	12 (305)	10 (254)	6	6 1/2 (165)	1 1/2 (38)

Penandaan Braket	Jarak Tepi Baut Kolom, d_e in. (mm)	Pitch Baut Kolom p_b in. (mm)	Tebal Pengaku Braket, t_s in. (mm)	Radius Pengaku Braket, r_v in. (mm)	Radius Horizontal Braket, r_h in. (mm)	Ukuran Las filet Minimum, w in. (mm)
W3.0	2 1/2 (64)	n.a.	1 (25)	n.a.	28 (711)	1/2 (13)
W3.1	2 1/2 (64)	n.a.	1 (25)	n.a.	28 (711)	5/8 (16)
W2.0	2 1/4 (57)	3 1/2 (88)	2 (50)	12 (300)	28 (711)	3/4 (19)
W2.1	2 1/4 (57)	3 1/2 (88)	2 (50)	16 (400)	38 (965)	7/8 (22)
W1.0	2 (50)	3 1/2 (88)	2 (50)	28 (711)	n.a.	7/8 (22)

TABEL 9.3 Proporsi Desain Braket Seri-B						
Penandaan Braket	Jarak Tepi Baut Kolom, d_e in. (mm)	Pitch Baut Kolom p_b in. (mm)	Tebal Pengaku Braket, t_s in. (mm)	Radius Pengaku Braket, r_v in. (mm)	Jumlah Baut Balok, n_{bb}	Diameter Baut Balok in. (mm)
B2.1	2 (50)	3 ½ (88)	2 (50)	16 (400)	8 atau 10	1 1/8 (29)
B1.1	2 (50)	3 ½ (88)	2 (50)	28 (711)	12	1 1/8 (29)

Catatan Pengguna: Kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ memenuhi ASCE/SEI 7-16. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 untuk S (salju) ketika konfigurasi atap sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

Langkah 5. Hitung momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom:

$$M_f = M_{pr} + V_h S_h \quad (9.9-1)$$

dengan

- M_f = Momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom, kip-in. (N-mm)
- S_h = jarak dari muka kolom ke sendi plastis, in. (mm)
= L_{bb} per Tabel 9.1, in. (mm)
- V_h = yang terbesar diantara dua nilai gaya geser pada lokasi sendi balok pada setiap ujung balok, kips (N)

Persamaan 9.9-1 mengabaikan beban gravitasi pada bagian balok antara sendi plastis dan muka kolom. Jika diinginkan, beban gravitasi pada bagian terkecil ini dari balok diizinkan dimasukkan.

Langkah 6. Hubungan yang berikut harus dipenuhi untuk kekuatan tarik baut kolom braket:

$$r_{ut} \leq \phi_n F_{nt} A_b \quad (9.9-2)$$

dengan

$$r_{ut} = \frac{M_f}{d_{eff} n_{cb}} \quad (9.9-3)$$

- A_b = luas penampang-melintang nominal baut, in.² (mm²)
- F_{nt} = kekuatan tarik nominal baut dari *SNI Spesifikasi*, ksi (MPa)
- d_{eff} = tinggi penampang balok efektif, dihitung sebagai jarak titik berat antara kelompok baut dalam braket paling atas dan paling bawah, in. (mm)
- n_{cb} = jumlah baut kolom per Tabel 9.1

Langkah 7. Tentukan lebar sayap kolom minimum untuk mencegah keruntuhan tarik sayap:

$$b_{cf} \geq \frac{2[d_b + 1/8in.]}{\left(1 - \frac{R_y F_{yf}}{R_t F_{uf}}\right)} \quad (9.9-4)$$

$$b_{cf} \geq \frac{2[d_b + 3 \text{ mm}]}{\left(1 - \frac{R_y F_{yf}}{R_t F_{uf}}\right)} \quad (\text{SI})(9.9-4\text{M})$$

dengan

- b_{cf} = lebar sayap kolom, in. (mm)
- d_b = diameter baut sayap kolom, in. (mm)
- F_{yf} = tegangan leleh minimum terspesifikasi dari material sayap, ksi (MPa)
- F_{uf} = kekuatan tarik minimum terspesifikasi dari material sayap, ksi (MPa)
- R_y = rasio tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum terspesifikasi untuk material sayap
- R_t = rasio kekuatan tarik terekspektasi terhadap kekuatan tarik minimum yang disyaratkan untuk material sayap

Langkah 8. Periksa tebal sayap kolom minimum untuk mengeliminasi aksi ungkit:

$$t_{cf} \geq \sqrt{\frac{4,44r_{ut}b'}{\phi_d p F_y}} \quad (9.9-5)$$

dengan

- b' = $0,5 (g - k_1 - 0,5t_{cw} - d_b)$ (9.9-6)
- g = gage baut kolom, in. (mm)
- k_1 = jarak sumbu badan kolom ke ujung penebalan leher, in. (mm)
- p = panjang tributari tegak lurus tiap baut, in. (mm)
= 3,5 in. (88 mm) untuk W1.0/B1.0
= 5,0 in. (125 mm) untuk semua braket lainnya
- t_{cf} = tebal sayap kolom minimum yang diperlukan untuk mengeliminasi aksi ungkit, in. (mm)
- t_{cw} = tebal badan kolom, in. (mm)

Jika tebal sayap kolom terpilih lebih kecil dari yang disyaratkan untuk mengeliminasi aksi ungkit, pilih kolom dengan tebal sayap yang memenuhi atau perhitungkan gaya ungkit baut menurut Persamaan 9.9-2 pada Bab 9 AISC *Steel Construction Manual*.

Langkah 9. Tebal sayap kolom harus memenuhi persyaratan berikut ini untuk mengeliminasi pelat penerus:

$$t_{cf} \geq \sqrt{\frac{M_f}{\phi_d p F_{yf} d_{eff} Y_m}} \quad (9.9-7)$$

dengan

- Y_m = parameter mekanisme garis leleh sayap kolom sederhana
= 5,9 untuk W3.0/W3.1
= 6,5 untuk W2.0/W2.1/B2.1
= 7,5 untuk W1.0/B1.0

SNI 7972:2020

t_{cf} = tebal sayap kolom minimum yang diperlukan untuk mengeliminasi pelat penerus, in. (mm)

Langkah 10. Persyaratan pelat penerus

Untuk W14 dan kolom yang lebih kecil, pelat penerus tidak perlu ada jika Persamaan 9.9-7 terpenuhi. Untuk profil kolom yang lebih besar dari W14, pelat penerus harus disediakan.

Langkah 11. Jika braket dilas ke sayap kolom diteruskan ke Langkah 14; jika tidak, tentukan lebar sayap balok minimum untuk mencegah keruntuhan tarik sayap balok:

$$b_{bf} \geq \frac{2[d_b + 1/32 \text{ in.}]}{\left(1 - \frac{R_y F_{yf}}{R_t F_{uf}}\right)} \quad (9.9-8)$$

$$b_{bf} \geq \frac{2[d_b + 1 \text{ mm}]}{\left(1 - \frac{R_y F_{yf}}{R_t F_{uf}}\right)} \quad (\text{SI})(9.9-8\text{M})$$

dengan

b_{bf} = lebar sayap balok, in. (mm)
 d_b = diameter baut sayap balok, in. (mm)

Langkah 12. Hubungan yang berikut harus dipenuhi untuk kekuatan geser baut balok:

$$\frac{M_f}{\phi_n F_{nv} A_b d_{eff} n_{bb}} < 1,0 \quad (9.9-9)$$

dengan

F_{nv} = kekuatan geser nominal dari baut dari *SNI Spesifikasi*, ksi (MPa)
 n_{bb} = jumlah baut balok per Tabel 9.3

Langkah 13. Periksa sayap balok untuk blok geser dengan yang berikut:

$$\frac{M_f}{d_{eff}} \leq \phi_n R_n \quad (9.9-10)$$

dengan R_n adalah seperti didefinisikan dalam ketentuan blok geser Bab J *SNI Spesifikasi*.

Langkah 14. Jika braket yang dibaut ke sayap balok dilanjutkan ke Langkah 15. Jika tidak, hubungan yang berikut harus dipenuhi untuk pengikatan las filet dari braket ke sayap balok:

$$\frac{M_f}{\phi_n F_w d_{eff} \ell_w (0,707w)} < 1,0 \quad (9.9-11)$$

dengan

F_w = kekuatan desain las nominal per *SNI Spesifikasi*
 = $0,60 F_{EXX}$
 F_{EXX} = kekuatan klasifikasi metal pengisi, ksi (MPa)

L_{bb}	=	panjang braket per Tabel 9.3, in. (mm)	
ℓ	=	jarak overlap braket, in. (mm)	
	=	0 in. (0 mm) jika $b_{bf} \geq b_{bb}$	
	=	5 in. (125 mm) jika $b_{bf} < b_{bb}$	
ℓ_w	=	panjang las filet yang tersedia, in. (mm)	
	=	$2(L_{bb} - 2,5 \text{ in.} - \ell)$	(9.9-12)
	=	$2(L_{bb} - 64 \text{ mm} - \ell)$	(S.I.) (9.9-12M)
w	=	ukuran las filet minimum per Tabel 9.2, in. (mm)	

Langkah 15. Tentukan kekuatan geser yang diperlukan, V_u , dari sambungan balok dan badan balok-ke kolom dari:

$$V_u = \frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{gravitasi} \quad (9.9-13)$$

dengan

L_h	=	jarak antara lokasi sendi plastis, in. (mm)
$V_{gravitasi}$	=	gaya geser balok yang dihasilkan dari $1,2D + f_1L + 0,2S$ (dengan f_1 adalah suatu faktor beban ditentukan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku untuk beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5), kips (N)

Catatan Pengguna: Kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ memenuhi ASCE/SEI 7-16. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 untuk S (salju) ketika konfigurasi atap sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

Periksa kekuatan geser desain balok menurut Bab G *SNI Spesifikasi*.

Langkah 16. Desain sambungan badan balok ke kolom menurut Pasal 9.7.

Langkah 17. Periksa zona panel kolom menurut Pasal 9.4. Substitusikan tinggi penampang efektif, d_{eff} , dari balok dan braket untuk tinggi penampang balok, d .

Langkah 18. (Tambahan) Jika kolom adalah suatu konfigurasi boks, tentukan ukuran pelat ring baja antara sayap kolom dan braket seperti yang:

$$Z_x \geq \frac{M_f (b_{cf} - t_{cw} - g)}{4\phi_d F_y d_{eff}} \quad (9.9-14)$$

dengan

F_y	=	tegangan leleh minimum terspesifikasi dari material ring, ksi (MPa)
Z_x	=	modulus penampang plastis dari pelat ring, in. ³ (mm ³)
g	=	gage baut kolom, in. (mm)

10 Sambungan Momen ConXtech ConXL

Harap diperhatikan bahwa tipe sambungan ini dilindungi oleh hak paten. Standar ini tidak berhubungan dengan keabsahan klaim atau hak paten manapun yang berhubungan dengannya. Pemegang paten telah menyatakan kesediaan untuk memberikan lisensi dengan persyaratan dan ketentuan yang wajar dan tanpa diskriminasi kepada pengguna.

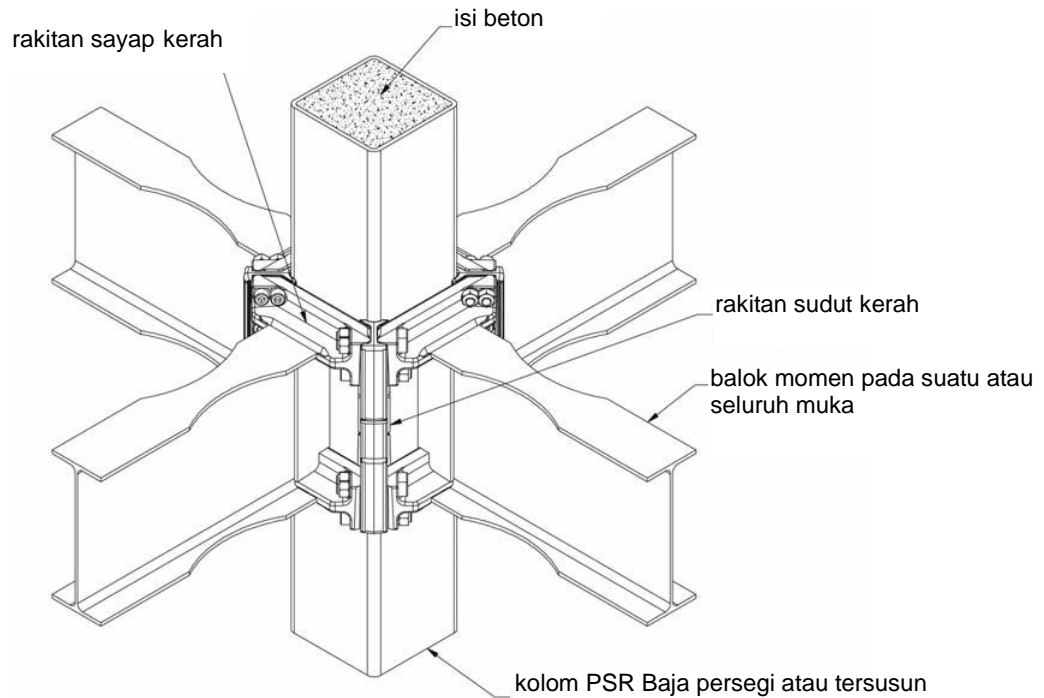
10.1 Umum

Sambungan momen ConXtech® ConXL™ memberikan sambungan berkekuatan-penuh, terkekang penuh dari balok WF pada PSR persegi 16 in. (400 mm) terisi beton atau kolom boks tersusun yang menggunakan rakitan kerah berbaut berkekuatan tinggi. Balok-balok dilas di bengkel ke rakitan sayap kerah dan dibaut di lapangan ke rakitan sudut kerah yang telah dilas di bengkel ke kolom. Balok-balok dapat berupa Penampang Balok Tereduksi (PBR) jika diperlukan untuk memenuhi kriteria kolom kuat/balok lemah. Sambungan ConXL dapat digunakan untuk sambungan momen ke kolom rangka ortogonal. Semua balok yang terhubung ke simpul ConXL (pertemuan balok dan kolom yang memikul momen) harus memiliki tinggi penampang nominal yang sama.

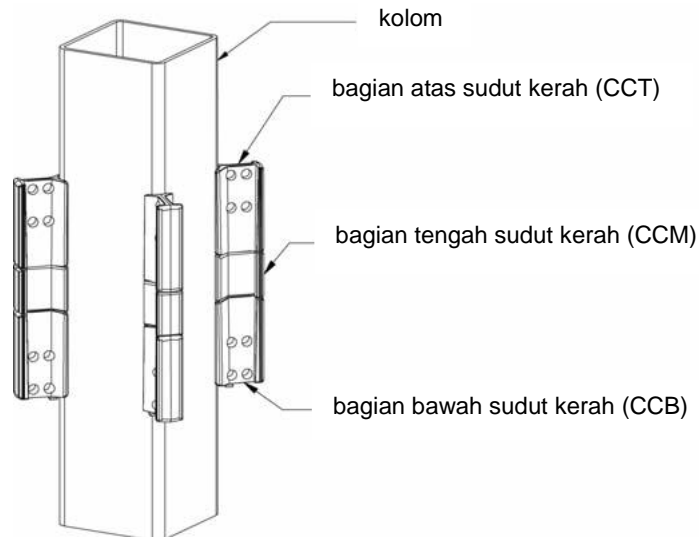
Gambar 10.1 memperlihatkan geometri sambungan dan komponen-komponen utama sambungan. Setiap rakitan kerah ConXL dibuat dari sudut-sudut kerah tertempa dan sayap kerah yang memenuhi persyaratan material Grade 50 (Grade 345) ASTM A572/A572M. Pada setiap titik kumpul ConXL di sana ada empat rakitan sudut kerah (Gambar 10.2), satu pada setiap sudut kolom tersusun persegi atau kolom PSR persegi. Setiap titik kumpul ConXL juga berisi empat rakitan sayap kerah (Gambar 10.3), satu untuk setiap muka kolom persegi. Setiap rakitan sayap kerah dapat berisi ujung sebuah balok momen yang dilas-bengkel ke rakitan sayap kerah. Kombinasi rakitan sudut kerah, rakitan sayap kerah, dan kolom persegi diisi-beton membentuk simpul ConXL.

Gambar 10.2 memperlihatkan rakitan sudut kerah. Rakitan sudut kerah terdiri dari bagian atas sudut kerah/*collar corner top* (CCT), bagian bawah sudut kerah/*collar corner bottom* (CCB); dan untuk tinggi penampang balok yang lebih besar dari 18 in. (460 mm), bagian tengah sudut kerah/*collar corner middle* (CCM).

* Konektor dan struktur yang diperlihatkan termasuk dalam paten-paten sebagai berikut: U.S. Pat. Nos.: 7,941,985; 6,837,016; 7,051,917; 7,021,020; Australia Pat. Nos. 2001288615; 2004319371; Canada Pat. Nos. 2,458,706; 2,564,195; China Pat. Nos. ZL 01 8 23730.4; ZL 2004 8 0042862.5; Japan Pat. Nos. 4165648; 4427080; Mexico Pat. Nos. 262,499; 275284; Hong Kong Pat. No. 1102268. Penundaan perlindungan paten Amerika Serikat dan negara lainnya.



Gambar 10.1. Sambungan momen ConXL terakit.



Gambar 10.2. Kolom dengan rakitan sudut kerah terpasang.

CCT, CCB dan CCM dilas gruv PJP satu sama lain untuk membentuk rakitan sudut kerah; rakitan tersebut kemudian dilas-sudut-bengkel ke sudut-sudut kolom persegi.

Gambar 10.3 memperlihatkan rakitan sayap kerah. Setiap rakitan sayap kerah terdiri dari bagian atas sayap kerah (*collar flange top* - CFT), bagian bawah sayap kerah (*collar flange bottom* - CFB) dan suatu perpanjangan badan kerah (*collar web extension* - CWX).

SNI 7972:2020

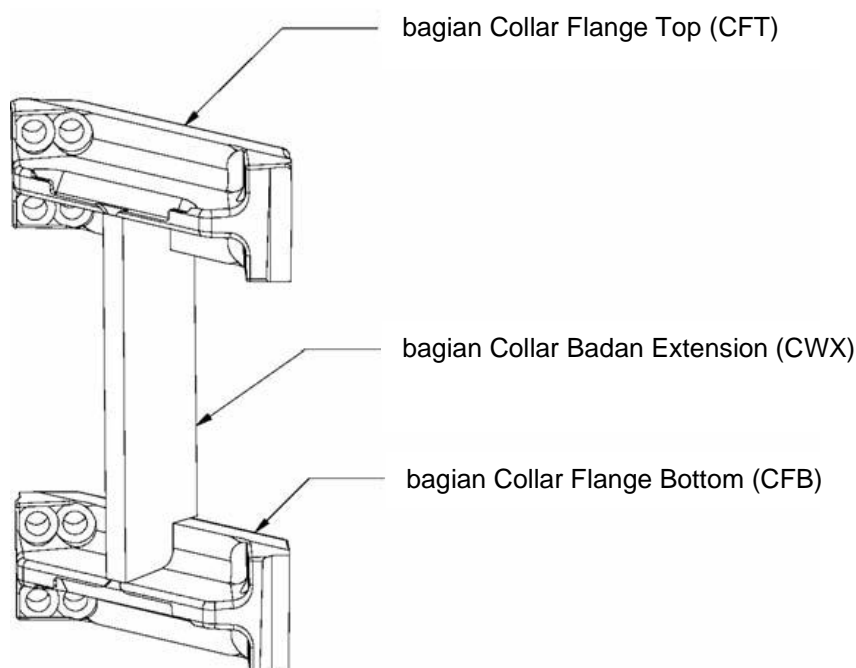
Jika suatu balok pada titik kumpul mensyaratkan suatu sambungan momen, CFT (atau CFB) diluruskan dengan dan dilas bengkel ke sayap bagian atas (atau bagian bawah) balok.

Badan balok tersambung momen juga dilas bengkel ke CWX. Jika balok pada titik kumpul tidak memerlukan suatu sambungan momen, ukuran sisa CWX tidak berubah dan sambungan pelat geser adalah dilas bengkel pada CWX untuk mengakomodasi balok nonmomen sehingga tidak perlu mencocokkan tinggi penampang nominal dari balok (balok-balok) tersambung-momen.

Jika balok tidak berada pada titik kumpul di muka kolom tertentu, CFT dan CFB diluruskan pada tinggi penampang nominal balok momen, dan CWX boleh dilampaui secara opsional.

Pasal 10.9 berisi gambar yang menunjukkan dimensi potongan individual.

Kolom-kolom dikirim ke proyek dengan rakitan sudut kerah yang dilas-bengkel ke kolom pada lokasi yang tepat. Balok-balok dikirim ke proyek dengan rakitan sayap kerah dilas-bengkel ke ujung-ujung balok. Saat perakitan rangka, rakitan sayap kerah dengan atau tanpa balok yang lebih direndahkan ke rakitan sudut kerah kolom. Bila seluruh empat muka kolom diisi dengan sayap-sayap kerah baut-baut kerah disisipkan dan dipratarikkan, dijepit dan ditekan secara efektif rakitan-rakitan sayap kerah dekat rakitan-rakitan sudut kerah dan kolom persegi.



Gambar 10.3. Rakitan sayap kerah

Gaya-gaya lentur sayap balok dalam momen balok-balok disalurkan ke rakitan-rakitan sayap kerah melalui las grav PJK. Sayap-sayap kerah menyalurkan gaya-gaya sayap balok tekan ke sudut-sudut kerah melalui lentur dari sayap kerah dan tumpuan langsung ke atas sudut-sudut kerah. Sayap kerah menyalurkan gaya-gaya tarik sayap balok dalam lentur ke baut-baut kerah pratarik. Baut-baut kerah menyalurkan gaya-gaya ini dalam tarik melalui sayap kerah ortogonal, yang mana kemudian menyalurkan gaya-gaya melalui baut-baut kerah bagian belakang yang dilampirkan ke sayap kerah pada muka yang berlawanan dari kolom. Gaya-gaya yang dikombinasikan ini yang kemudian disalurkan ke dinding-dinding kolom melalui suatu kombinasi dari tumpuan dan las-las filet yang mengikat sudut-sudut kerah ke kolom.

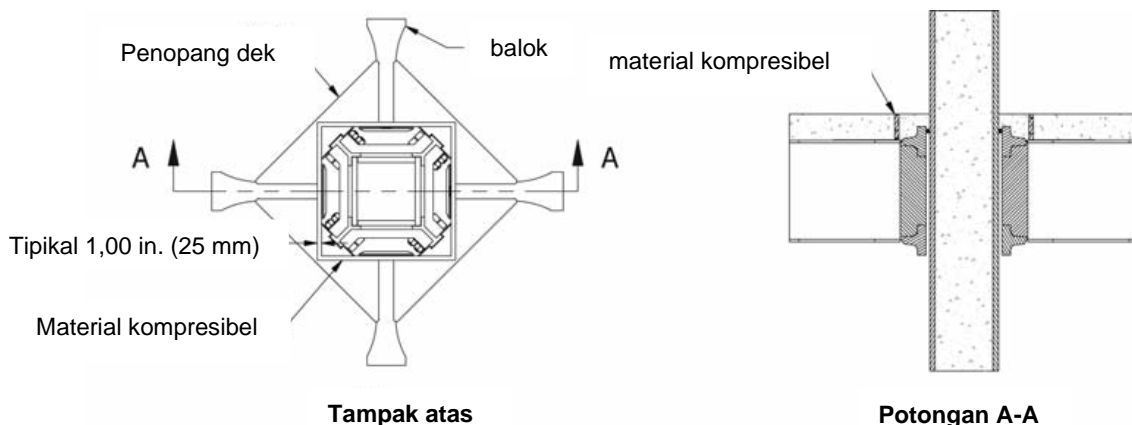
akhirnya, sebagian dari gaya-gaya ini disalurkan ke isi beton yang langsung kontak dengan dinding kolom.

Perilaku sambungan ini dikendalikan oleh pembentukan sendi plastis balok-balok yang berdekatan dengan rakitan kerah. Bila PBR digunakan, pelelehan dan formasi sendi plastis terjadi lebih dahulu di penampang balok tereduksi.

10.2 Sistem

Sambungan momen ConXL diprakualifikasikan untuk digunakan dalam sistem Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMT) dalam batas ketentuan-ketentuan ini. Sambungan momen ConXL diprakualifikasikan untuk digunakan dalam rangka penahan momen bidang atau dalam rangka penahan momen yang berpotongan ortogonal.

Sistem RMK ConXL dengan pelat beton struktural hanya diprakualifikasi jika terdapat joint fleksibel vertikal setidaknya tebal 1 in. (25 mm) yang ditempatkan pada pelat beton dekat rakitan kerah dan kolom seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 10.4.



Gambar 10.4. Penggunaan material kompresibel untuk mengisolasi pelat struktural dari sambungan.

10.3 Batas Prakualifikasi

10.3.1 Pembatasan Balok

Balok harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Balok berupa komponen struktur WF gilas atau profil-I tersusun yang memenuhi persyaratan Pasal 2.3.
- (2) Tinggi penampang balok dibatasi sampai profil berikut ini atau profil tersusun yang ekuivalen: W30, W27, W24, W21 and W18.
- (3) Tebal sayap balok maksimum 1 in. (25 mm).
- (4) Lebar sayap balok maksimum 12 in. (300 mm).

SNI 7972:2020

- (5) Rasio bentang bersih-terhadap-tinggi penampang balok dibatasi sebagai berikut:
 - (a) Untuk sistem RMK, 7 atau lebih besar.
 - (b) Untuk sistem RMT, 5 atau lebih besar.
- (6) Rasio lebar terhadap tebal untuk sayap dan badan balok harus memenuhi SNI *Ketentuan Seismik*. Nilai b_f digunakan untuk menentukan rasio lebar terhadap tebal dari balok dengan sistem PBR tidak boleh kurang dari lebar sayap pada pusat dua pertiga dari penampang tereduksi yang tersedia yang beban-beban gravitasinya tidak menggeser lokasi sendi plastis dalam jarak yang signifikan dari pusat penampang balok tereduksi.
- (7) Pembreisan lateral balok harus memenuhi SNI *Ketentuan Seismik*.

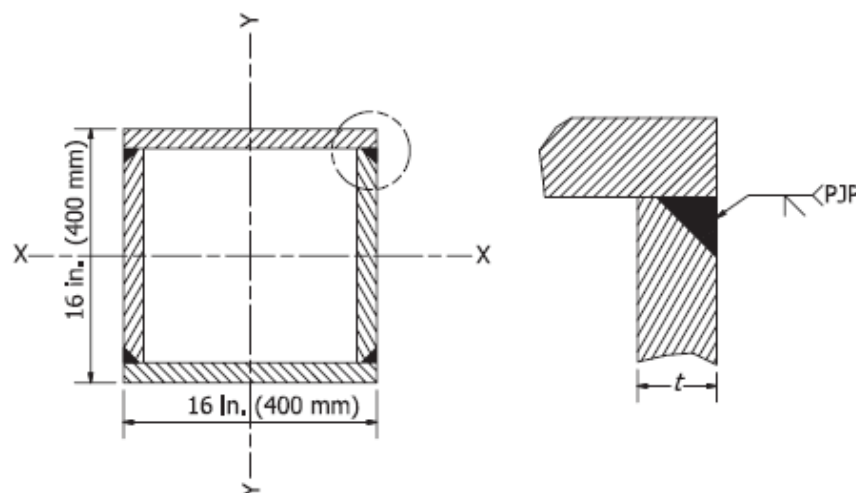
Pengecualian: Untuk sistem RMK dan RMT, ketika balok menumpu pelat beton struktural yang tersambung antar zona terlindung dengan konektor-konektor geser terlas berjarak maksimum 12 in. (300 mm) antar pusat, tambahan pembreisan pada sayap bagian atas dan bawah di sendi terekspektasi tidak diperlukan.

- (8) Untuk sambungan PBR, zona terlindung terdiri dari bagian rakitan sambungan dan balok antar muka kolom dan ujung terjauh dari penampang balok tereduksi. Untuk balok tanpa penampang balok tereduksi, zona terlindung terdiri dari bagian rakitan sambungan dan balok menjorok dari muka kolom ke suatu jarak d dari muka terluar sayap kerah.

10.3.2 Pembatasan Kolom

Kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Kolom berupa penampang PSR 16 in. (400 mm) persegi atau penampang boks tersusun 16 in. (400 mm) persegi yang diizinkan dalam Pasal 2.3.
- (2) Tidak ada batasan pada berat kolom per satuan panjang.
- (3) Tebal dinding kolom tidak boleh kurang dari 3/8 in. (10 mm). Tebal dinding kolom untuk kolom PSR tidak boleh kurang dari nominal 3/8 in. (10 mm).
- (4) Rasio lebar-terhadap-tebal untuk kolom harus memenuhi batas-batas yang berlaku untuk kolom komposit terisi beton dalam SNI *Ketentuan Seismik*.
- (5) Pembreisan lateral kolom harus memenuhi batas-batas yang berlaku dalam SNI *Ketentuan Seismik*.
- (6) Kolom harus terisi penuh dengan beton struktural dengan berat satuan tidak kurang dari 110 lb/ft³ (17 kN/m³). Beton harus memiliki kekuatan tekan 28 hari tidak kurang dari 3000 psi (21 MPa).
- (7) Sayap dan balok pada kolom boks tersusun harus disambung menggunakan las grav PJP dengan las grav berukuran tidak kurang $\frac{3}{4}$ dari tebal sambungan pelat yang sesuai dengan Gambar 10.5.



Gambar 10.5 Detail sambungan sayap-ke-badan pada kolom boks tersusun

10.3.3 Pembatasan Kerah

Penempatan kerah harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Penempatan kerah harus memenuhi persyaratan Lampiran B, Persyaratan Penempatan. Bagian penempatan harus memenuhi persyaratan bahan ASTM A572/A572M Grade 50 (Grade 345).
- (2) Bagian kerah tuang harus memenuhi persyaratan Lampiran A, Persyaratan Penuangan. Bagian penuangan harus memenuhi persyaratan ASTM A958/A958M Grade SC8620, kelas 80/50
- (3) Konfigurasi dan proporsi kerah harus memenuhi Pasal 10.9, Gambar Komponen ConXL.
- (4) Lubang-lubang baut sayap kerah harus 1/8 in. (3 mm) lebih besar dari diameter baut nominal. Lubang-lubang baut harus dibor.
- (5) Lubang-lubang baut sudut kerah harus 1/8 in. (3 mm) lebih besar dari diameter baut nominal. Lubang-lubang baut harus dibor.
- (6) Tebal material, jarak ke tepi, jarak ke ujung dan dimensi keseluruhan harus memiliki toleransi $\pm 1/16$ in. (2 mm).
- (7) Permukaan yang melekat harus dikerjakan oleh mesin dan memenuhi persyaratan untuk permukaan slip kritis Kelas A.

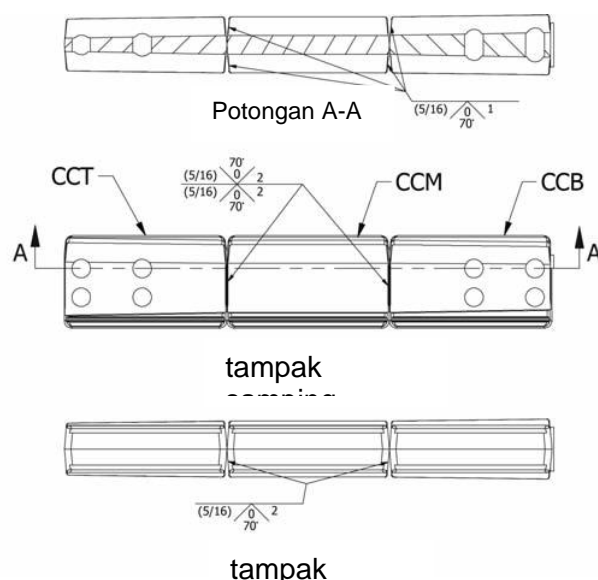
10.4 Pembatasan Sambungan Kerah

Sambungan kerah harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

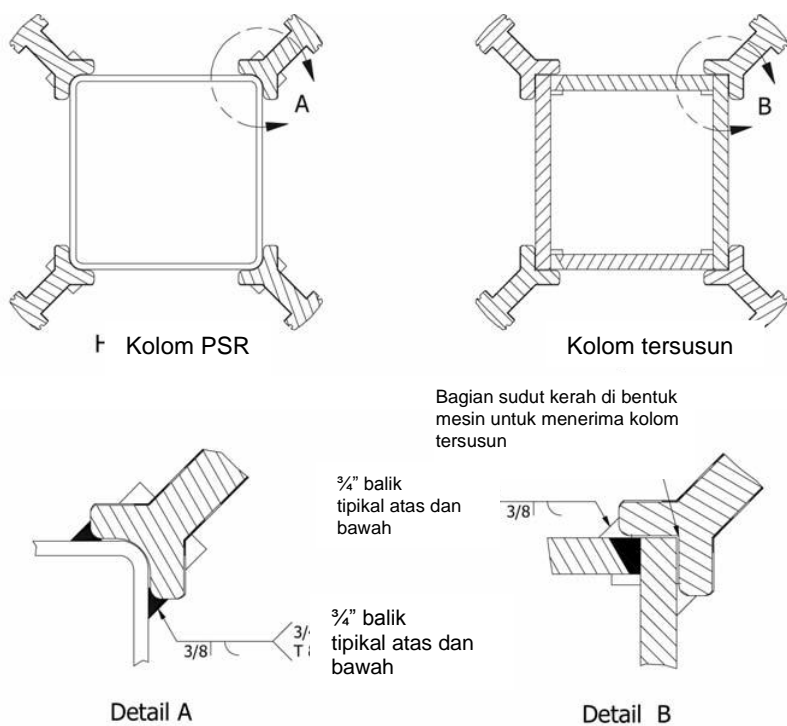
- (1) Baut-baut kerah harus baut kekuatan tinggi diameter 1¼ -in. (31,8 mm) berpratarik memenuhi ASTM A574 dengan ulir-ulir di luar bidang geser dan memenuhi persyaratan Pasal 4.2 dan 4.3.
- (2) Baut-baut kerah harus dipratarik memenuhi persyaratan baut ASTM F3125 ASTM A490 dalam RCSC *Specification*.

SNI 7972:2020

- (3) Pengelasan bagian CCT, CCM dan CCB membentuk rakitan sudut kerah harus terdiri dari las-las gruv PJP per Gambar 10.5
- (4) Pengelasan rakitan sudut kerah ke kolom harus berupa las-las gruv *flare bevel* dengan perkuatan las filet 3/8 in. (10 mm) seperti pada Gambar 10.7
- (5) Sayap-sayap kerah harus dilas ke potongan CWX dengan las filet 5/16 in. (8 mm), setiap sisi seperti pada Gambar 10.8



Gambar 10.6. Pengelasan rakitan sudut kerah.



Gambar 10.7. Rakitan sudut kerah ke las kolom, lihat rencana.

- (6) Balok harus dilas ke rakitan sayap kerah dengan las-las gruv PJK per Gambar 10.9

10.5 Pembatasan Sambungan Badan Balok ke Kerah

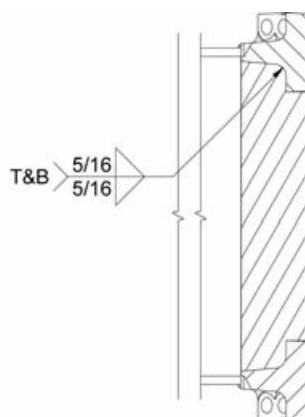
Sambungan badan balok ke kerah harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Kekuatan geser perlu dari sambungan badan balok harus ditentukan memenuhi Pasal 10.8.
- (2) Badan balok dilas ke CWX dengan las filet pada kedua-sisinya. Las filet harus diukur untuk mengembangkan kekuatan geser perlu dari sambungan.

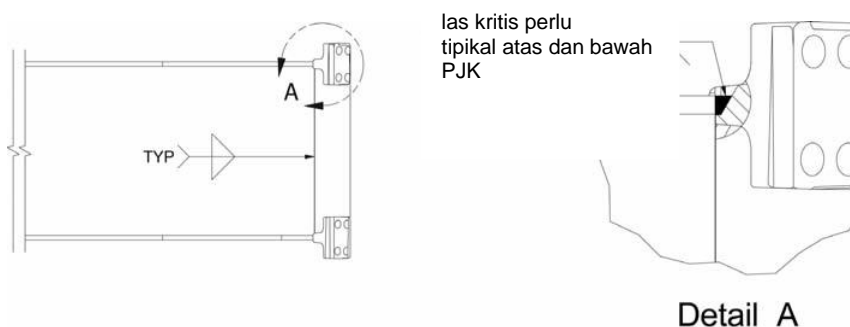
10.6 Pembatasan Pengelasan Sayap Balok ke Sayap Kerah

Pengelasan balok ke sayap kerah harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Lubang-lubang akses las tidak diizinkan. Akses pengelasan ke sayap bagian atas dan sayap bagian bawah harus disediakan dengan merotasi balok untuk memungkinkan las gruv PJK dalam posisi datar (Posisi 1G per AWS D1.1).



Gambar 10.8. Perpanjangan badan kerah ke las kerah sayap, tampak samping.



Gambar 10.9. Rakitan las sayap kerah ke balok, tampak samping.

- (2) Las sayap balok ke sayap kerah harus dibuat dengan las gruv PJK dalam area persiapan las dari sayap kerah. Penguatan las filet 5/16-in. (8 mm) harus ditempatkan pada sisi belakang las gruv PJK. Las sayap PJK harus memenuhi persyaratan untuk las-las kritis perlu dalam SNI *Ketentuan Seismik* dan AWS D1.8 dan pada persyaratan AWS D1.1.

10.7 Pembatasan Hubungan Kolom Balok

Sambungan balok ke kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Zona panel harus memenuhi persyaratan yang berlaku dalam SNI *Ketentuan Seismik*.

SNI 7972:2020

- (2) Rasio momen kolom-balok harus dibatasi sebagai berikut:
- (a) Untuk sistem RMK, rasio momen kolom balok di setiap sumbu utama harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik* yang mempertimbangkan penyaluran simultan momen-momen plastis terekspektasi dalam balok-balok tersambung-momen yang merangka ke semua sisi-sisi titik kumpul ConXL.
 - (b) Untuk sistem RMT, rasio momen kolom balok harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.

10.8 Prosedur Desain

Langkah 1. Hitung momen maksimum yang mungkin terjadi pada sendi plastis, M_{pr} , menurut Pasal 2.4.3.

$$M_{pr} = C_{pr}R_yF_yZ_e \tag{2.4-1}$$

dengan

$$C_{pr} = \frac{F_y + F_u}{2F_y} \leq 1,2 \text{ (untuk balok PBR)} \tag{2.4-2}$$

- C_{pr} = 1,1 (untuk balok non-PBR)
- R_y = rasio tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum terspesifikasi, F_y , seperti disyaratkan SNI *Ketentuan Seismik*
- F_y = tegangan leleh minimum terspesifikasi dari elemen pelelehan, ksi (MPa)
- F_u = kekuatan tarik minimum terspesifikasi dari elemen pelelehan, ksi (MPa)
- Z_e = modulus penampang plastis efektif dari penampang pada lokasi sendi plastis, in.³ (mm³)

Untuk balok-balok dengan pemotongan PBR, sendi plastis harus diasumsikan terjadi pada pusat penampang tereduksi sayap balok. Untuk balok-balok tanpa pemotongan PBR, sendi plastis harus diasumsikan terjadi pada suatu jarak $d/2$ dari muka terluar kerah (lihat Gambar 10.9) dengan d adalah tinggi penampang balok.

Langkah 2. Hitung gaya geser, V_h , pada lokasi sendi plastis pada setiap ujung balok.

Gaya geser pada setiap lokasi sendi plastis harus ditentukan dari suatu diagram *free body* dari bagian balok antara lokasi sendi plastis. Perhitungan ini harus mengasumsikan bahwa momen pada pusat sendi plastis adalah M_{pr} dan harus memperhitungkan beban gravitasi bekerja pada balok-balok antara sendi-sendi plastis menurut persamaan:

$$V_h = \frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{gravitasi} \tag{10.8-1}$$

dengan

- L_h = jarak antara lokasi sendi plastis, in. (mm)
- $V_{gravitasi}$ = gaya geser balok yang dihasilkan dari $1,2D + f_1L + 0,2S$ (dengan f_1 adalah faktor beban ditentukan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku untuk beban-beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5), kips (N)

Catatan Pengguna: Kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ memenuhi *ASCE/SEI 7-16*. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 untuk S (salju) ketika konfigurasi atap sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

Bila beban terpusat berada pada balok antara titik-titik persendian plastis mereka harus dipertimbangkan menggunakan perhitungan standar statis bila penghitungan geser balok dan menggunakan kombinasi beban yang sama.

Langkah 3. Konfirmasikan bahwa kolom adalah cukup untuk memenuhi kondisi kolom kuat-balok lemah biaksial. Untuk tujuan pemenuhan persyaratan ini, maka harus diizinkan mengambil kekuatan leleh material kolom seperti disyaratkan F_y dan mempertimbangkan perilaku komposit penuh dari kolom untuk beban aksial dan aksi lentur.

Catatan Pengguna: Nilai terspesifikasi F_y tidak perlu nilai minimum yang dihubungkan dengan kelas baja jika spesifikasi proyek mensyaratkan kekuatan leleh minimum yang lebih tinggi.

Nilai $\sum M_{pb}^*$ terhadap masing-masing sumbu harus diambil sama dengan $\sum (M_{pr} + M_v)$, dengan M_{pr} dihitung menurut Persamaan 2.4.3-1, dan dengan M_v adalah momen tambahan akibat geser balok yang bekerja pada jarak dari titik sendi plastis yang diasumsikan ke sumbu kolom. M_v pada setiap sisi kolom dapat dihitung sebesar $V_h s_h$, dengan V_h adalah geser pada titik sendi plastis teoritis, dihitung menurut Persamaan 10.8-1 dan s_h adalah jarak dari titik sendi plastis yang diasumsikan ke sumbu kolom.

Untuk balok dengan potongan Penampang Balok Tereduksi (PBR), jarak s_h harus diambil sebagai jarak dari pusat kolom ke pusat penampang tereduksi sayap balok. Untuk balok tanpa potongan PBR, jarak s_h harus diambil sebagai jarak dari pusat kolom ke titik setengah tinggi penampang balok ($d/2$) dari muka terluar kerah (lihat Gambar 10.9).

Nilai $\sum M_{pc}^*$ di setiap sumbu harus diambil sebagai:

$$\sum M_{pc}^* = M_{pcu}^* + M_{pcl}^* + \frac{\sum M_{pb}^*}{(H_u + H_l)} d \quad (10.8-2)$$

dengan

- M_{pcu}^* = kekuatan nominal momen plastis dari kolom di atas simpul, terhadap sumbu yang ditinjau dengan memperhitungkan beban aksial dan beban di sumbu transversal yang bekerja secara bersamaan, kip-in. (N-mm)
- M_{pcl}^* = kekuatan nominal momen plastis dari kolom di bawah simpul, terhadap sumbu yang ditinjau dengan memperhitungkan beban aksial dan beban di sumbu transversal yang bekerja secara bersamaan, kip-in. (N-mm)
- H_u = tinggi tingkat di atas simpul, in. (mm)
- H_l = tinggi tingkat di bawah simpul, in. (mm)

Untuk profil dengan properti yang sama pada kedua sumbu, diizinkan mengambil M_{pcu}^* dan M_{pcl}^* sebagai:

$$\sum M_{pcu}^* = M_{pcl}^* = 0,67 Z_c F_y \left(1 - \frac{P_u}{A_s F_y + 0,85 A_c f_c'} \right) \quad (10.8-3)$$

dengan

- A_c = luas beton dalam kolom, in.² (mm²)
- A_s = luas baja dalam kolom, in.² (mm²)
- f_c' = kekuatan tekan terspesifikasi dari isi beton, ksi (MPa)

SNI 7972:2020

- P_u = beban aksial yang bekerja pada kolom di penampang yang ditinjau menurut kombinasi pembebanan yang sesuai yang disyaratkan oleh peraturan bangunan gedung, tetapi tanpa memperhitungkan beban seismik teramplifikasi, kips (N)
- Z_c = modulus penampang plastis kolom di salah satu sumbu, in.³ (mm³)

Langkah 4. Hitung momen pada baut-baut kerah untuk setiap balok:

$$M_{baut} = M_{pr} + V_h S_{baut} \tag{10.8-4}$$

dengan

- M_{baut} = momen pada baut kerah, kip-in. (N-mm)
- S_{baut} = jarak dari pusat sendi plastis ke titik berat baut kerah, in. (mm) seperti diberikan oleh persamaan:

$$= \frac{t_{collar}}{2} + a + \frac{b}{2} \quad (\text{untuk balok PBR}) \tag{10.8-5}$$

$$= \frac{t_{collar}}{2} + \frac{d}{2} \quad (\text{untuk balok non-PBR}) \tag{10.8-6}$$

- a = jarak dari muka terluar kerah ke potongan PBR, in. (mm)
- b = panjang potongan PBR, in. (mm)
- t_{kerah} = jarak dari muka kolom ke muka terluar kerah, diambil sebagai 7 1/8 in. (181 mm) seperti di ilustrasikan dalam Gambar 10.10

Langkah 5. Periksa sehingga gaya sayap balok tidak melebihi kekuatan tarik tersedia baut pada sambungan sayap. Hubungan yang berikut harus dipenuhi untuk kekuatan tarik baut kerah:

$$\frac{r_{ut}}{\phi_d R_{pt}} = \frac{r_{ut}}{102} \leq 1,0 \tag{10.8-7}$$

$$\frac{r_{ut}}{\phi_d R_{pt}} = \frac{r_{ut}}{454\,000} \leq 1,0 \tag{(SI)(10.8-7M)}$$

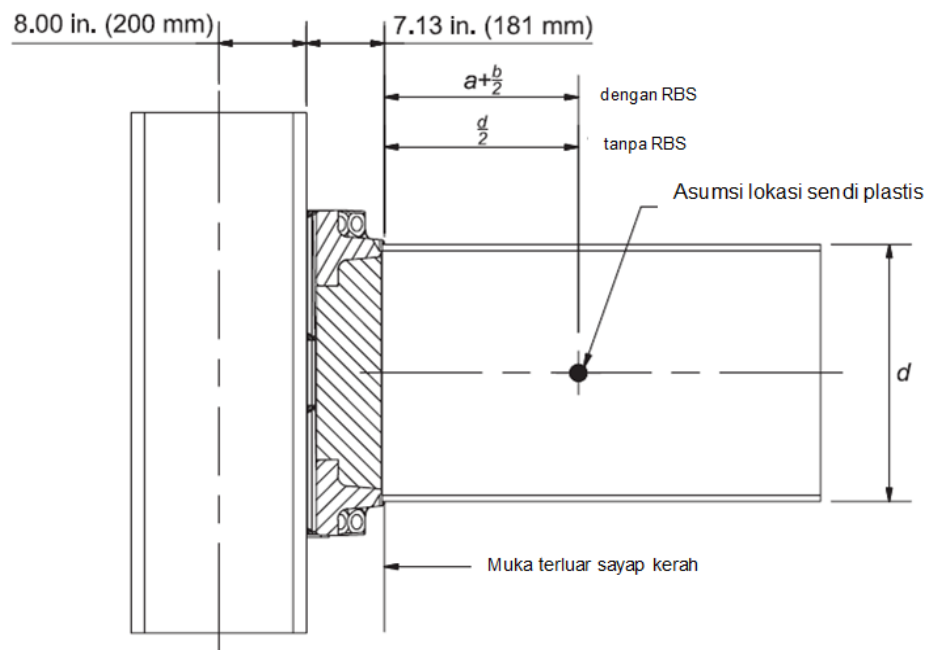
dengan

- r_{ut} = kekuatan tarik baut kerah yang diperlukan, kips (N)

$$= \frac{M_{baut}}{n_{cf} d \sin 45^\circ} = 0,177 \frac{M_{baut}}{d} \tag{10.8-8}$$

- n_{cf} = jumlah baut kerah setiap sayap kerah
 $= 8$
- R_{pt} = pratarik baut minimum, kips (N)

Langkah 6: Hitung V_{baut} , geser maksimum yang mungkin terjadi pada baut kerah, sama dengan geser pada sendi plastis, V_h , ditambah tambahan beban gravitasi antara sendi plastis dan pusat sayap kerah, dengan menggunakan kombinasi beban Langkah 2. Pastikan bahwa V_{baut} kurang dari kritis slip, ketahanan slip tersedia baut Kelas A memenuhi *SNI Spesifikasi* dan gunakan faktor ketahanan, ϕ , sama dengan satu.



Gambar 10.10. Asumsi lokasi sendi plastis.

Catatan Pengguna: Perhatikan bahwa untuk baut ASTM A574 1¼ in. (31,8 mm) nilai T_b adalah sama dengan untuk baut ASTM A490 1¼ in. (31,8 mm) dan memiliki suatu nilai 102 kips (454 kN).

Langkah 7: Hitung V_{cf} , kemungkinan geser maksimum pada muka sayap kerah, sama dengan geser pada sendi plastis, V_h , ditambah tambahan beban gravitasi antara sendi plastis dan muka terluar sayap kerah menggunakan kombinasi beban Langkah 2.

Periksa kekuatan geser desain balok memenuhi persyaratan *SNI Spesifikasi* berlawanan dengan V_{cf} .

Langkah 8: Tentukan ukuran las filet perlu yang menyambungkan badan balok ke Perpanjangan Badan Kerah (*Collar Web Extension/CWX*) menggunakan hubungan yang berikut:

$$t_f^{CWX} \geq \frac{\sqrt{2}V_{cf}}{\phi_n F_w \ell_w^{CWX}} \leq 1,0 \quad (10.8-9)$$

dengan

- t_f^{CWX} = ukuran las filet yang diperlukan untuk menghubungkan setiap sisi badan balok ke CWX, in. (mm)
- F_w = kekuatan desain las nominal per *SNI Spesifikasi* $0,60F_{EXX}$, ksi (MPa)
- ℓ_w^{CWX} = panjang total las filet yang tersedia pada CWX, in. (mm), diambil sebagai 54 in. (1370 mm) untuk profil W30 (W760); 48 in. (1220 mm) untuk profil W27 (W690); 42 in. (1070 mm) untuk profil W24 (W610); 36 in. (914 mm) untuk profil W21 (W530); dan 30 in. (760 mm) untuk profil W18 (W460)

Langkah 9: Hitung V_f , kemungkinan geser maksimum pada muka kolom, sama dengan geser pada sendi plastis, V_h , ditambah tambahan beban gravitasi antara sendi plastis dan muka kolom dengan menggunakan kombinasi beban Langkah 2.

Menentukan ukuran las filet yang menyambungkan rakitan sudut kerah ke kolom menggunakan hubungan yang berikut:

$$t_f^{CC} \geq \frac{\sqrt{2}V_f}{\phi_n F_w \ell_w^{CC}} \quad (10.8-10)$$

dengan

- t_f^{CC} = ukuran las filet yang diperlukan untuk menghubungkan rakitan sudut kerah ke kolom, in. (mm)
- ℓ_w^{CC} = panjang total dari las filet yang tersedia pada rakitan sudut kerah, in. (mm), diambil sebagai 72 in. (1830 mm) untuk profil W30 (W760); 66 in. (1680 mm) untuk profil W27 (W690), 60 in. (1520 mm) untuk profil W24 (W610); 54 in. (1370 mm) untuk profil W21 (W530), dan 48 in. (1220 mm) untuk profil W18 (W460)

Langkah 10: Tentukan kekuatan geser yang diperlukan dari zona panel kolom, R_u^{pz} , menggunakan hubungan yang berikut:

$$R_u^{pz} = \frac{\sum(M_{pr} + V_h s_f)}{d} - V_{col} \quad (10.8-11)$$

dengan

$$\begin{aligned} V_{col} &= \text{geser kolom, kips (N)} \\ &= \frac{\sum(M_{pr} + V_h s_h)}{H} \end{aligned} \quad (10.8-12)$$

$$\begin{aligned} R_u^{pz} &= \text{kekuatan geser zona panel yang diperlukan, kips (N)} \\ s_f &= \text{jarak dari pusat sendi plastis ke muka kolom, in. (mm)} \\ &= t_{collar} + a + \frac{b}{2} \text{ (balok PBR)} \end{aligned} \quad (10.8-13)$$

$$= t_{collar} + \frac{d}{2} \text{ (balok non-PBR)} \quad (10.8-14)$$

$$\begin{aligned} s_h &= \text{jarak dari pusat sendi plastis ke pusat kolom, in. (mm), diberikan oleh persamaan:} \\ &= \frac{d_{col}}{2} + t_{collar} + a + \frac{b}{2} \text{ (balok PBR)} \end{aligned} \quad (10.8-15)$$

$$= \frac{d_{col}}{2} + t_{collar} + \frac{d}{2} \text{ (balok non-PBR)} \quad (10.8-16)$$

$$H = \frac{H_u + H_\ell}{2} \quad (10.8-17)$$

$$d_{col} = \text{tinggi penampang kolom, in. (mm)}$$

Langkah 11: Tentukan kekuatan geser zona panel desain nominal, ϕR_n^{pz} , menggunakan hubungan yang berikut:

$$\phi R_n^{pz} = \phi_d 0,6 F_y A_{pz} \quad (10.8-18)$$

dengan

$$A_{pz} = 2d_{col} t_{col} + 4(d_{leg}^{CC} t_{leg}^{CC}) \quad (10.8-19)$$

$$d_{leg}^{CC} = \text{tinggi penampang efektif dari kaki rakitan sudut kerah, diambil sebagai } 3\frac{1}{2} \text{ in. (89 mm)}$$

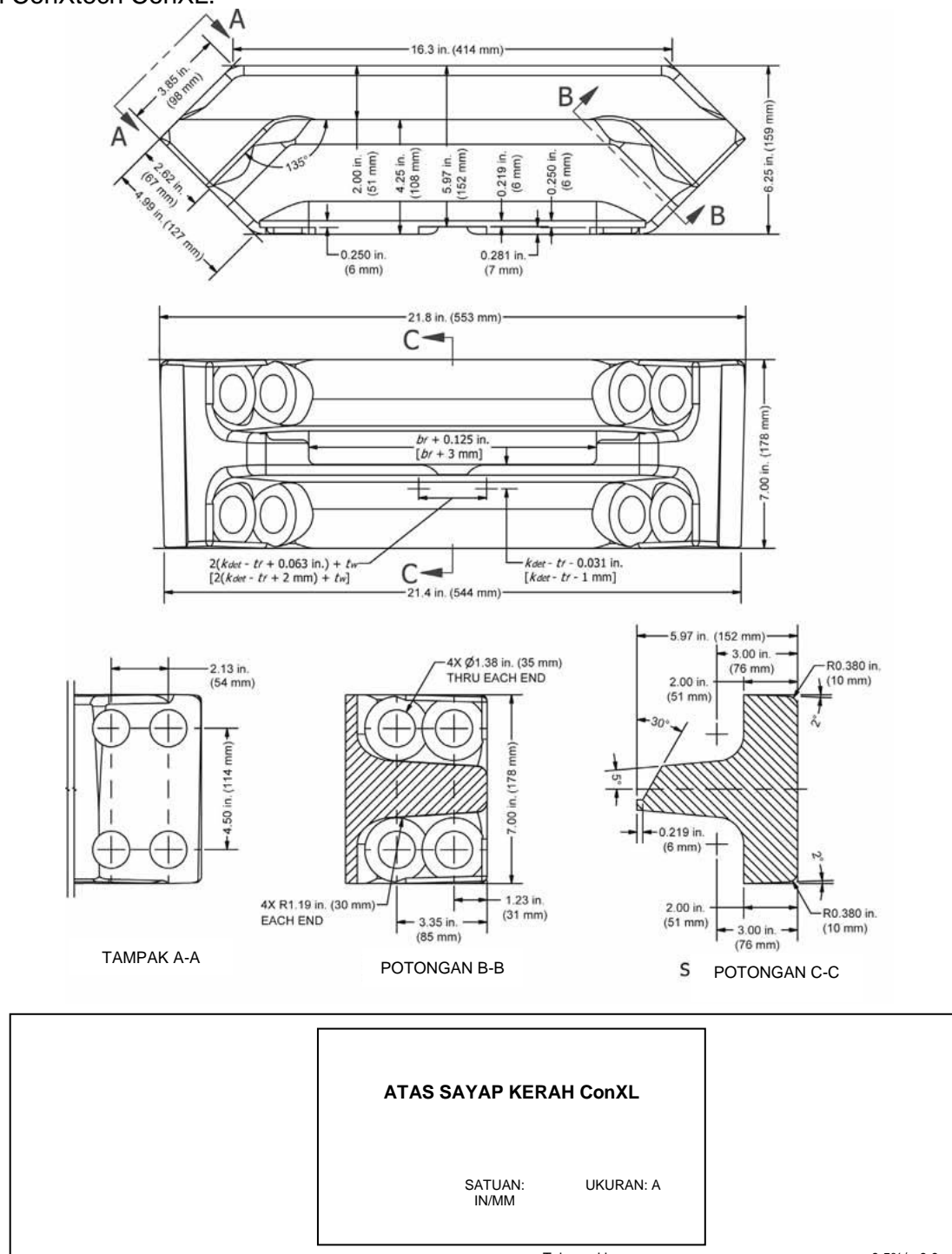
$$t_{col} = \text{tebal dinding PSR atau kolom boks tersusun, in. (mm)}$$

t_{leg}^{CC} = tebal efektif dari kaki rakitan sudut kerah, diambil sebagai 1/2 in. (13 mm)

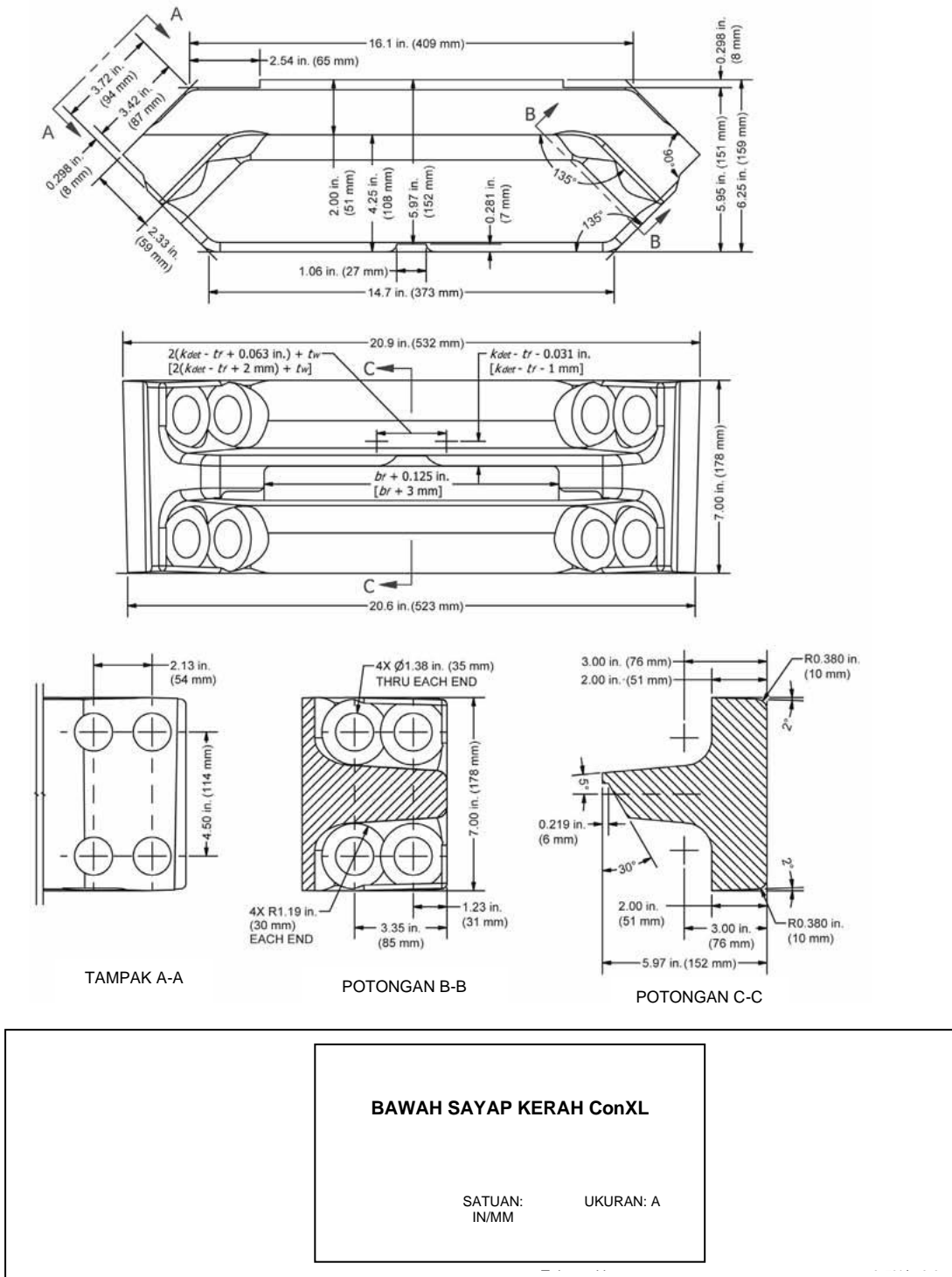
Catatan Pengguna: Jika kekuatan perlu melebihi kekuatan tersedia desainer boleh menambah profil kolom dan/atau mengurangi kekuatan penampang balok meyakinkan bahwa semua kriteria desain lainnya dipenuhi.

10.9 Bagian Penggambaran

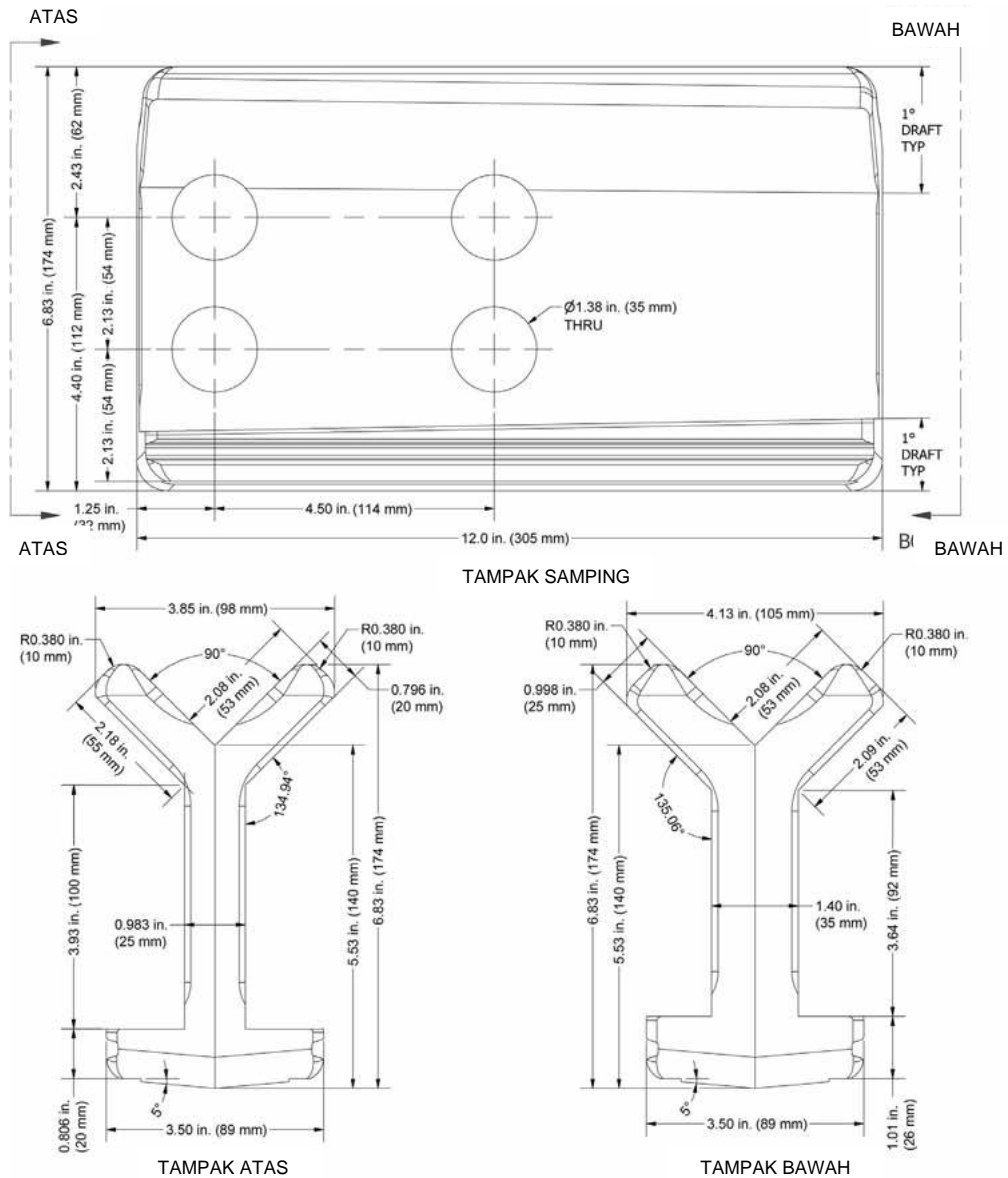
Gambar 10.11 sampai 10.19 memberi petunjuk dimensi dari berbagai komponen sambungan momen ConXtech ConXL.



Gambar 10.11. Bagian atas sayap Kerah (CFT).

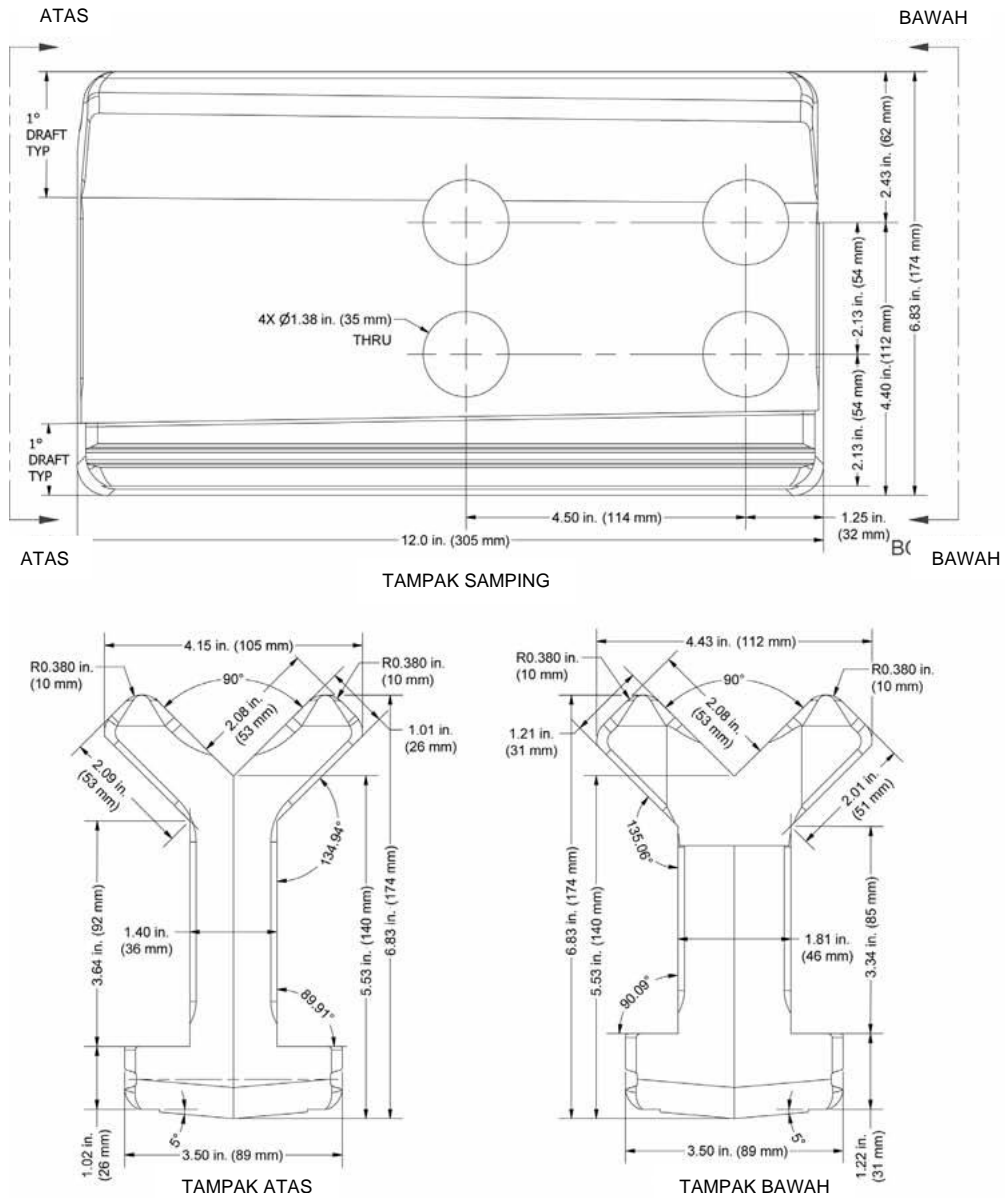


Gambar 10.12. Bagian bawah sayap kerah / Collar Flange Bottom (CFB).



BAGIAN ATAS SUDUT KERAH ConXL		CATATAN	
		Deskripsi	Nilai toleransi
UNIT: IN/MM		TOLERANSI PENEMPAAN	+/- 0,3%
UKURAN: A		TOLERANSI KEAUSAN	+ 0,5%/- 0,0
		TOLERANSI PABRIK	+/- 0,020

Gambar 10.13. Bagian atas sudut kerah / Collar Corner Top (CCT).

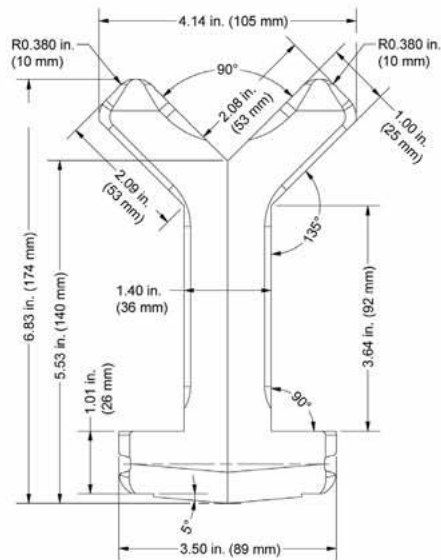


BAGIAN BAWAH SUDUT KERAH ConXL SATUAN: IN/MM UKURAN: A	CATATAN	
	Deskripsi	Nilai toleransi
	TOLERANSI PENEMPAAN	+/- 0,3%
	TOLERANSI KEAUSAN	+ 0,5% / - 0,0
	TOLERANSI PABRIK	+/- 0,020

Gambar 10.14. Bagian bawah sudut kerah / Collar Corner Bottom (CCB).



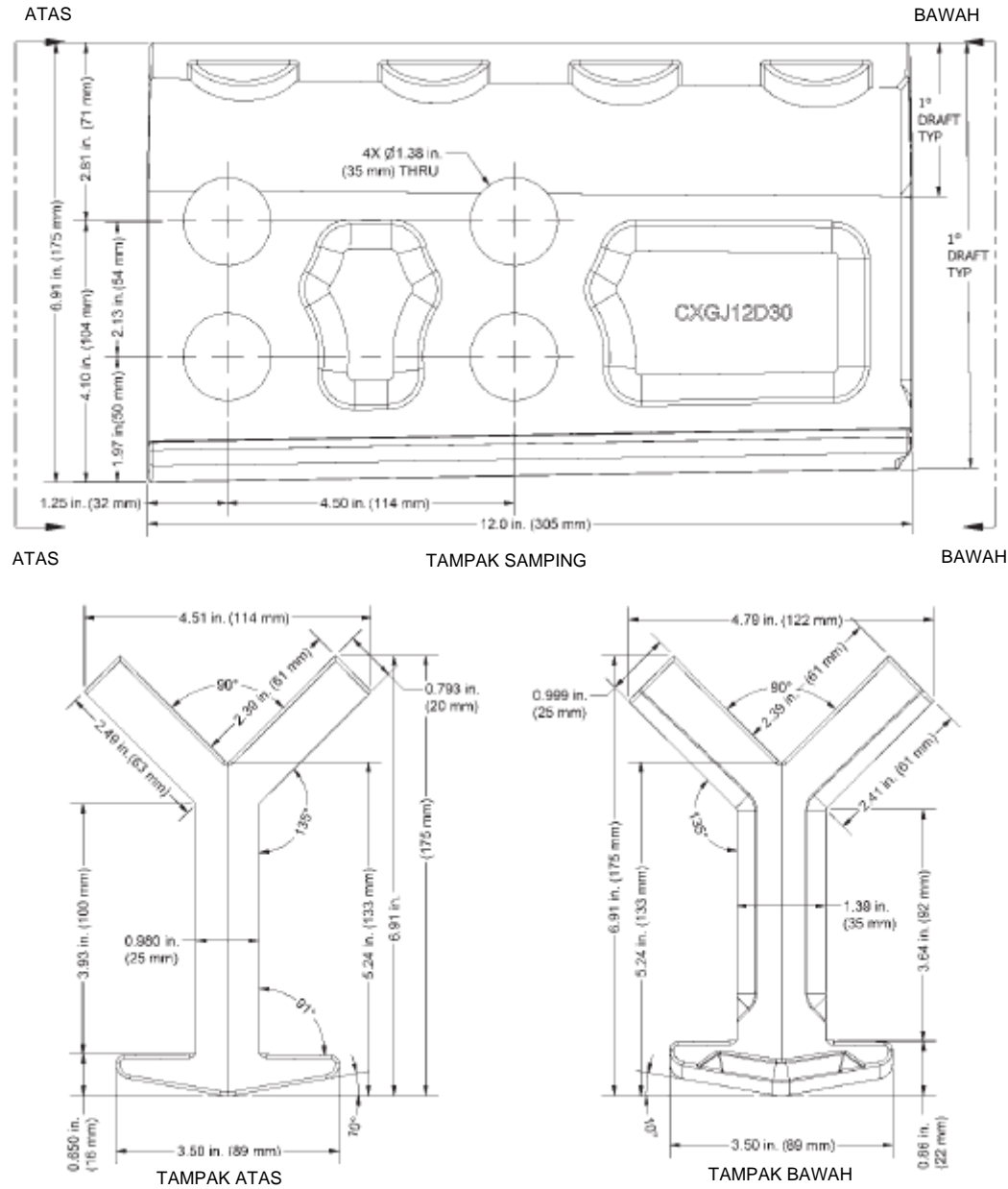
TAMPAK SAMPING



TAMPAK ATAS

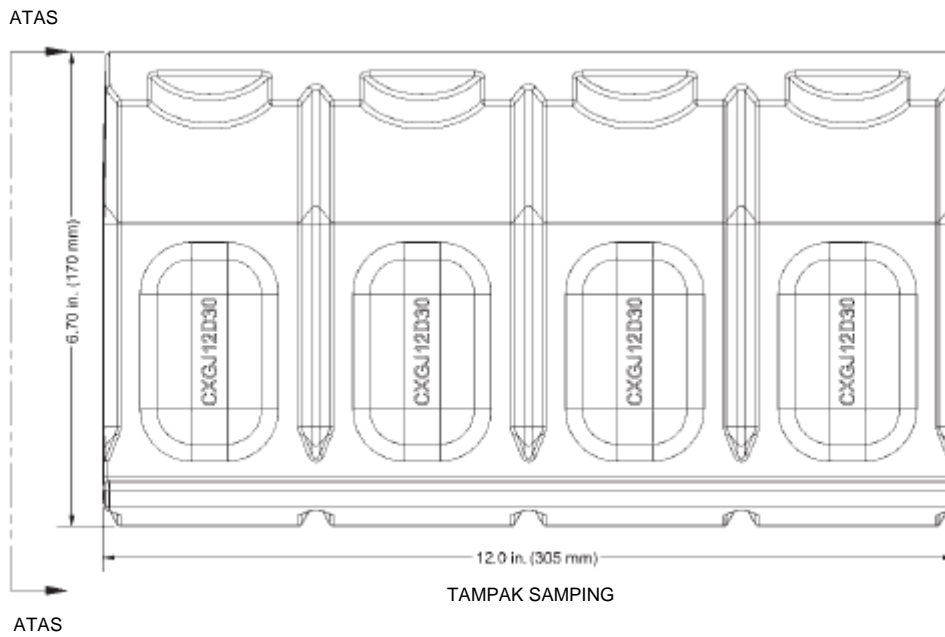
BAGIAN TENGAH SUDUT KERAH ConXL		CATATAN	
		Deskripsi	Nilai Toleransi
SATUAN: IN	UKURAN: A	TOLERANSI PENEMPAAN	+/- 0,3%
		TOLERANSI KEAUSAN	+ 0,5% / - 0,0
		TOLERANSI PABRIK	+/- 0,020

Gambar 10.15. Bagian tengah sudut kerah/Collar Corner Middle (CCM).

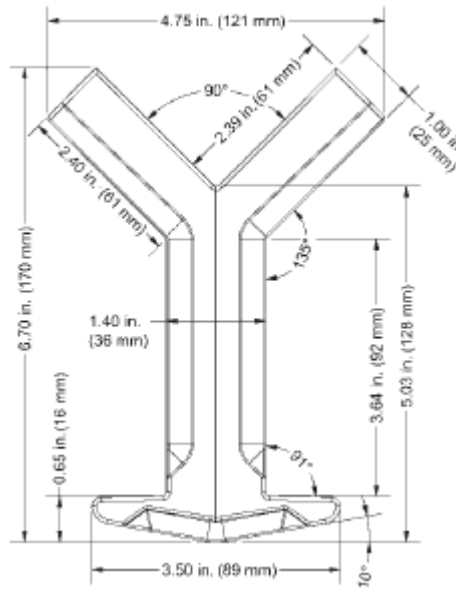


BAGIAN ATAS SUDUT KERAH ConXL		CATATAN	
		Deskripsi	Nilai Toleransi
		TOLERANSI PENEMPAAN	+/- 0,3%
SATUAN: IN	UKURAN: A	TOLERANSI KEAUSAN	+ 0,5% / - 0,0
		TOLERANSI PABRIK	+/- 0,020

Gambar 10.16. Bagian atas sudut kerah/Cast collar corner top (CCT).



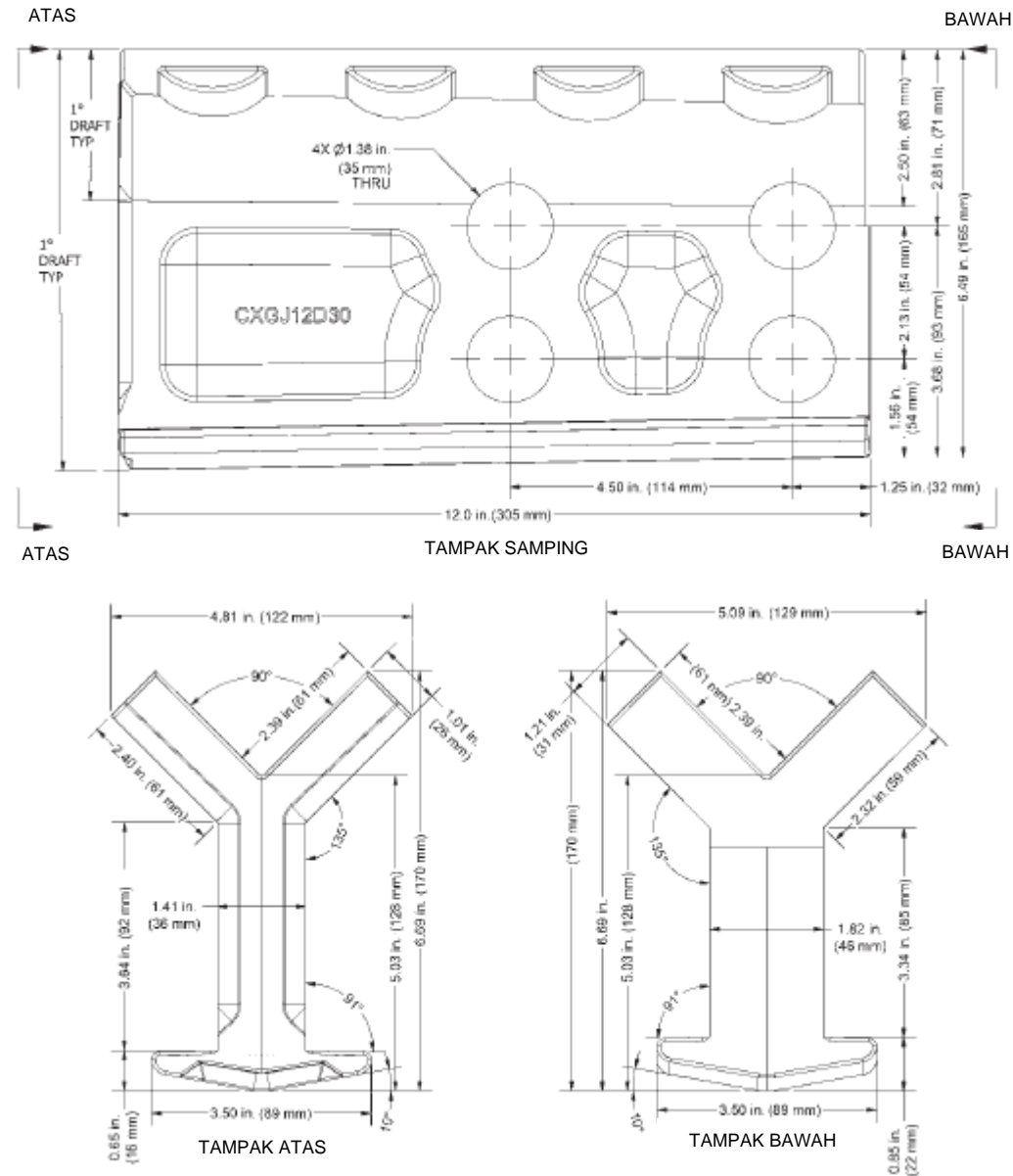
ATAS



TAMPAK ATAS

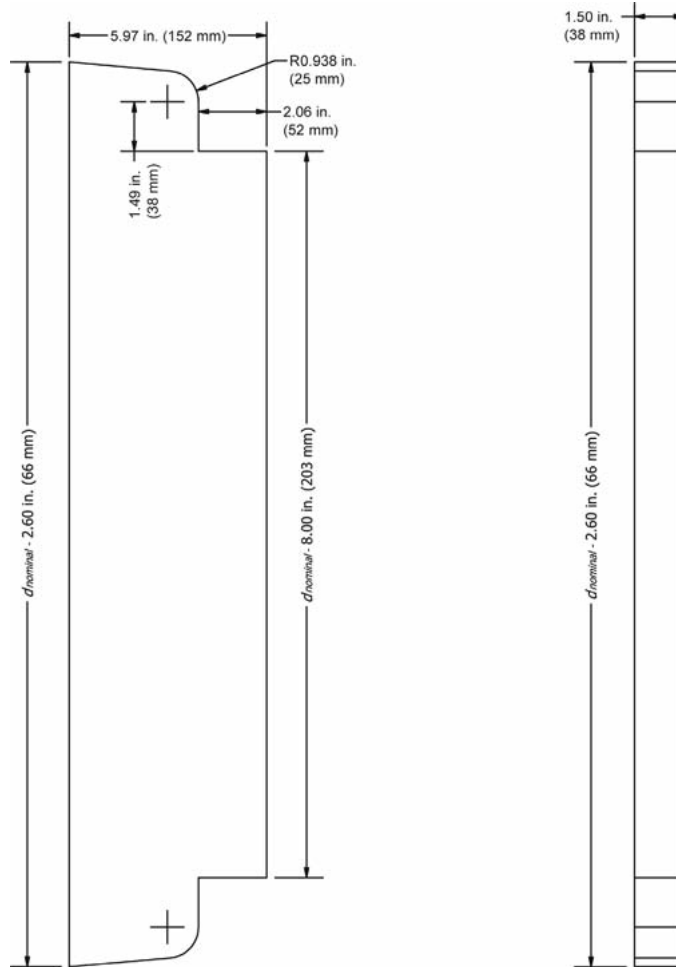
BAGIAN TENGAH SUDUT KERAH ConXL		CATATAN	
		Deskripsi	Nilai Toleransi
		TOLERANSI PENEMPAAN	+/- 0,3%
SATUAN: IN	UKURAN: A	TOLERANSI KEAUSAN	+ 0,5% / - 0,0
		TOLERANSI PABRIK	+/- 0,020

Gambar 10.17. Bagian tengah sudut kerah/Cast collar corner middle (CCM).



BAGIAN BAWAH SUDUT KERAH ConXL		CATATAN	
SATUAN: IN UKURAN: A		Deskripsi	Nilai Toleransi
		TOLERANSI PENEMPAAN	+/- 0,3%
		TOLERANSI KEAUSAN	+ 0,5% / - 0,0
		TOLERANSI PABRIK	+/- 0,020

Gambar 10.18. Bagian bawah sudut kerah/Cast collar corner bottom (CCB).



PERPANJANGAN BADAN KERAH ConXL		Item <i>d</i>	CATATAN Deskripsi	Nilai Toleransi
SATUAN: IN	UKURAN: A		TEBAL SAYAP BALOK	TB
			TOLERANSI PEMOTONGAN	+ 0,0 / - 0,030

Gambar 10.19. Perpanjangan Badan Kerah (Collar Badan Extension/CWX).

11 Sambungan Momen *SidePlate*

Harap diperhatikan bahwa tipe sambungan ini dilindungi oleh hak paten. Standar ini tidak berhubungan dengan keabsahan klaim atau hak paten manapun yang berhubungan dengannya. Pemegang paten telah menyatakan kesediaan untuk memberikan lisensi dengan persyaratan dan ketentuan yang wajar dan tanpa diskriminasi kepada pengguna.

11.1 Umum

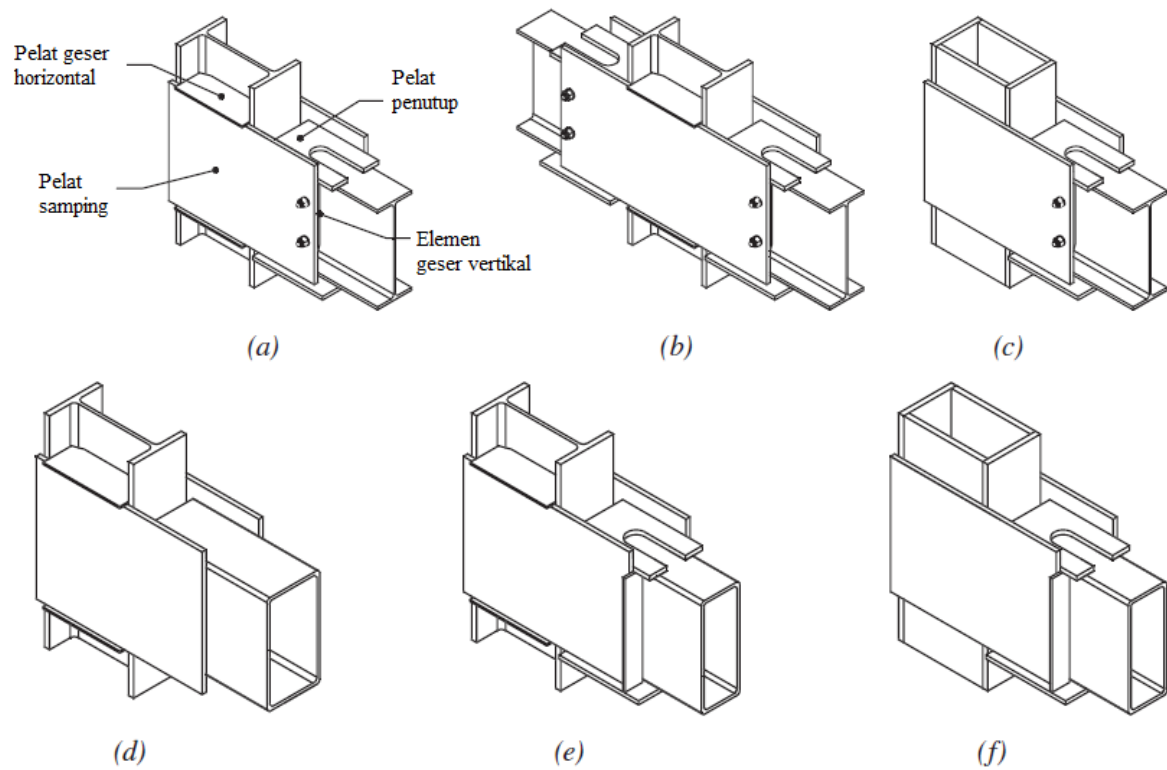
Sambungan momen *SidePlate*[®] menggunakan pelat yang saling tersambung untuk menghubungkan balok ke kolom. Sambungan ini memiliki pemisahan fisik, atau celah, antara muka sayap kolom dan ujung balok. Pilihan antara sambungan las di lapangan dan sambungan baut di lapangan tersedia di dalam bab ini. Balok dapat berupa profil WF gilas atau WF tersusun atau profil struktural berongga (PSR). Kolom dapat berupa profil WF gilas atau WF tersusun atau, PSR untuk konfigurasi uniaksial. Profil silang tersusun yang terdiri dari profil gilas atau tersusun dari pelat dapat juga digunakan sebagai kolom untuk konfigurasi biaksial. Gambar 11.1, 11.2 dan 11.3 menunjukkan berbagai konfigurasi sambungan uniaksial yang menggunakan sambungan las di lapangan dan sambungan baut di lapangan. Opsi sambungan baut di lapangan tersedia dalam dua konfigurasi, yang disebut sebagai konfigurasi A (standar) dan konfigurasi B (sempit), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.3.

Pada sambungan las di lapangan, pelat penutup sayap atas dan bawah balok (baik yang berbentuk persegi maupun berbentuk U) digunakan pada ujung balok, sebagaimana berlaku, yang juga berfungsi untuk menjembatani perbedaan antara lebar sayap balok dan kolom. Sambungan balok ke kolom dilakukan dengan pelat sisi sejajar dengan ketinggian penuh yang mengapit dan menghubungkan balok dan kolom bersama-sama. Pada sambungan baut di lapangan, sayap balok dihubungkan ke pelat samping dengan pelat penutup atau profil siku ganda dan baut pratarik kekuatan tinggi seperti ditunjukkan pada Gambar 11.2 dan 11.3. Pelat geser horisontal pada kolom dan elemen geser vertikal pada balok (atau pelat geser) masing-masing melekat pada kolom WF dan badan balok.

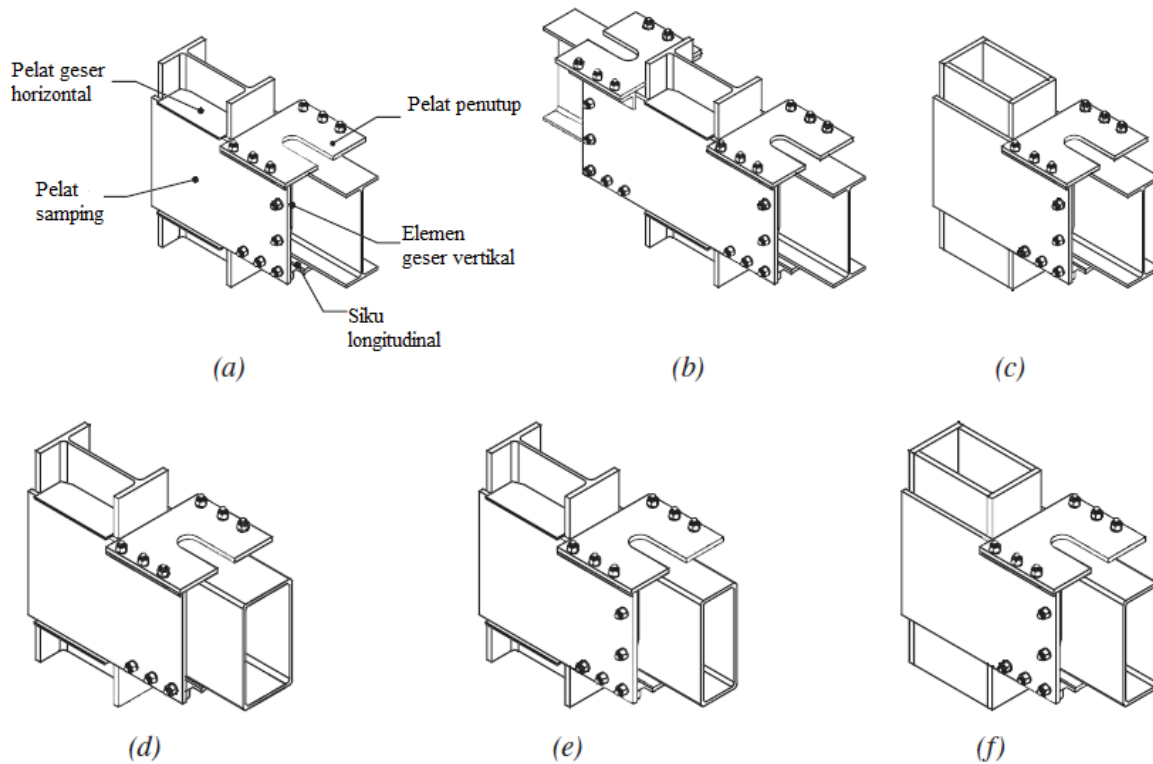
Gambar 11.4 menunjukkan geometri sambungan dan komponen utama sambungan untuk sambungan las di lapangan dengan konfigurasi uniaksial. Gambar 11.5 menunjukkan geometri sambungan dan komponen utama sambungan untuk sambungan las di lapangan dengan konfigurasi biaksial, yang mengizinkan untuk menghubungkan hingga empat buah balok ke sebuah kolom. Sambungan baut di lapangan juga diizinkan dalam konfigurasi biaksial.

Sambungan momen *SidePlate* diproporsikan untuk mendapatkan kapasitas momen maksimum yang mungkin terjadi dari balok yang terhubung. Pembentukan sendi plastis dimaksudkan untuk terjadi terutama pada balok di luar ujung pelat samping jauh dari permukaan kolom, dengan kelelahan terbatas yang terjadi pada beberapa elemen sambungan.

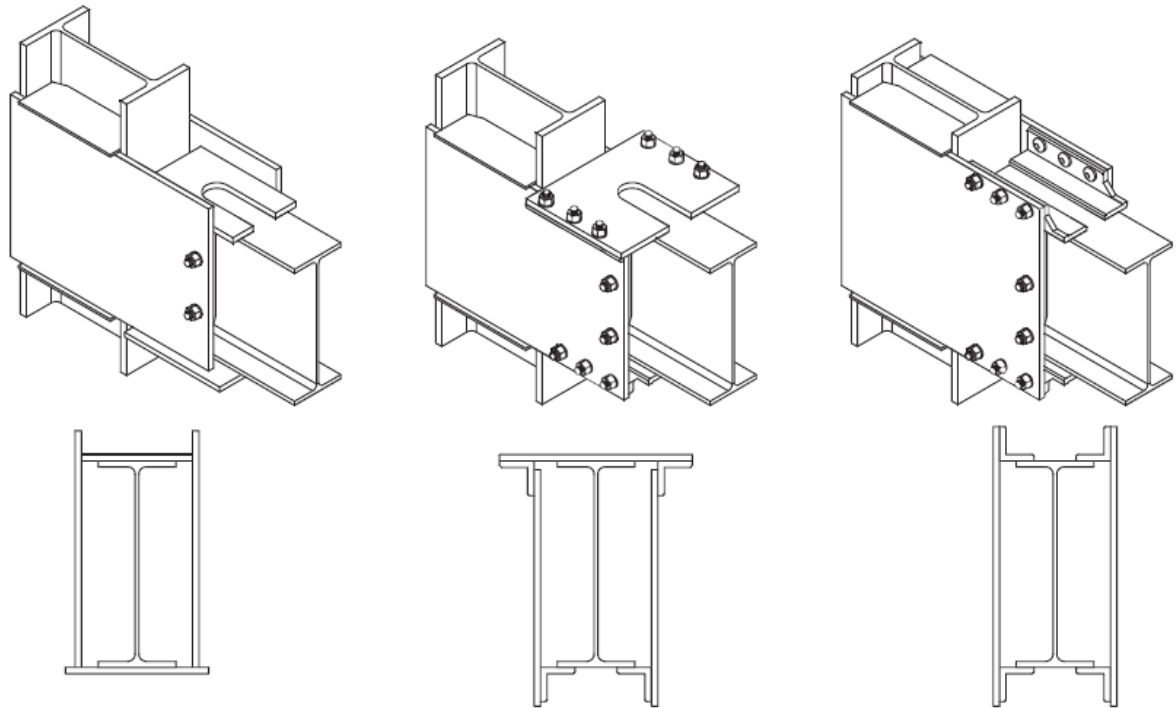
Catatan Pengguna: Rangka momen yang memanfaatkan sambungan *SidePlate* dapat menggunakan salah satu dari tiga metode, yaitu metode perakitan balok dengan bentang penuh (konfigurasi *SidePlate FRAME*), metode perakitan balok tautan (konfigurasi asli *SidePlate*), dan metode prefabrikasi penuh di bengkel. Metode-metode ini dijelaskan dalam *Commentary AISC 358-16*.



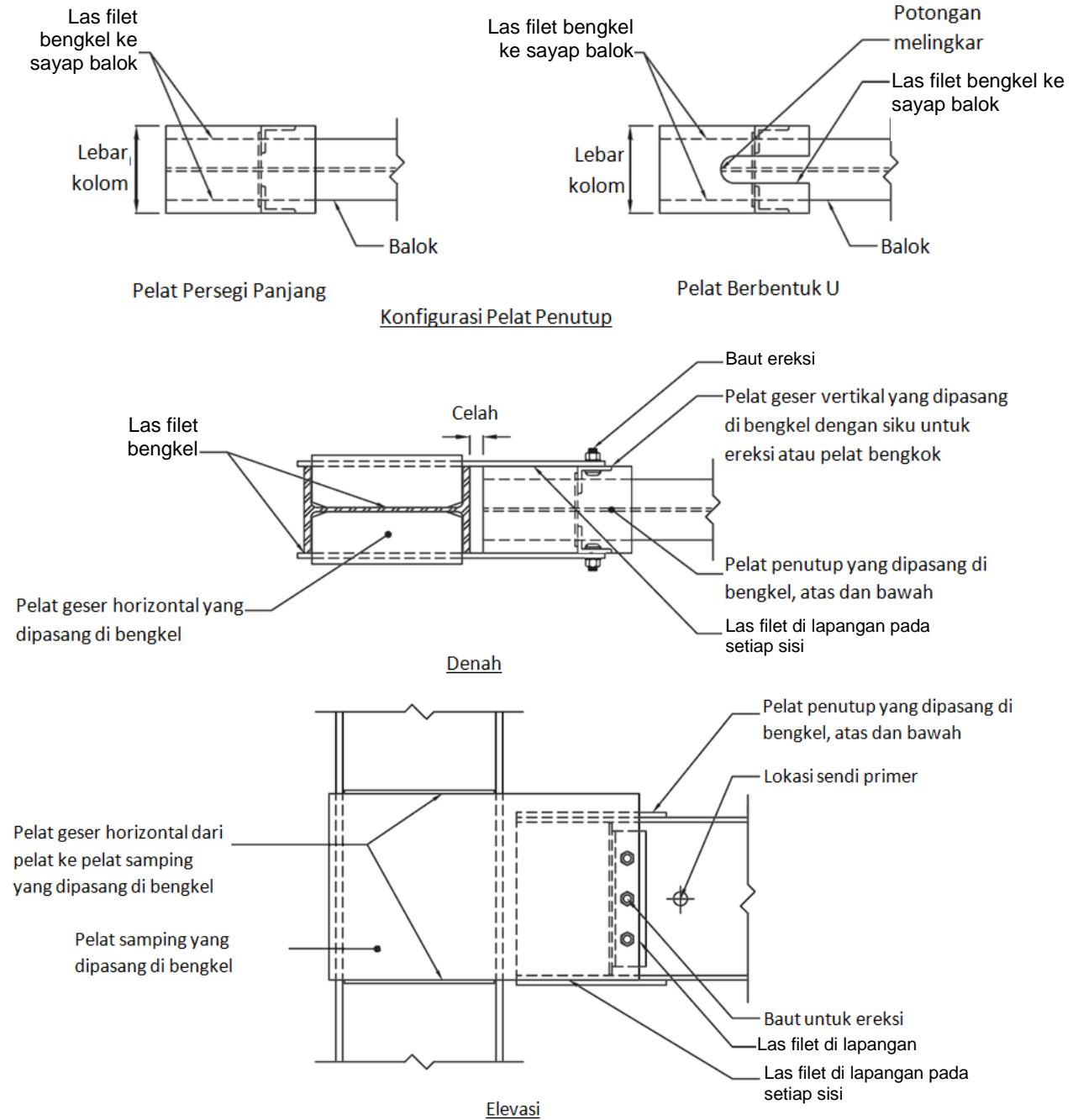
Gambar 11.1. Konfigurasi SidePlate uniaksial dengan sambungan las di lapangan:
(a) konstruksi balok satu sisi ke kolom WF;
(b) konstruksi balok dua sisi ke kolom WF;
(c) balok WF ke kolom PSR atau profil kotak tersusun;
(d) Balok PSR tanpa pelat penutup ke kolom WF;
(e) Balok PSR dengan pelat penutup ke kolom WF; dan
(f) Balok PSR dengan pelat penutup ke kolom PSR atau profil kotak tersusun.



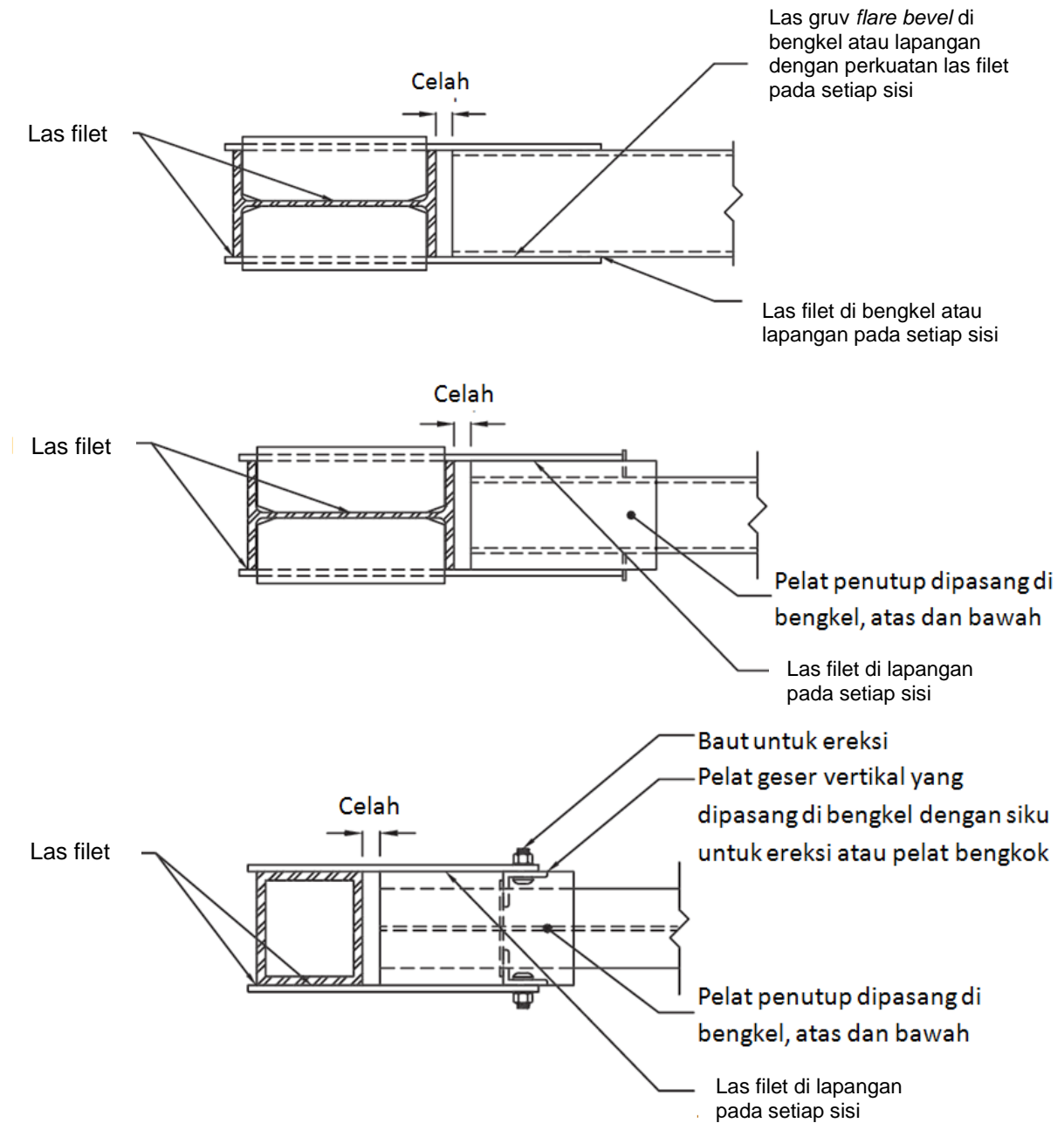
Gambar 11.2. Konfigurasi standar SidePlate uniaksial dengan sambungan baut di lapangan (konfigurasi A):
(a) konstruksi balok satu sisi ke kolom WF;
(b) konstruksi balok dua sisi ke kolom WF;
(c) balok WF ke kolom PSR atau profil kotak tersusun;
(d) balok PSR ke kolom WF;
(e) Balok PSR dengan pelat penutup ke kolom WF; dan
(f) Balok PSR dengan pelat penutup ke kolom PSR atau profil kotak tersusun.



Gambar 11.3 Perbandingan sambungan SidePlate dengan las di lapangan dan dengan baut di lapangan: (a) sambungan las di lapangan tipikal; (b) sambungan standar baut di lapangan (konfigurasi A); dan (c) sambungan sempit baut di lapangan (konfigurasi B).



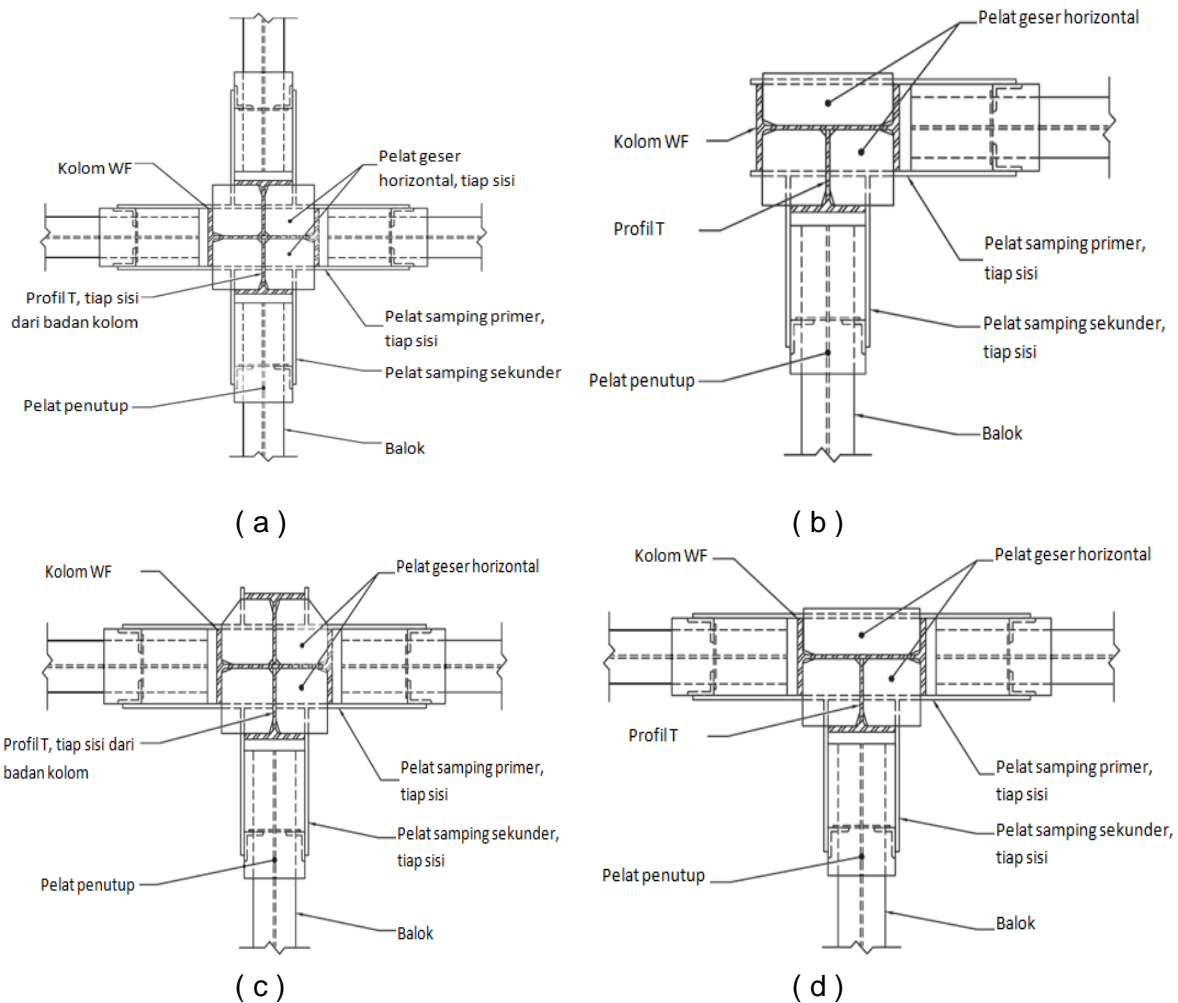
Gambar 11.4(a). Konfigurasi geometris dan komponen utama sambungan SidePlate uniaksial: balok WF tipikal ke kolom WF, detail, denah dan elevasi



Gambar 11.4(b-d). Konfigurasi geometri dan komponen utama sambungan SidePlate uniaksial: (b) Balok PSR tanpa pelat penutup ke kolom WF, denah; (c) balok PSR dengan pelat penutup ke kolom WF, denah; dan (d) balok WF ke kolom profil kotak tersusun, denah.

11.2 Sistem

Sambungan momen *SidePlate* dikualifikasikan untuk digunakan dalam sistem rangka momen khusus (RMK) dan sistem rangka momen menengah (RMT) dalam batas-batas ketentuan ini. Sambungan momen *SidePlate* dikualifikasikan untuk digunakan dalam rangka pemikul momen bidang dan portal pemikul momen berpotongan orthogonal (konfigurasi biaksial, mampu menghubungkan hingga empat balok pada sebuah kolom), seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 11.5.



Gambar 11.5 Denah konfigurasi sambungan *SidePlate* biaksial sumbu kuat ganda:
(a) konfigurasi kolom WF empat sisi;
(b) konfigurasi kolom sudut WF dua sisi dengan profil WT tunggal;
(c) konfigurasi kolom WF tiga sisi dengan profil WT ganda (primer); dan
(d) konfigurasi kolom WF tiga sisi dengan profil WT tunggal.

11.3 Batas Prakuilifikasi

11.3.1 Pembatasan Balok

Balok harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Balok haruslah profil WF gilas, PSR, atau profil-I tersusun yang memenuhi persyaratan Pasal 2.3. Tebal sayap balok dibatasi hingga maksimum 2,5 in. (63 mm).
- (2) Tinggi balok untuk profil WF gilas harus dibatasi hingga W40 (W1000) untuk sambungan las di lapangan dan W44 (W1100) untuk sambungan baut di lapangan. Ketinggian balok WF tersusun tidak boleh melebihi tinggi yang diizinkan untuk profil WF gilas.
- (3) Tinggi balok untuk PSR harus dibatasi sebagai berikut.
 - (a) Untuk RMK, HSS 14 (PSR 356) atau lebih kecil.
 - (b) Untuk RMT, HSS 16 (PSR 406) atau lebih kecil.
- (4) Balok WF gilas atau tersusun harus memiliki berat yang dibatasi hingga 302 lb/ft (449 kg/m) untuk sambungan las di lapangan dan 400 lb/ft (595 kg/m) untuk sambungan baut di lapangan. Luas sayap balok untuk sambungan baut di lapangan harus dibatasi maksimum hingga 36 in.² (22900 mm²).
- (5) Rasio bentang balok antara kedua sendi, L_h , terhadap tinggi balok, d , dibatasi sebagai berikut:
 - (a) Untuk sistem RMK, L_h/d dibatasi sebesar :
 - 6 atau lebih untuk pelat penutup persegi panjang.
 - 4,5 atau lebih untuk pelat penutup berbentuk U untuk sambungan las di lapangan.
 - 4,0 atau lebih untuk pelat penutup berbentuk U untuk sambungan baut di lapangan.
 - (b) Untuk sistem RMT, L_h/d dibatasi sebesar 3 atau lebih.

Bentang balok antara kedua sendi, L_h diartikan sebagai jarak di antara lokasi sendi plastis yang terbentuk untuk setiap ujung yang disambung momen pada balok tersebut. Lokasi sendi plastis diambil sebagai $1/3$ tinggi balok, $d/3$, untuk sambungan las di lapangan dan $1/6$ tinggi balok, $d/6$, untuk sambungan baut di lapangan, menjauhi ujung ekstensi pelat samping, seperti tergambar pada Gambar 11.6. Sehingga,

$$L_h = L - \frac{1}{2}(d_{c1} + d_{c2}) - 2(0.33)d - 2A \text{ (las di lapangan)} \quad (11.3-1a)$$

$$L_h = L - \frac{1}{2}(d_{c1} + d_{c2}) - 2(0.165)d - 2A \text{ (baut di lapangan)} \quad (11.3-1b)$$

dengan

L = jarak antara sumbu kolom, mm.

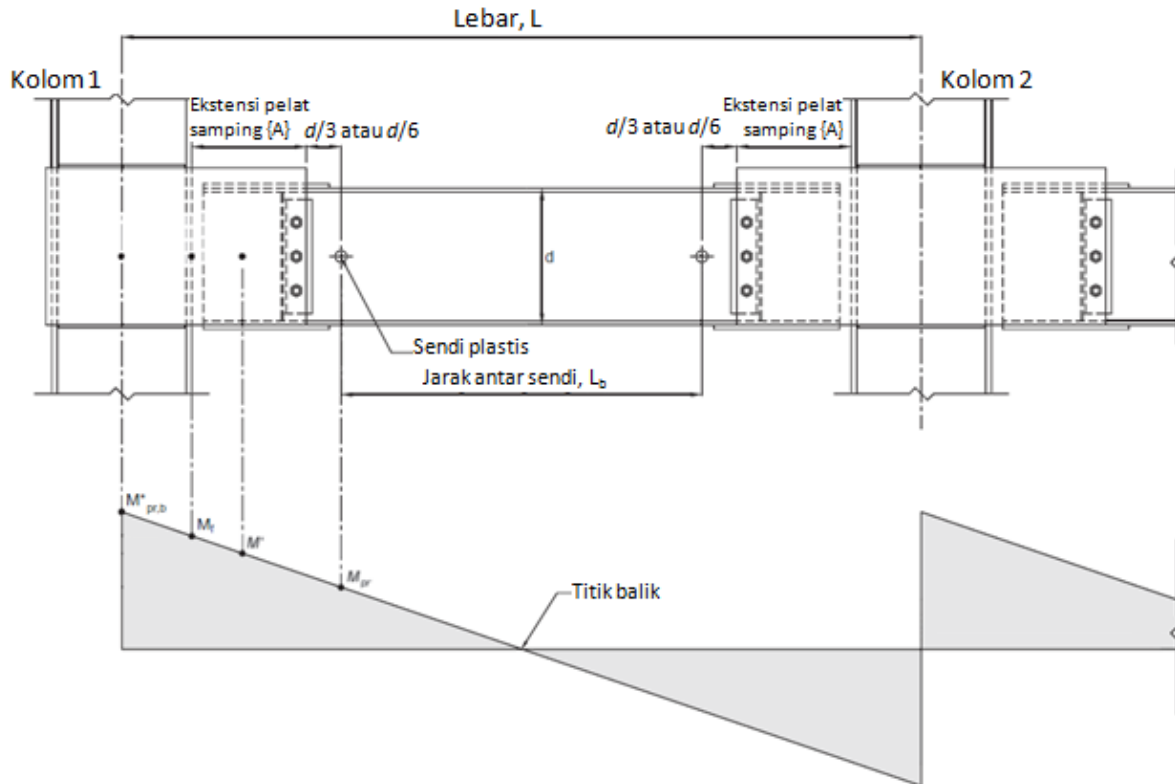
d_{c1}, d_{c2} = dimensi kolom pada setiap sisi dari rangka momen, mm.

Catatan Pengguna: Konstanta $0,33d$ dan $0,165d$ mewakili jarak sendi plastis dari ujung ekstensi pelat samping. Konstanta A mewakili ekstensi tipikal pelat samping dari muka sayap kolom.

- (6) Rasio lebar terhadap tebal dari sayap balok dan badan harus sesuai dengan batasan dari SNI *Ketentuan Seismik*
- (7) Pembreisan lateral untuk balok WF harus disediakan sesuai dengan peraturan pada SNI *Ketentuan Seismik*. Pembreisan lateral untuk balok PSR harus disediakan sesuai dengan peraturan dalam Lampiran 1, Pasal 1.3.2c dari SNI *Spesifikasi*, dengan mengambil nilai $M1/M2 = -1$ dalam Persamaan A-1-7 pada SNI *Spesifikasi*. Untuk balok WF dan PSR, bagian dari balok yang tersambung dengan pelat samping harus dipertimbangkan untuk ditekang. Tambahan pembreisan sayap atas dan bawah pada sendi terekspektasi tidak diharuskan.

SNI 7972:2020

- (8) Zona terlindung pada balok dengan sambungan las di lapangan dan sambungan baut di lapangan terdiri dari bagian pada balok yang masing-masing terlihat pada Gambar 11.7 dan 11.8.



Gambar 11.6 Lokasi sendi plastis dan panjang bentang antara kedua sendi

11.3.2 Pembatasan Kolom

Kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Kolom berupa profil gilas dengan penampang apapun, PSR, profil WF tersusun, profil silang yang terdiri dari profil gilas atau pelat tersusun atau boks tersusun yang sesuai dengan ketentuan pada Pasal 2.3. Pelat untuk sayap dan badan dari profil kotak tersusun harus disambung secara menerus dengan menggunakan las filet atau las gruv PJP sepanjang dimensi kolom.
- (2) Kolom PSR harus memenuhi syarat dalam ASTM A1085.
- (3) Balok harus tersambung ke bagian pelat samping yang tersambung ke ujung sayap dari kolom WF atau sudut-sudut pada kolom PSR atau profil kotak.
- (4) Kolom dengan profil gilas adalah dengan ketinggian yang dibatasi hingga sebesar W44 (W1100). Ketinggian dari profil WF tersusun tidak boleh melebihi ketinggian pada kolom dengan profil gilas. Kolom profil silang tidak boleh memiliki lebar atau tinggi yang lebih dari ketinggian yang diizinkan pada profil gilas. Kolom boks tersusun tidak boleh memiliki lebar lebih dari 33 in. (840 mm).
- (5) Tidak ada pembatasan untuk berat kolom per satuan panjang.
- (6) Tidak ada ketentuan tambahan untuk tebal sayap kolom.
- (7) Rasio lebar terhadap tebal dari sayap dan badan kolom harus sesuai dengan batasan dari SNI *Ketentuan Seismik*
- (8) Pembreisan lateral pada kolom harus sesuai dengan ketentuan dari SNI *Ketentuan Seismik*

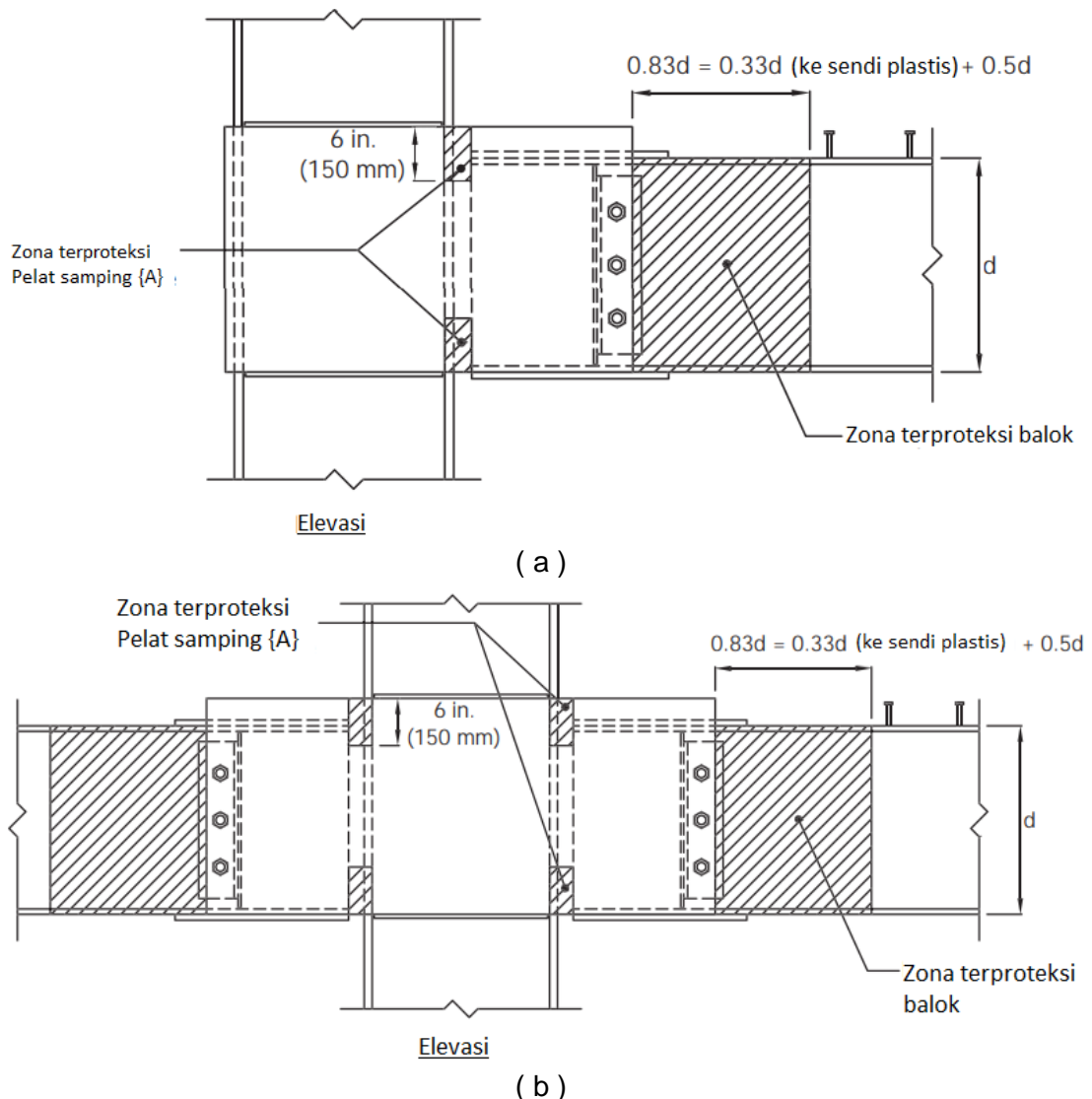
11.3.3 Pembatasan Sambungan

Sambungan harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

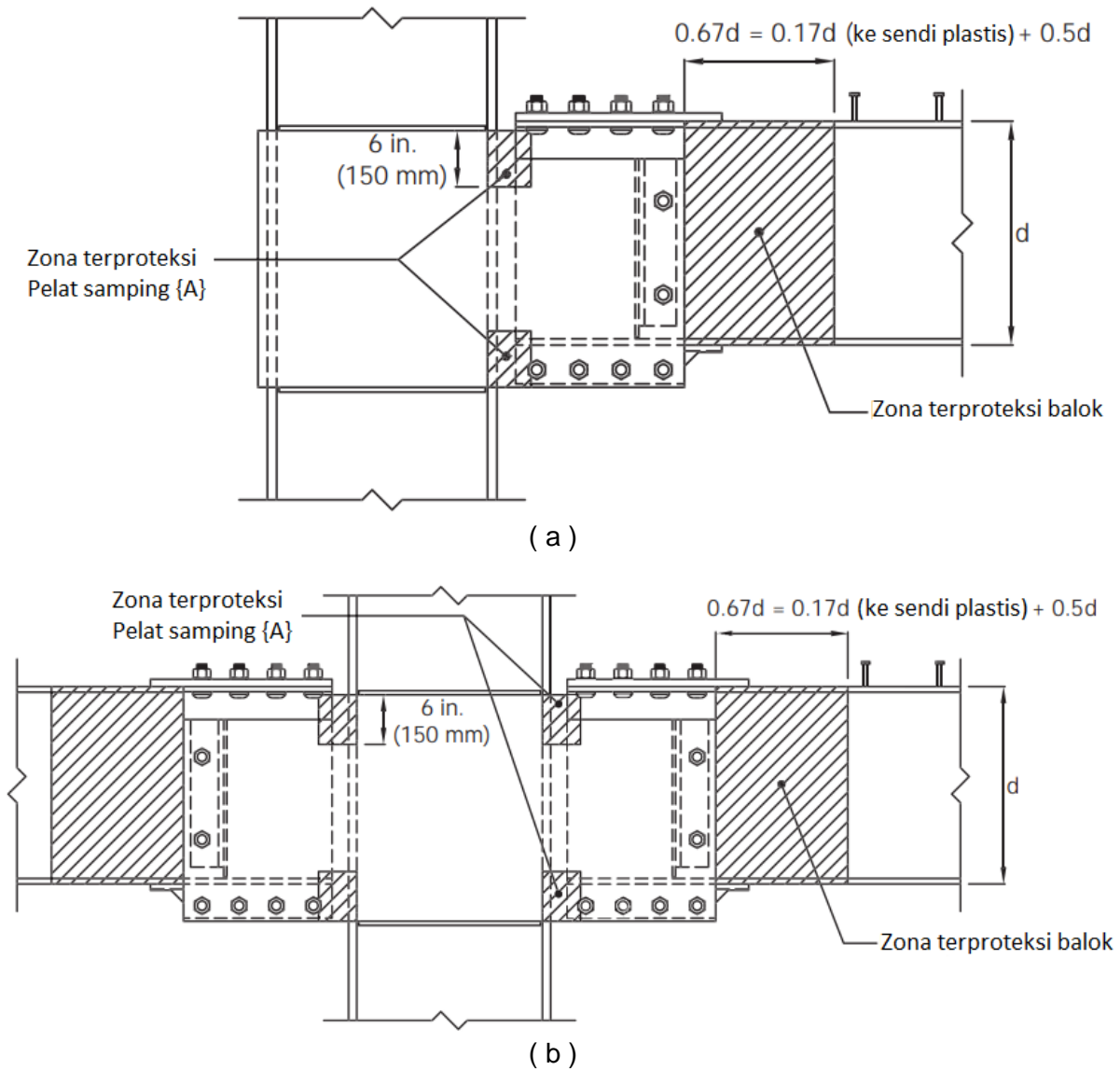
- (1) Semua pelat penyambung, yang terdiri dari pelat samping, pelat penutup, pelat geser horizontal, dan elemen geser vertikal, harus terbuat dari baja struktural yang memenuhi ketentuan dalam ASTM A572M dengan *Grade 50 (Grade 345)*.

Pengecualian : Elemen geser vertikal yang dijelaskan pada Pasal 11.6 dapat difabrikasi dengan menggunakan material ASTM A36/A36M.

- (2) Perpanjangan pelat samping yang melebihi muka kolom harus dalam kisaran $0,65d$ sampai $1,0d$ untuk sambungan las di lapangan dan $0,65d$ sampai $1,7d$ untuk sambungan baut di lapangan, dengan d adalah tinggi nominal balok.
- (3) Zona terlindung pada pelat samping terdiri dari bagian pada masing-masing pelat samping dengan ketinggian 6 in. (150mm) yang dihitung mulai dari muka dalam sayap kolom WF atau kolom PSR dan berakhir pada bagian ujung dari celah pada sambungan las di lapangan atau ujung dari lubang baut pertama untuk sambungan dengan baut di seperti terlihat pada Gambar 11.7 dan 11.8.



Gambar 11.7 Lokasi balok dan zona terproteksi pelat samping untuk sambungan las di lapangan: (a) sambungan satu sisi; (b) sambungan dua sisi.



Gambar 11.8 Lokasi balok dan zona terlindung pelat samping untuk sambungan baut di lapangan: (a) sambungan satu sisi; (b) sambungan dua sisi.

11.4 Pembatasan Hubungan Balok kolom

Sambungan balok kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Lebar dan tebal sayap balok untuk profil gilas, tersusun, dan PSR harus memenuhi ketentuan berikut untuk kompatibilitas geometris (Lihat Gambar 11.9).

(a) Untuk sambungan dengan las di lapangan

$$b_{bf} + 1,1t_{bf} + 2 \text{ in.} \leq b_{cf} \tag{11.4-1a}$$

$$b_{bf} + 1,1t_{bf} + 12 \text{ mm} \leq b_{cf} \tag{11.4-1aM}$$

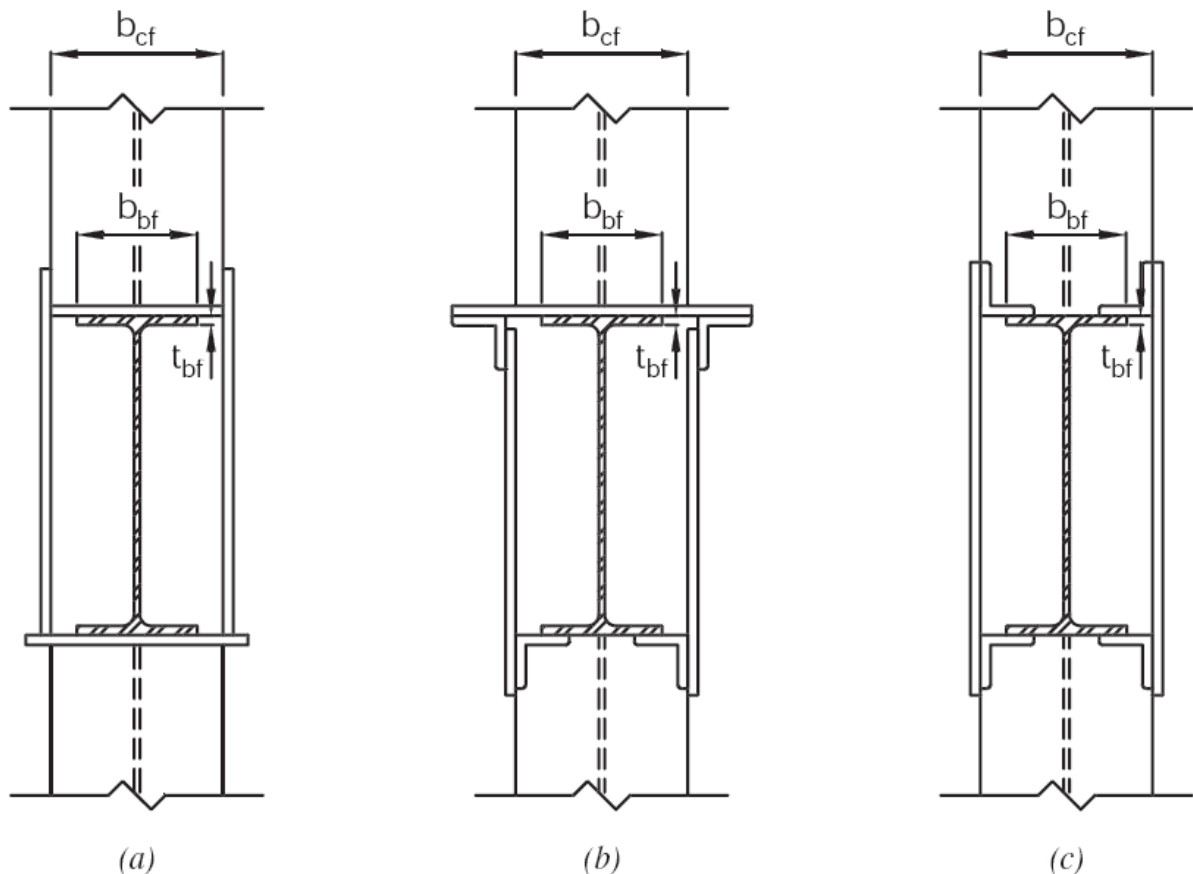
(b) Untuk sambungan dengan baut di lapangan

$$b_{bf} + 1,0 \text{ in.} \leq b_{cf} \quad (11.4-1b)$$

$$b_{bf} + 25 \text{ mm} \leq b_{cf} \quad (11.4-1bM)$$

dengan

- b_{bf} = lebar sayap balok (mm)
 b_{cf} = lebar sayap kolom (mm)
 t_{bf} = tebal sayap balok (mm)



Gambar 11.9. Kompatibilitas geometris (a) sambungan dengan las di lapangan; (b) sambungan standar dengan baut di lapangan (konfigurasi A); dan (c) sambungan sempit dengan baut di lapangan (konfigurasi B)

- (2) Zona panel harus sesuai dengan ketentuan yang sesuai yang tercantum pada SNI *Ketentuan Seismik*.

Catatan Pengguna : Kekuatan zona panel badan kolom harus ditentukan berdasarkan pada Pasal J10.6a SNI *Spesifikasi*

- (3) Rasio momen balok kolom harus dibatasi sebagai berikut:

(a) Untuk RMK, rasio momen balok kolom harus sesuai dengan ketentuan pada SNI *Ketentuan Seismik* sebagai berikut:

- (i) Nilai ΣM^*_{pb} harus ditentukan dari jumlah proyeksi kekuatan lentur terekspektasi pada lokasi sendi plastis balok ke garis tengah kolom (Gambar 11.10). Kekuatan lentur balok terekspektasi dihitung sebagai:

$$\Sigma M^*_{pb} = \Sigma (1,1R_y F_{yb} Z_b + M_v) \quad (11.4-2)$$

dengan

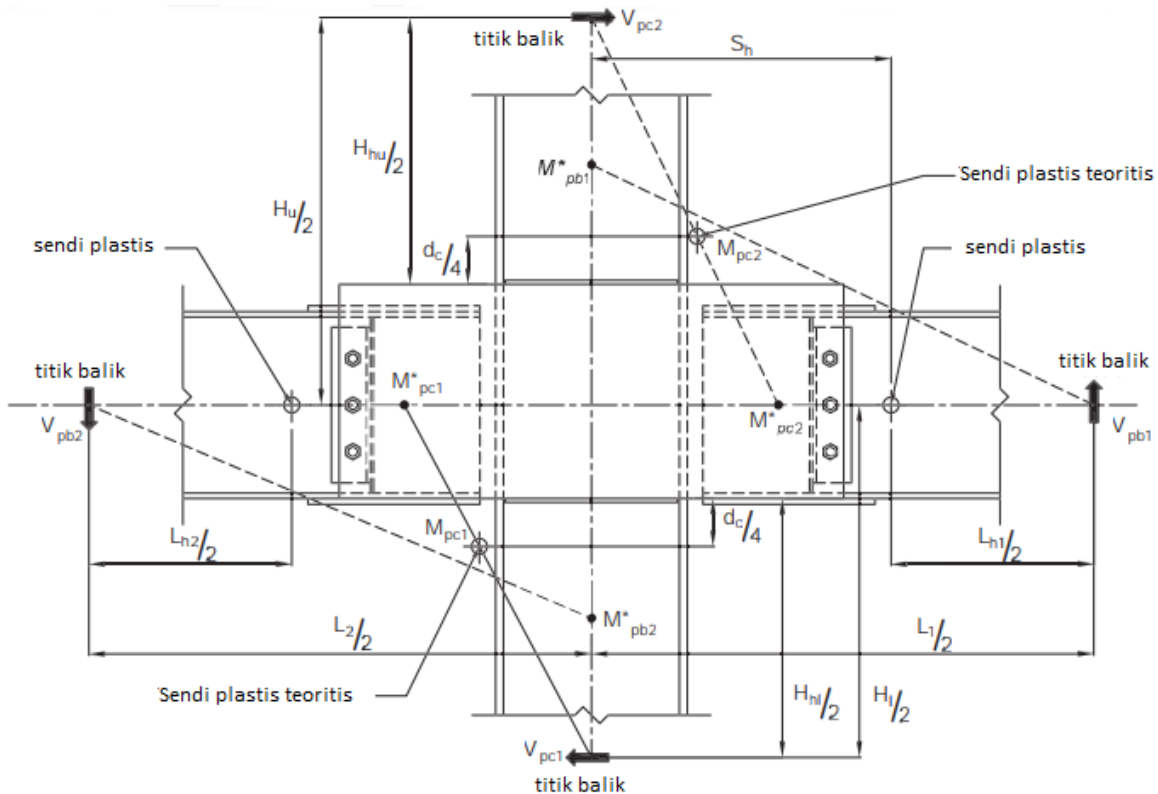
- F_{yb} = tegangan leleh terspesifikasi dari balok, ksi (MPa)
- M_v = momen tambahan karena amplifikasi geser dari pusat sendi plastis ke garis tengah kolom. M_v harus dihitung sebagai nilai dari $V_h s_h$, dengan V_h adalah geser pada titik sendi plastis teoretis, dihitung sesuai dengan Persamaan 11.4-3, dan s_h adalah jarak dari titik diasumsikan bersendi plastis ke garis tengah kolom, yang sama dengan setengah dimensi kolom ditambah ekstensi pelat samping di luar permukaan kolom ditambah jarak dari ujung pelat samping ke sendi plastis, $d/3$.

$$V_h = \frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{gravitasi} \quad (11.4-3)$$

dengan

- L_h = jarak antar sendi plastis, mm
- M_{pr} = nilai maksimum momen yang mungkin terjadi pada sendi plastis, Kip in. (N-mm).
- $V_{gravitasi}$ = gaya geser pada balok yang disebabkan oleh kombinasi gaya $1,2D + f_1 L + 0,2S$ (dengan f_1 adalah faktor beban yang ditentukan oleh peraturan untuk beban hidup, tetapi tidak boleh kurang dari 0,5), N.
- R_y = rasio tegangan leleh yang diperkirakan terhadap tegangan leleh minimum F_y seperti disyaratkan dalam SNI *Ketentuan Seismik*
- Z_b = modulus plastis nominal penampang balok, mm³

Catatan Pengguna: Kombinasi beban $1,2D + f_1 L + 0,2S$ memenuhi ASCE/SEI 7-16. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 untuk S (salju) ketika konfigurasi atap sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.



Gambar 11.10. Penentuan gaya dan jarak pada perhitungan rasio momen balok kolom

- (ii) Nilai dari ΣM_{pc}^* harus ditentukan dari jumlah proyeksi kekuatan lentur nominal (M_{pc}) pada kolom di atas dan di bawah joint sambungan, pada lokasi sendi teoritis yang terjadi pada kolom (yaitu, seperempat dimensi tinggi kolom di atas dan di bawah serat terekstrim dari pelat samping), ke garis tengah balok, dengan reduksi pada gaya aksial pada kolom (Gambar 11.10). Kekuatan lentur nominal kolom dihitung sebagai:

$$\Sigma M_{pc}^* = \Sigma Z_{ec} \left(F_{yc} - \frac{P_{uc}}{A_g} \right) \quad (11.4-4)$$

dengan

- F_{yc} = tegangan leleh minimum terspesifikasi dari kolom pada sambungan, MPa
 H = ketinggian lantai, (mm)
 H_h = jarak antara tinggi kolom yang dihitung dari $\frac{1}{4}$ tinggi kolom di atas sisi atas dari pelat samping lantai bawah ke $\frac{1}{4}$ kedalam kolom di bawah sisi bawah dari pelat samping lantai di atas nya, (mm).
 P_{uc}/A_g = rasio gaya aksial tekan pada kolom, dihitung berdasarkan pembebanan dan peraturan faktor ketahanan, terhadap luas kotor kolom, MPa
 Z_c = modulus plastis penampang kolom, mm³
 Z_{ec} = modulus plastis ekuivalen dari penampang kolom (Z_c) pada jarak $\frac{1}{4}$ dari tinggi kolom dari sisi atas dan bawah pelat samping, yang terproyeksi ke garis tengah balok, mm³ yang dihitung sebagai :

$$Z_{ec} = \frac{Z_c \left(\frac{H}{2} \right)}{\frac{H_h}{2}} = \frac{Z_c H}{H_h} \quad (11.4-5)$$

- b) Untuk sistem RMT, momen rasio balok kolom harus sesuai dengan ketentuan pada SNI *Ketentuan Seismik*.

11.5 Pembatasan Sambungan Dengan Las

Logam pengisi untuk pengelasan balok, kolom dan pelat pada sambungan *SidePlate* harus memenuhi pembatasan untuk las sistem penahan gaya seismik dalam SNI *Ketentuan Seismik*.

Catatan Pengguna : Spesifikasi untuk logam pengisi untuk las sistem penahan gaya seismik diatur dalam AWS D1.8M seperti dirujuk dalam AISC *Seismic Provisions*.

Berikut ini adalah las yang dianggap kritis

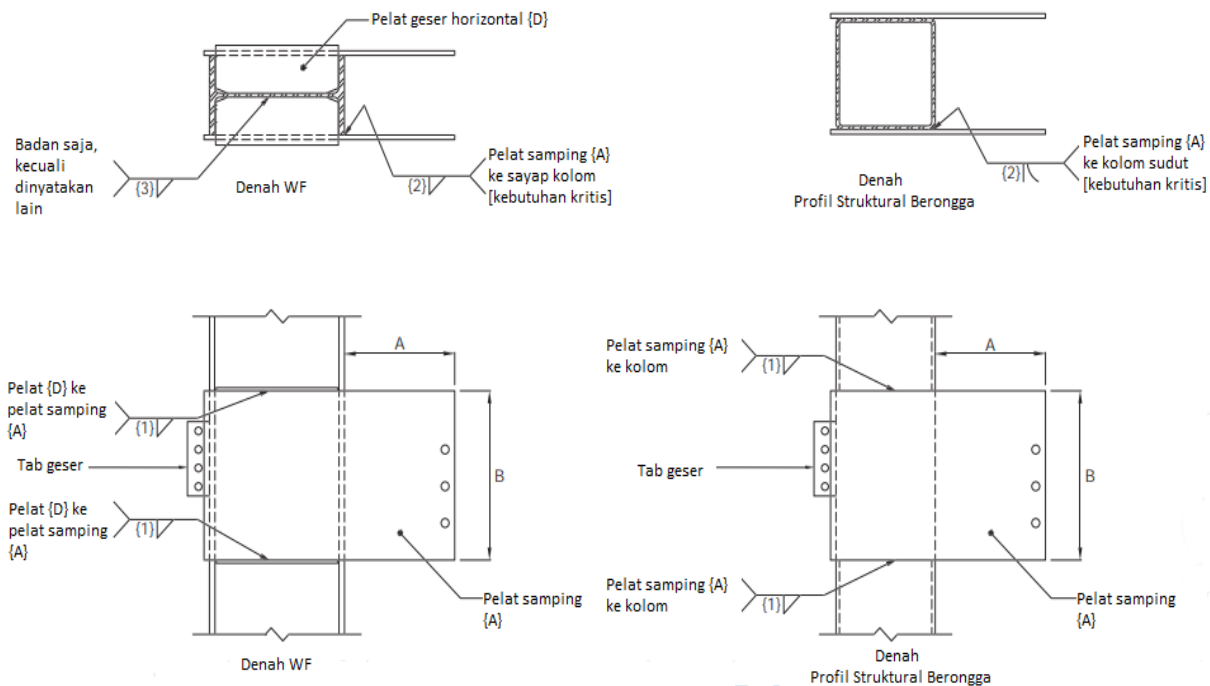
- (1) Las filet dari bengkel {2} yang menyambung muka dalam pelat tepi ke kolom WF atau kolom PSR (Lihat denah pada Gambar 11.11, 11.12, dan 11.13) dan untuk konfigurasi sumbu kuat-ganda biaksial yang menyambung muka luar dari pelat samping sekunder ke muka luar dari pelat samping primer (Gambar 11.5).
- (2) Las filet dari bengkel {5} yang menyambung bagian tepi sayap balok ke pelat atau profil siku penutup sayap balok (Lihat Gambar 11.14 dan Gambar 11.15).
- (3) Las filet dari bengkel {5a} yang menyambung muka luar sayap balok ke pelat berbentuk U atau siku penutup sayap balok (Lihat Gambar 11.14 dan Gambar 11.15).
- (4) Las filet di lapangan {7} yang menyambung pelat penutup sayap balok ke pelat samping [Lihat Gambar 11.16(a)], atau menyambung sayap PSR ke pelat samping.
- (5) Las filet yang menyambung profil siku bagian atas ke pelat samping pada sambungan dengan baut di lapangan

11.6 Pendetailan Sambungan

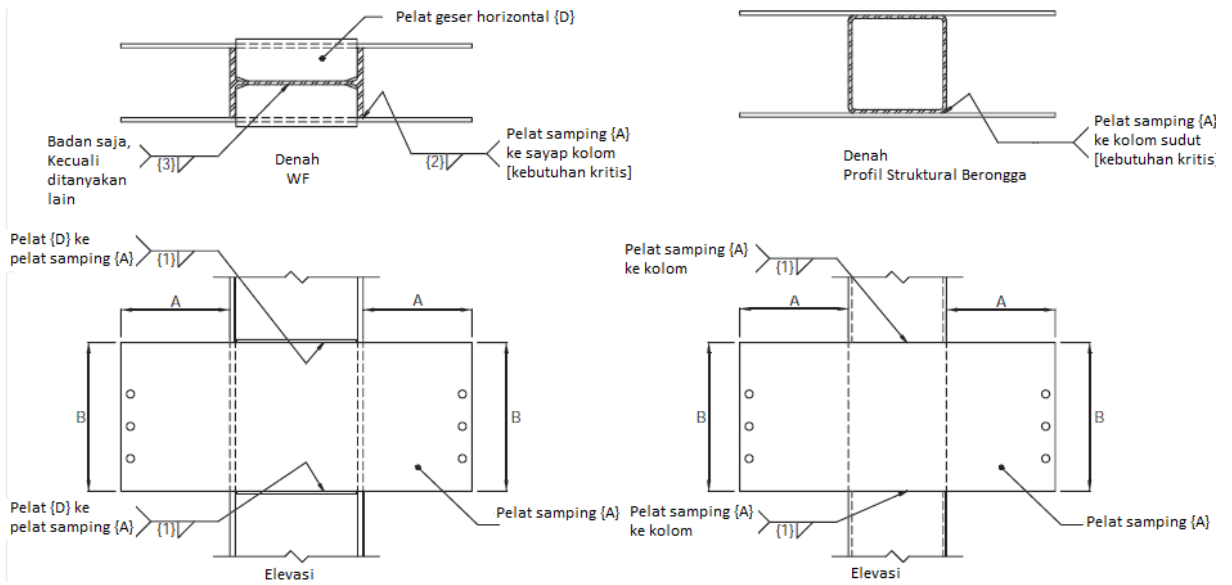
Sebutan berikut digunakan untuk mengidentifikasi pelat dan las pada sambungan *SidePlate* yang ditunjukkan pada Gambar 11.11 hingga 11.16:

11.6.1 Pelat/Siku

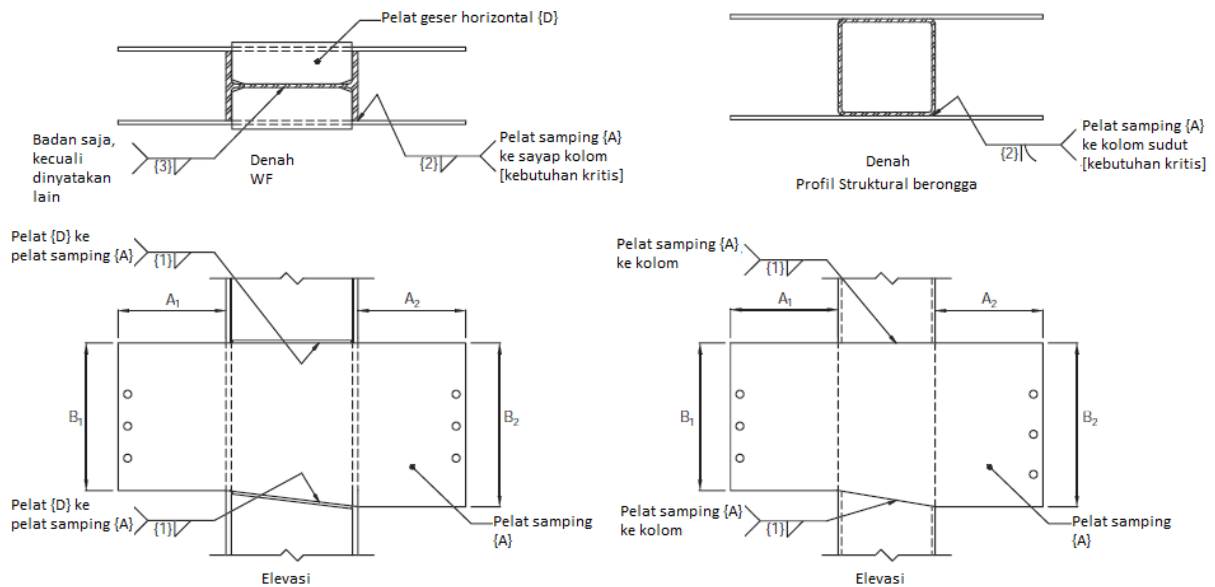
- {A} Pelat samping, terletak di bidang vertikal yang sejajar dengan badan balok, yang menghubungkan balok ke kolom.
- {B} Pelat penutup sayap balok yang menjembatani antara pelat samping {A}
- {C} Pelat geser vertikal.
- {D} Pelat geser horizontal (PGH). Elemen ini menyalurkan gaya geser horizontal dari tepi atas dan bawah pelat samping {A} ke badan kolom WF.
- {E} Sudut perakitan. Salah satu dari elemen geser vertikal {F} yang tersedia
- {F} Elemen geser vertikal (EGV). Elemen-elemen ini, yang dapat terdiri dari profil siku dan pelat atau pelat bengkok, yang menyalurkan gaya geser dari badan balok ke tepi tempel pelat samping {A}.
- {G} Profil siku longitudinal yang di las ke pelat samping {A} untuk menyambung pelat penutup sayap balok (sambungan dengan baut di lapangan).
- {H} Profil siku longitudinal yang di las ke sayap balok untuk menyambung ke pelat samping {A} (sambungan baut di lapangan)
- {T} Pelat horizontal yang di las ke pelat samping {A} untuk menyambung pelat penutup sayap balok sebagai alternative untuk Siku {G} (sambungan baut di lapangan).



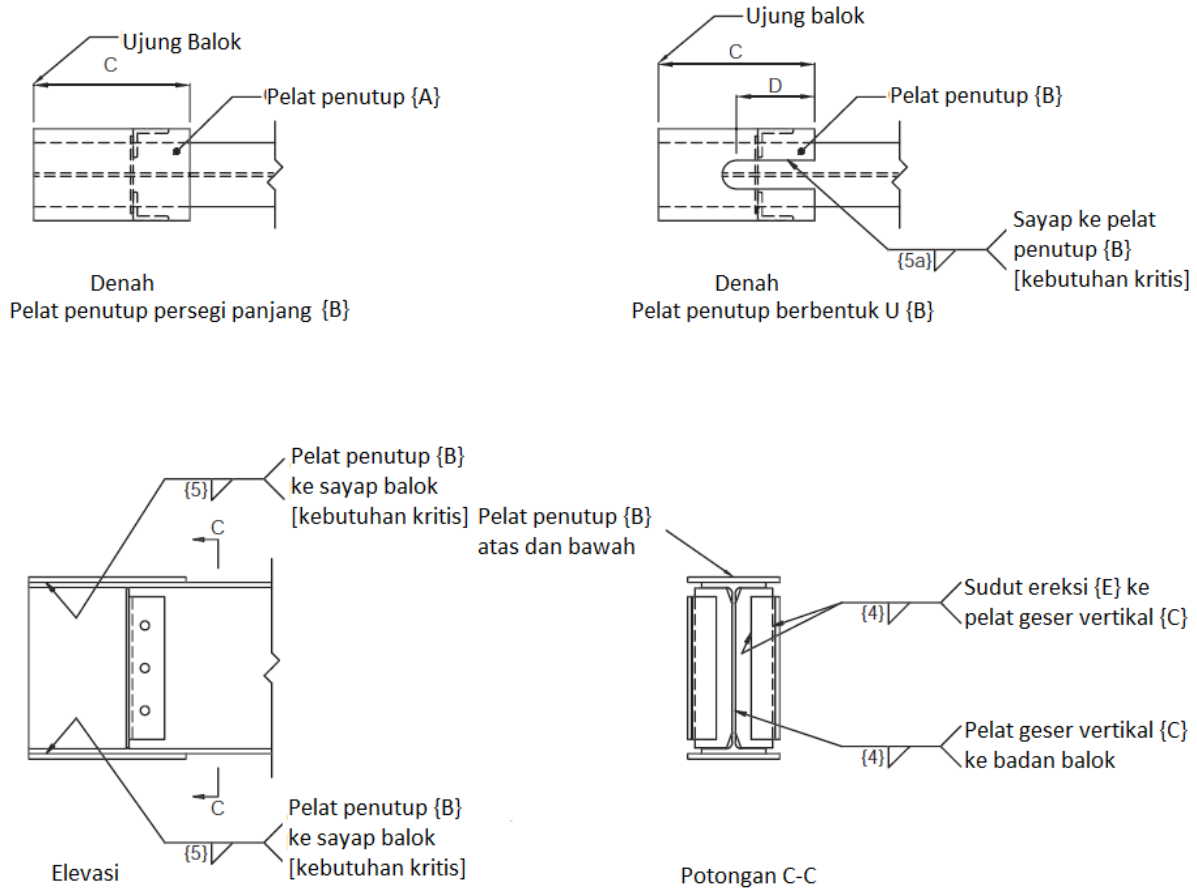
Gambar 11.11. Sambungan momen SidePlate satu sisi (Tipe A), detail kolom



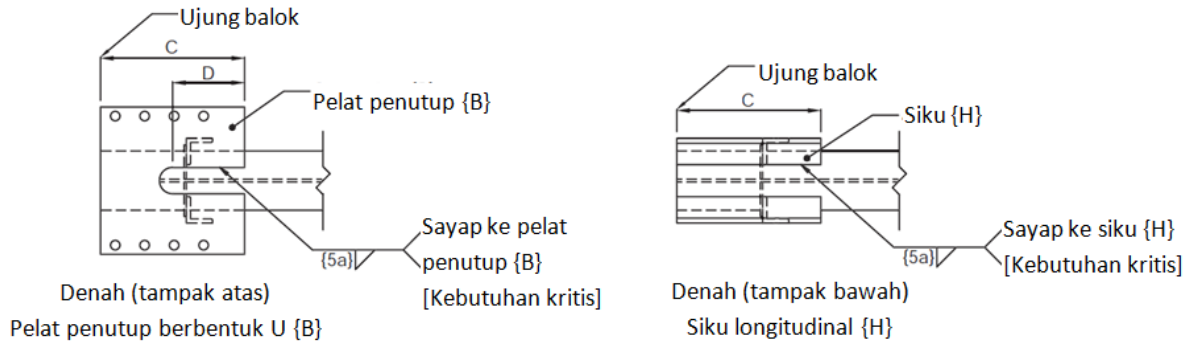
Gambar 11.12. Sambungan momen SidePlate dua sisi (Tipe B), detail kolom

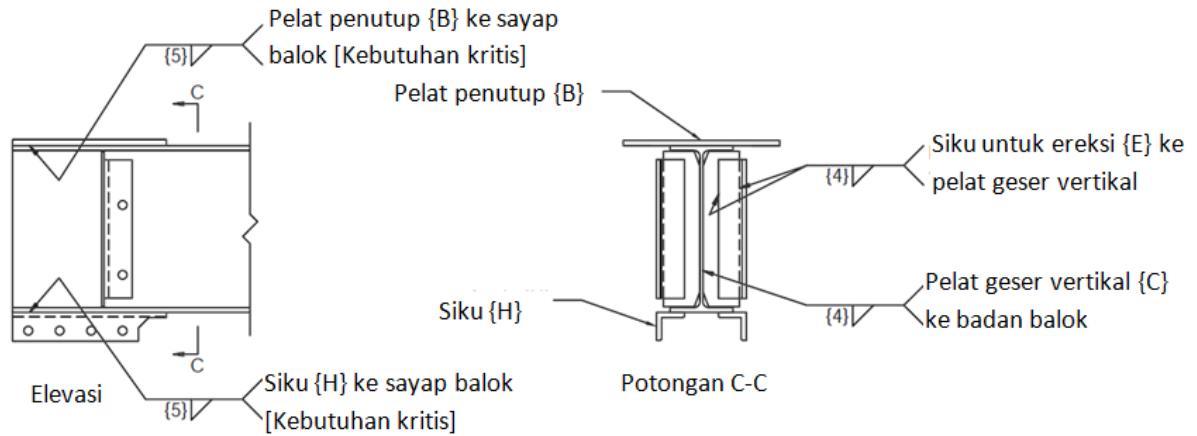


Gambar 11.13. Sambungan momen SidePlate dua sisi (Tipe C), detail kolom

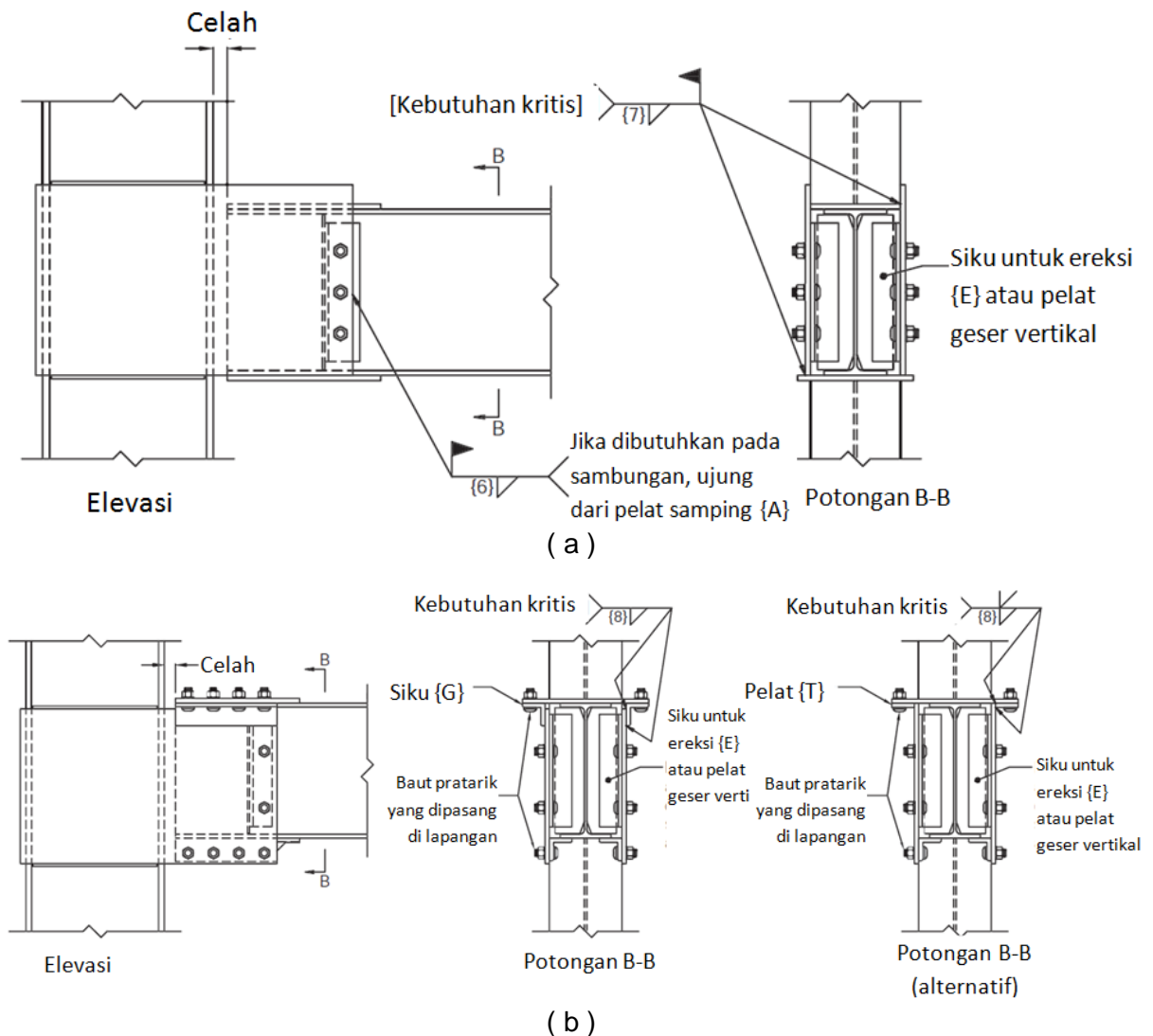


Gambar 11.14. Detail balok (las di lapangan)





Gambar 11.15. Detail balok, baut di lapangan standar (konfigurasi A)



Gambar 11.16. Detail perakitan di lapangan pada balok ke pelat samping (a) elevasi dan potongan B-B, las di lapangan; (b) elevasi dan potongan B-B, standar baut di lapangan (konfigurasi A).

11.6.2 Las

{1} Las filet dari bengkel yang menghubungkan tepi luar pelat samping {A} ke pelat geser horizontal {D} atau ke permukaan dari kolom profil kotak tersusun atau PSR.

{2} Las filet dari bengkel yang menghubungkan permukaan sisi dalam pelat samping {A} ke ujung sayap kolom, atau ke sudut dari kolom PSR atau kotak tersusun; dan untuk konfigurasi sumbu kuat-ganda biaksial yang menghubungkan permukaan luar pelat sisi sekunder ke permukaan luar pelat sisi primer.

{3} Las filet dari bengkel yang menghubungkan pelat geser horisontal {D} ke badan kolom WF. Pengelasan {3} juga digunakan pada sayap kolom saat diperlukan untuk menahan beban ortogonal melalui sambungan karena kolektor, kord atau kantilever.

{4} Las filet dari bengkel yang menghubungkan elemen geser vertikal {F} ke badan balok, dan jika ada, pelat geser vertikal {C} ke sudut perakitan {E}.

{5} Las filet dari bengkel yang menghubungkan ujung sayap balok dengan pelat {B} atau profil siku {H} penutup.

{5a} Las dari bengkel yang menghubungkan permukaan luar sayap balok dengan pelat penutup {B} (atau ke permukaan sayap balok dengan profil siku {H}).

{6} Las filet vertikal bidang yang menghubungkan elemen geser vertikal (sudut atau pelat bengkok) {F} ke ujung pelat samping {A} (sambungan las di lapangan).

{7} Las filet horizontal bidang yang menghubungkan pelat penutup {B} ke pelat samping {A}, atau menghubungkan sudut balok PSR ke pelat samping (sambungan las di lapangan).

{8} Las di bengkel yang menyambung siku longitudinal {G} atau pelat horizontal {T} ke pelat samping {A} (Sambungan baut di lapangan).

Gambar 11.11 menunjukkan detail sambungan untuk konfigurasi sambungan momen satu sisi dengan sebuah balok mbingkai kolom (tipe A). Gambar 11.12 menunjukkan detail koneksi untuk konfigurasi sambungan momen dua sisi dengan balok identik (tipe B). Gambar 11.13 menunjukkan detail sambungan untuk konfigurasi sambungan momen dua sisi dengan balok-balok yang berbeda tingginya (tipe-C).

Gambar 11.14 dan 11.15 masing-masing menunjukkan detail susunan balok dengan sambungan las di lapangan dan sambungan baut di lapangan. Gambar 11.16 menunjukkan detail perakitan balok ke pelat samping di lapangan. Jika dua balok pada rangka tersambung dengan sebuah kolom untuk membentuk sudut, perincian sambungan disebut sebagai tipe-D (tidak diperlihatkan). Sambungan dengan konfigurasi sambungan momen tiga sisi dan empat sisi masing-masing disebut sebagai tipe-E dan tipe-F (tidak diperlihatkan).

Gambar 11.1, 11.12, dan 11.13 menunjukkan detail sambungan las di lapangan. Detail yang sama berlaku untuk sambungan baut di lapangan dengan menggunakan detail ujung balok untuk sambungan dengan baut di lapangan.

11.6.3 Baut

(1) Baut harus di pasang secara simetris terhadap sumbu balok.

(2) Tipe baut:

- (a) Baut standar harus digunakan pada siku horizontal {G} dan {H}
- (b) Baik lubang standar maupun lubang ukuran lebih harus digunakan pada pelat samping dan pelat penutup.
- (c) Baik lubang standar maupun slot pendek (dengan lubang memanjang ke arah sumbu balok) harus digunakan pada siku dari elemen geser vertikal, jika berlaku.

- (3) Lubang baut pada pelat samping, pelat penutup, dan siku longitudinal harus dibuat dengan cara di bor, dengan cara dipotong secara termal dan kemudian digerinda (dengan kekasaran permukaan tidak melebihi 1000 micro-inch), atau dengan cara subpons dan kemudian dilebarkan (*subpunching and reaming*). Pelubangan dengan cara pons tidak diizinkan.
- (4) Semua baut harus dipasang sebagai baut pratarik berkekuatan tinggi.
- (5) Baut pratarik berkekuatan tinggi harus sesuai dengan ASTM F3125 Grade A490 / A490M atau F2280. Diameter baut dibatasi maksimum hingga 12 in. (38 mm).
- (6) Penggunaan pelat sisipan antara pelat samping dan pelat penutup atau profil siku diizinkan pada salah satu atau kedua lokasi, dan harus memenuhi pembatasan yang tercantum dalam Spesifikasi RCSC.
- (7) Permukaan yang melekat pada pelat samping, pelat penutup dan siku harus memiliki koefisien slip Kelas A atau lebih tinggi.

Catatan Pengguna : Penggunaan lubang dengan ukuran lebih diizinkan di pelat samping dan pelat penutup dengan baut pratarik yang tidak dirancang sebagai slip kritis, sesuai dengan Pasal D2.2 dari SNI *Ketentuan Seismik*. Meskipun lubang standar diizinkan di pelat samping dan pelat penutup, penggunaannya dapat menyebabkan perlunya modifikasi di lapangan untuk mengakomodasi toleransi perakitan.

11.7 Prosedur Desain

Langkah 1. Pilih balok rangka percobaan dan kombinasi bagian kolom yang memenuhi kompatibilitas geometrik berdasarkan Persamaan 11.4-1 atau 11.4-1M. Untuk sistem RMK, periksa bahwa kombinasi bagian memenuhi rasio momen balok kolom preliminari yang dirumuskan sebagai:

$$\sum(F_{yc}Z_{xc}) > 1,7 \sum(F_{yb}Z_{xb}) \quad (11.7-1)$$

dengan

F_{yb}	=	Tegangan leleh minimum terspesifikasi dari balok, ksi (MPa)
F_{yc}	=	Tegangan leleh minimum terspesifikasi dari kolom, ksi (MPa)
Z_{xb}	=	Modulus plastis penampang balok, in. ³ (mm ³)
Z_{xc}	=	Modulus plastis penampang kolom, in. ³ (mm ³)

Langkah 2. Perkiraan efek pada kinerja rangka global dari peningkatan kekakuan lateral dan kekuatan sambungan momen *SidePlate*, karena lokasi sendi pada balok dan pengaku pelat samping, dalam model komputer rangka baja elastis matematis dengan menggunakan 100% *rigid offset* dalam zona panel dan dengan meningkatkan momen inersia, modulus elastis penampang, dan modulus plastis penampang balok kira-kira tiga kali dari balok, untuk jarak sekitar 77% dari tinggi balok di luar muka kolom (kira-kira sama dengan perpanjangan pelat samping di luar muka kolom), seperti diilustrasikan dalam Gambar 11.17.

Balok RMK yang memiliki kombinasi tinggi dangkal dan berat (yaitu balok dengan area sayap yang relatif besar seperti yang ditemukan dalam rangkaian sayap terlebar dari tinggi balok nominal tertentu) mengharuskan perpanjangan pelat samping {A} menjadi meningkat, hingga tinggi nominal balok, d , untuk sambungan dengan las di lapangan dan $1,7d$ untuk sambungan dengan baut di lapangan.

Catatan Pengguna: Peningkatan ekstensi pelat samping {A} dari sambungan dengan las di lapangan ini memperpanjang las filet {7}, sehingga membatasi ekstrem dalam ukuran las filet {7}. Terlepas dari perpanjangan pelat samping {A}, sendi plastis terjadi pada jarak masing-

SNI 7972:2020

masing $d/3$ dan $d/6$ dari ujung pelat samping untuk sambungan dengan las di lapangan dan sambungan dengan baut di lapangan.

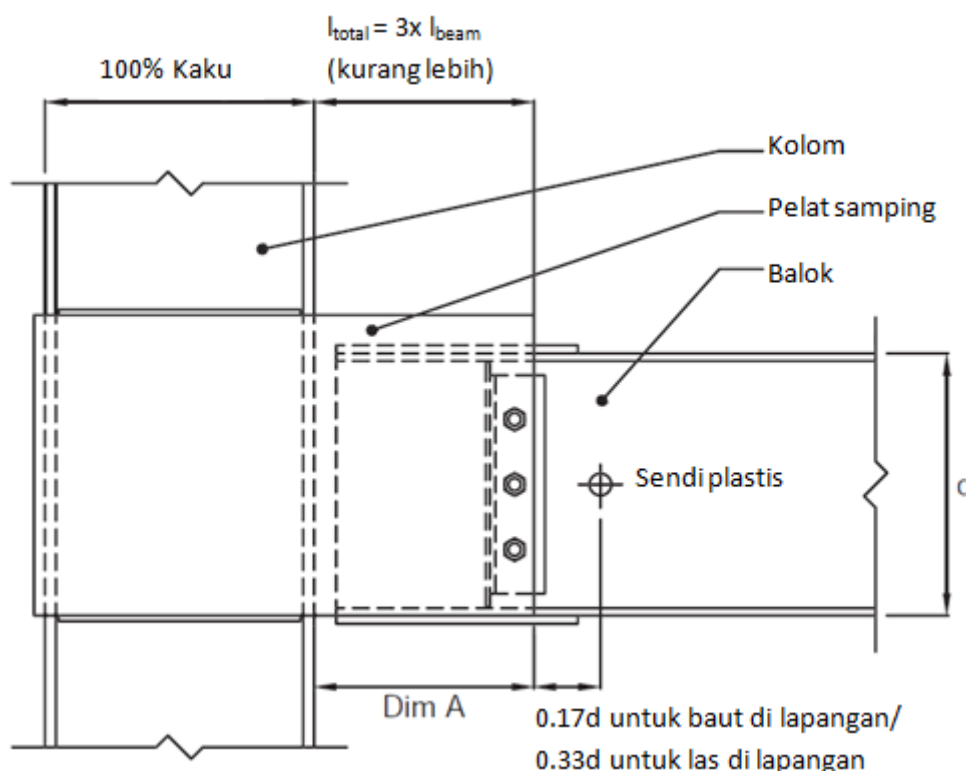
Langkah 3. Pastikan bahwa balok dan kolom rangka memenuhi semua persyaratan yang berlaku, termasuk, tetapi tidak terbatas pada, pemeriksaan tegangan dan desain simpangan lantai.

Langkah 4. Pastikan bahwa balok rangka dan ukuran kolom memenuhi persyaratan prakualifikasi Pasal 11.3.

Langkah 5. Setelah menyelesaikan pemilihan awal dan/atau akhir dari balok rangka dan ukuran elemen kolom dengan beban lateral menggunakan teknologi sambungan *SidePlate*, penanggung jawab perencana mengirimkan model komputer ke *SidePlate Systems, Inc.* Selain itu, penanggung jawab perencana harus mengirimkan informasi tambahan berikut:

$V_{gravitasi}$ = gaya geser gravitasi yang difaktorkan dalam balok rangka momen yang dihasilkan dari kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ (dengan f_1 adalah faktor beban yang ditentukan oleh peraturan yang berlaku untuk beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5), kips (N)

Catatan Pengguna: Kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ memenuhi *ASCE/SEI 7-16*. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 untuk S (salju) ketika konfigurasi atap sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.



Gambar 11.17 Pemodelan kekakuan komponen untuk analisis linier-elastis

- (a) Beban geser gravitasi terfaktor, V_1 dan / atau V_2 , dari balok gravitasi yang tidak ada di bidang rangka momen, tetapi sambungkan ke permukaan luar pelat samping dengan V_1 , V_2 adalah gaya geser balok yang dihasilkan dari kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ (dengan f_1 adalah faktor beban yang ditentukan oleh peraturan yang berlaku untuk beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5), kips (N).

- (b) Beban gravitasi yang diperhitungkan, M_{cant} dan V_{cant} , dari balok gravitasi kantilever yang tidak ada di bidang rangka momen, tetapi sambungkan ke permukaan luar pelat sisi dengan

M_{cant} = momen balok kantilever yang dihasilkan dari kombinasi yang berlaku, kip-in. (N-mm)

V_{cant} = gaya geser balok kantilever yang dihasilkan dari kombinasi beban yang berlaku, kips (N)

Catatan Pengguna: Kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ memenuhi *ASCE/SEI 7-16*. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 untuk S (salju) ketika konfigurasi atap sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

- (c) Gaya seret lateral seismik yang diperbesar atau gaya aksial kord, A_{\perp} , yang disalurkan melalui koneksi *SidePlate*.

A_{\perp} = gaya seret seismik atau kord yang diperbesar sesuai dengan peraturan yang berlaku, kips (N)

Catatan Pengguna: Jika analisis linier-elastis digunakan untuk menentukan gaya kolektor atau kord tegak lurus yang digunakan untuk merancang sambungan *SidePlate*, gaya tersebut harus mencakup kombinasi beban yang berlaku yang disyaratkan oleh peraturan, termasuk mempertimbangkan beban seismik yang diperkuat (Ω_0). Jika analisis nonlinear atau desain kapasitas digunakan, gaya kolektor atau kord yang ditentukan dari analisis digunakan secara langsung, tanpa mempertimbangkan beban seismik tambahan yang diperbesar.

- (d) Gaya seret lateral atau gaya aksial kord, A_{\parallel} , yang ditransfer di sepanjang balok rangka melalui sambungan *SidePlate*. A_{\parallel} adalah gaya seret seismik atau kord yang diperbesar sesuai peraturan yang berlaku, kips (N)

Langkah 6. Setelah menyelesaikan tinjauan model matematika dan setelah informasi tambahan diberikan oleh penanggung jawab perencana, perencana *SidePlate* menyediakan desain sambungan spesifik proyek. Kekuatan perlu yang digunakan untuk desain elemen yang mentransfer beban kritis (pelat, lasan dan kolom) di seluruh sambungan *SidePlate* balok ke kolom dan kolom ditentukan dengan menambahkan momen maksimum yang mungkin terjadi, M_{pr} , di lokasi sendi balok yang diketahui, kemudian memperbesar momen untuk setiap bagian desain kritis, berdasarkan rentang geometri, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.6, dan termasuk momen tambahan karena beban gravitasi. Untuk setiap elemen desain sambungan, momen dihitung per Persamaan 11.7-2 dan geser perlu terkait dihitung sebagai:

$$M_{group} = M_{pr} + V_{ux} \quad (11.7-2)$$

dengan

C_{pr} = faktor khusus sambungan untuk memperhitungkan kekuatan puncak sambungan, termasuk pengerasan regangan, pengekangan lokal, penguatan tambahan, dan kondisi sambungan lainnya. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan C_{pr} disediakan oleh *SidePlate* sebagai bagian dari desain sambungan.

Catatan Pengguna : Dalam prakteknya, nilai C_{pr} untuk sambungan *SidePlate* yang ditentukan dari pengujian dan analisis nonlinier berkisar dari 1,15 hingga 1,35.

F_y = tegangan leleh minimum terspesifikasi untuk elemen leleh, ksi (MPa)
 L_h = jarak antar lokasi sendi plastis, in. (mm)

SNI 7972:2020

- M_{group} = momen maksimum yang mungkin terjadi pada elemen sambungan manapun, kip in. (N-mm)
- M_{pr} = momen maksimum yang mungkin terjadi pada sendiri plastis seperti ditentukan pada Pasal 2.4.3, kip-in. (N-mm), dihitung sebagai:

$$M_{pr} = C_{pr}R_yF_yZ_x \quad (11.7-3)$$

dengan

- R_y = rasio dari tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum terspesifikasi, F_y
- $V_{gravitasi}$ = Gaya geser balok gravitasi yang dihasilkan dari $1,2D + f_1L + 0,2S$ (dengan f_1 adalah faktor beban yang ditentukan oleh peraturan yang berlaku untuk beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5), kips (N)
- V_u = gaya geser maksimum dari momen maksimum yang mungkin dan beban gaya beratgravitasi terfaktor, kips (N), dihitung sebagai:

$$V_u = \frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{gravity} \quad (11.7-4)$$

- Z_x = Modulus plastis penampang balok terhadap sumbu x, in.³ (mm³)
- x = jarak dari lokasi sendi plastis ke titik berat elemen sambungan, in. (mm)

Langkah 7 SidePlate mendesain semua elemen sambungan sesuai prosedur desain sambungan yang dipatenkan yang terkandung dalam *SidePlate FRAME Connection Design Software* (versi 16 untuk sambungan dengan las di lapangan dan versi 17 untuk sambungan dengan baut di lapangan). Versi ini ditunjukkan dengan jelas pada setiap halaman perhitungan. Desain akhir mencakup catatan struktural dan detail untuk sambungan.

Catatan Pengguna: Prosedur ini menggunakan pendekatan desain kekuatan ultimit untuk pelat dan las, dengan memasukkan batas kekuatan, plastisitas, dan fraktur. Untuk lasan, analisis kekuatan ultimit yang menggabungkan pusat rotasi sesaat dapat digunakan seperti yang dijelaskan dalam *AISC Steel Construction Manual* Pasal J2.4b. Untuk desain baut, metode grup baut eksentris yang memperhitungkan kekuatan ultimit dari baut digunakan. Silahkan merujuk pada bagian *Commentary* pada AISC 358 untuk diskusi mendalam tentang proses tersebut.

Sebagai tambahan terhadap ketentuan kekuatan zona panel dari badan, kuat geser dari badan kolom harus mencukupi untuk menahan beban geser yang disalurkan pada bagian atas dan bawah pelat samping. Perencanaan kekuatan geser dari badan kolom harus ditentukan sesuai dengan SNI Spesifikasi Pasal G2.1.

Langkah 8. Penanggung jawab perencana memeriksa perhitungan dan gambar sambungan *SidePlate* untuk memastikan bahwa semua desain sambungan khusus proyek tersebut telah direncanakan dengan benar dan sesuai serta detail berdasarkan informasi yang disediakan pada Langkah 5.

12 Sambungan Momen *Simpson Strong-Tie Strong Frame*

Perlu diperhatikan bahwa tipe sambungan ini dilindungi oleh hak paten. Standar ini tidak berhubungan dengan keabsahan klaim atau hak paten manapun yang berhubungan dengannya. Pemegang paten telah menyatakan kesediaan untuk memberikan lisensi dengan persyaratan dan ketentuan yang wajar dan tanpa diskriminasi kepada pengguna.

12.1 Umum

Sambungan momen *Simpson Strong-Tie® Strong Frame®* adalah sambungan yang terkekang sebagian (*partially restrained*) yang menggunakan sambungan pelat geser yang dimodifikasi (sambungan pelat geser tunggal) untuk menyalurkan geser dan menggunakan sambungan Stab T yang dimodifikasi (*Yield-Link™* sekring struktural) untuk menyalurkan momen, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.1. Pelat geser menggunakan sambungan tiga baut dengan lubang baut atas dan bawah pada pelat geser berupa slot horizontal dan lubang baut tengah berupa lubang standar. Semua lubang pada badan balok merupakan lubang standar. Hal ini untuk mencegah adanya penyaluran momen melalui sambungan pelat geser. Sementara semua baut pelat geser berpartisipasi dalam menahan geser, baut tengah didesain juga untuk menahan gaya aksial balok pada sambungan. Sambungan Stab T yang dimodifikasi, yang dibaut ke sayap balok dan sayap kolom, dikonfigurasi sebagai perangkai leleh dan mengandung area leleh yang tereduksi di badan perangkai yang dicegah terhadap tekuk saat tertekan dengan menggunakan pelat tambahan sebagai penahan tekuk. Sambungan tersebut didasarkan pada pendekatan desain kapasitas, dengan respons sambungan tetap elastis terhadap kombinasi beban terfaktor, dan kebutuhan rotasi inelastis dibatasi hanya di dalam sambungan tersebut dengan perilaku inelastis terekspektasi pada komponen struktur, jika ada.

* Hak milik dari desain sekring struktural *Yield-Link* dan penggunaannya dalam sambungan penahan momen dilindungi oleh Paten A.S. Nos.: 8,375,652; 8,001,734; 8,763,310; Paten Jepang. No. : 5398980; dan Paten China. No. : ZL200710301531.4. Perlindungan paten US dan negara asing lainnya sedang dalam proses.

12.2 Sistem

Sambungan *Simpson Strong-Tie* adalah prakualifikasi untuk digunakan dalam Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMT) dalam batas-batas ketentuan di peraturan ini.

12.3 Batas Prakualifikasi

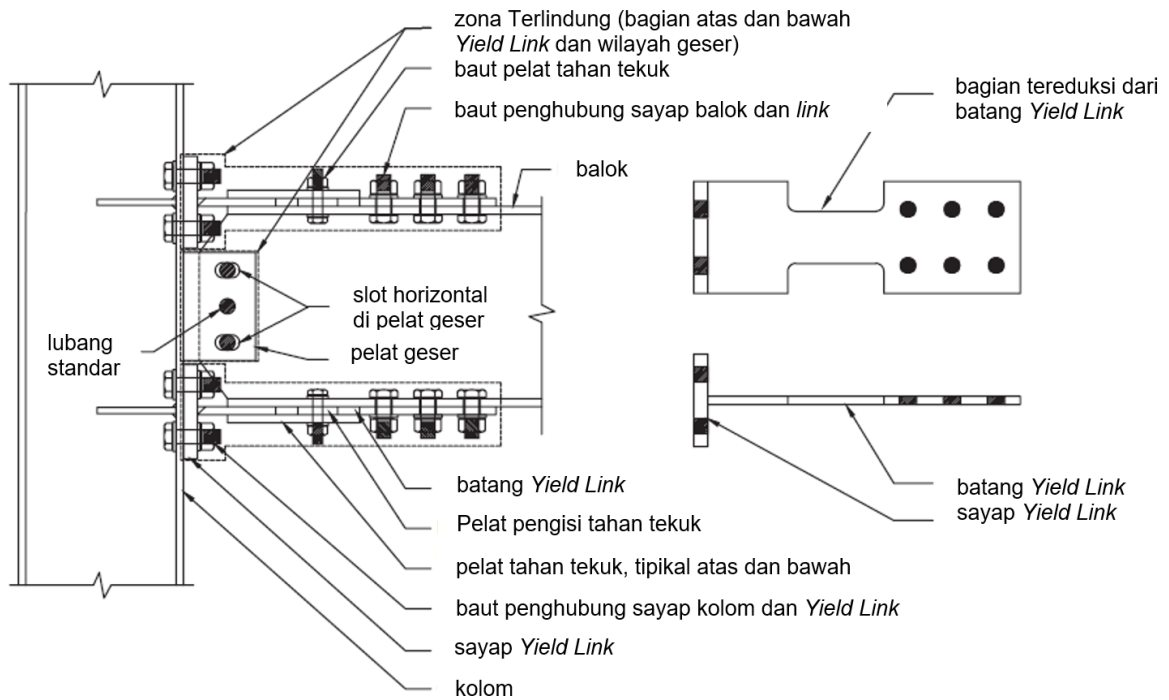
12.3.1 Pembatasan Balok

Balok harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Balok merupakan WF gilasan atau profil I tersusun hasil dari pengelasan.
- (2) Tinggi balok untuk penampang gilasan maksimal W16 (W410). Ketinggian untuk penampang balok tersusun tidak boleh melebihi tinggi maksimum yang diizinkan untuk W16 (W410).
- (3) Tidak ada batasan pada rasio lebar terhadap tebal dari badan balok di luar yang tercantum dalam *SNI Spesifikasi*. Rasio lebar terhadap tebal dari sayap balok tidak boleh melebihi λ_r yang diatur dalam Tabel B4.1b dari *SNI Spesifikasi*, dan tebal sayap harus tidak kurang dari 0,40 in. (10 mm).
- (4) Pembreisan lateral balok dan joint: tidak ada persyaratan untuk stabilitas pembreisan balok atau joint di luar yang ada dalam *SNI Spesifikasi*.

- (5) Zona terlindung harus terdiri dari *Yield-Link*, pelat geser, dan bagian balok yang bersinggungan dengan *Yield-Link* dan pelat geser.

Catatan Pengguna : Pembatasan berat balok dan rasio bentang terhadap tinggi balok tidak diperlukan untuk sambungan momen SST karena sendi plastis pada sambungan terjadi hanya di dalam *Yield-Link*. Rasio bentang terhadap tinggi balok umumnya dibatasi oleh sambungan pelat geser dalam prosedur desain untuk mengontrol gradien momen dan geser dari balok.



Gambar 12.1 Sambungan Momen Strong-Tie Strong Frame

12.3.2 Pembatasan Kolom

Kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Kolom merupakan profil I gilap atau tersusun yang diizinkan dalam Bab 2.3
- (2) Balok harus tersambung ke sayap kolom
- (3) Tinggi penampang kolom penampang gilap maksimal W18 (W460). Untuk penampang tersusun, ketinggian penampang kolom tidak boleh melebihi tinggi maksimum yang diizinkan untuk W18 (W460)
- (4) Tidak ada batasan berat untuk kolom
- (5) Tidak ada persyaratan tambahan untuk tebal sayap
- (6) Rasio lebar terhadap tebal kolom harus memenuhi:
 - a. Jika sambungan kolom ke pondasi didesain untuk menahan rotasi ujung kolom, rasio lebar terhadap tebal kolom harus memenuhi AISC 341 Tabel D1.1 untuk elemen sangat daktail di lantai pertama.

- b. Di lokasi lain dan untuk kondisi lain, rasio lebar terhadap tebal kolom harus memenuhi *SNI Spesifikasi*.

(7) Pembreisan lateral kolom harus disediakan sesuai dengan *SNI Ketentuan Seismik*.

Pengecualian: Ketika kolom dirancang sesuai dengan Pasal 12.9 dan maksimum kekuatan lentur nominal, M_n , di luar zona panel dibatasi $M_n \leq F_y S_x$, pembreisan diizinkan hanya disediakan pada sayap atas balok.

12.3.3 Pembatasan Baut

Baut-baut harus memenuhi pembatasan dalam Bab 4.

Pengecualian:

- (1) Sambungan berikut harus dibuat dengan baut ASTM F3125 Mutu A325 atau A325M yang dapat berupa baut kencang (*snug tight*) atau pratarik (*pretensioned*), kecuali sebagaimana disebutkan. Penggunaan baut ASTM F1852 diizinkan untuk pratarik.
 - a. Baut pada sambungan sayap *Yield-Link* ke sayap kolom.
 - b. Baut pada pelat penahan tekuk dipasang dengan kencang (*snug-tight*).
 - c. Baut pada pelat geser
- (2) Baut pada sambungan batang *Yield-Link* ke sayap balok harus merupakan pratarik ASTM F3125 Mutu A325, A325M, A490, A490M, F1852 atau rakitan dari baut F2280. Persiapan permukaan yang melekat antara batang *Yield-Link* dan sayap balok tidak diperlukan, tetapi permukaan yang melekat tidak boleh dicat.

12.4 Pembatasan Pada Hubungan Balok Kolom

Sambungan balok ke kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Zona panel harus memenuhi persyaratan *SNI Spesifikasi*.
- (2) Rasio momen sambungan balok ke kolom dibatasi sebagai berikut:
 - (a) Untuk sistem SRPMK, rasio momen sambungan balok ke kolom harus sesuai dengan persyaratan *SNI Ketentuan Seismik*. Nilai $\sum M_{pb}^*$ harus diambil sama dengan $\sum (M_{pr} + M_{uv})$, dengan M_{pr} dihitung sesuai dengan Persamaan 12.9-16, dan dengan M_{uv} adalah momen tambahan karena amplifikasi geser dari baut tengah pada pelat geser ke garis tengah kolom. M_{uv} dihitung sebagai $V_u(a+d_c/2)$, dengan V_u adalah geser pada sambungan pelat geser yang dihitung pada Langkah 12 dari Bab 12.9, a adalah jarak dari garis tengah baut pelat geser ke muka kolom seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.3c, dan d_c adalah ketinggian penampang kolom.
 - (b) Untuk sistem SRPMM, rasio momen sambungan balok ke kolom harus sesuai dengan persyaratan *SNI Ketentuan Seismik*.

12.5 Pelat Penerus

Pelat penerus harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

SNI 7972:2020

- (1) Kebutuhan akan pelat penerus harus ditentukan sesuai dengan Bab 12.9.
- (2) Apabila diperlukan, pelat penerus harus didesain sesuai dengan *SNI Spesifikasi*.
- (3) Pelat penerus dapat dilas ke sayap kolom dan badan kolom dengan las filet.

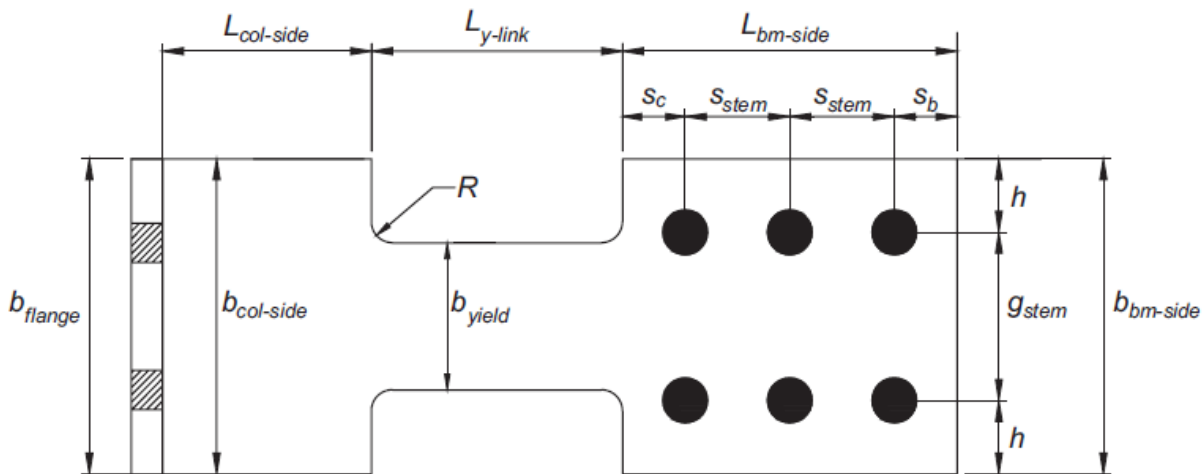
12.6 Pembatasan las sayap ke batang *Yield-Link*

Sambungan sayap ke batang *Yield-Link* dapat berupa las gruv PJK atau las filet dua sisi

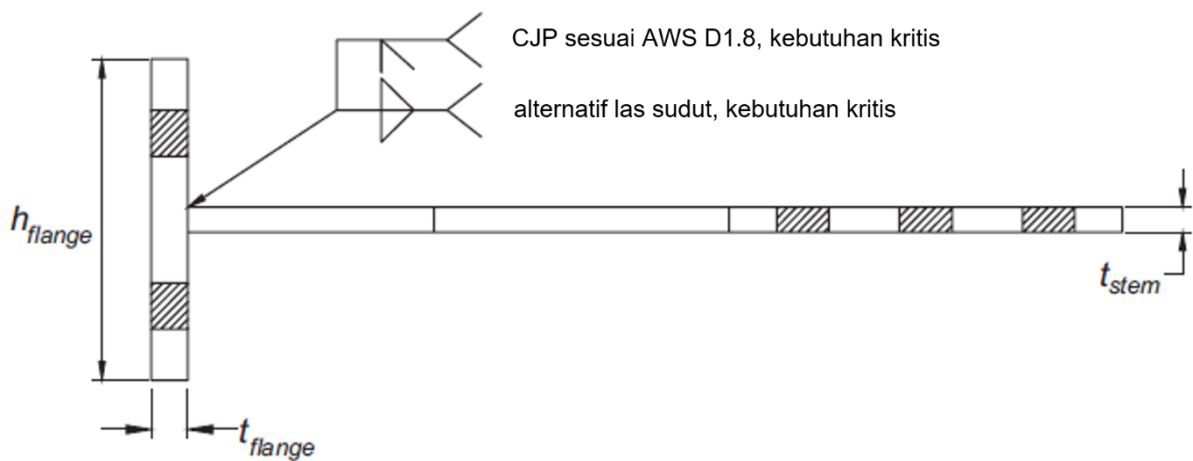
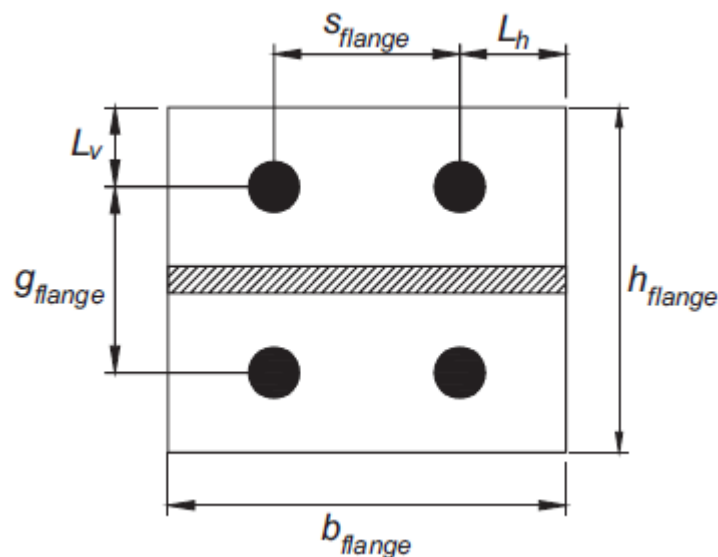
- (1) Las gruv PJK harus memenuhi persyaratan kebutuhan las kritis dalam *SNI Ketentuan Seismik*.
- (2) Las filet dua sisi harus dirancang untuk mengembangkan kekuatan tarik batang *Yield-Link* yang tidak direduksi pada sisi kolom, $b_{col-side}$, dan harus memenuhi kebutuhan kritis.

12.7 Pabrikasi Pemotongan *Yield-Link*

Bagian yang direduksi dari *Yield-Link* harus dipotong menggunakan metode berikut: laser, plasma, atau metode jet air (*water-jet*). Kekasaran maksimum permukaan potong adalah 250 μ -in. (6,5 mikron) sesuai dengan ASME B46.1. Semua transisi antara bagian yang direduksi dari *Yield-Link*, dan bagian yang tidak tereduksi dari *Yield-Link* harus menggunakan jari-jari, R, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.2a, dengan $R = 1/2$ in. (12 mm) Toleransi pemotongan pada bagian yang tereduksi harus $\pm 1/16$ in (2 mm) dari garis potong teoritis.



(a) Tampak Atas *Yield-Link*

(b) Potongan *Yield-Link*(c) Detail Sayap *Yield-Link***Gambar 12.2 Geometri *Yield-Link***

12.8 Pendetailan Sambungan

12.8.1 Pencoakan Balok

Balok harus dicoak sesuai dengan Gambar 12.3(a)

12.8.2 *Yield-Link*

Yield-Link harus sesuai dengan persyaratan Gambar 12.2 dan 12.3, dan harus dilas dari material ASTM A572 Mutu 50 atau dipotong dari penampang gelas sesuai dengan spesifikasi Mutu 50 pada ASTM A992 atau ASTM A913. Tebal batang *Yield-Link* harus 0,50 in (13 mm), dengan toleransi tebal plus 0,03 in (0,8 mm) dan minus 0,01 in (0,25 mm). Jarak tepi sayap *Yield-Link*, L_v dan L_h , harus sesuai dengan Tabel SNI Spesifikasi J3.4 atau J3.4M.

12.8.3 Baut Pada Sambungan Pelat Geser

Sambungan pelat geser harus mencakup satu kolom dengan tiga baut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.1. Lubang atas dan lubang bawah pada pelat geser harus merupakan lubang slot mengikuti Bab 12.8.5 (b).

12.8.4 Las Sambungan Geser Pada Pelat Geser

Sambungan pelat geser tunggal harus dilas ke sayap kolom. Las untuk pelat geser tunggal ke sayap kolom dapat terdiri dari las filet dua sisi, las PJP, atau las PJK, berukuran sesuai dengan Bab 12.9, Langkah 15.4.

12.8.5 Persyaratan Lubang Baut

- a) Lubang baut standar harus disediakan dalam sayap balok dan badan balok. Lubang yang terlalu besar atau slot vertikal diizinkan di sayap kolom.
- b) Lubang atas dan lubang bawah pada pelat geser harus merupakan lubang slot untuk mengakomodasi rotasi sambungan paling sedikit 0,07 rad. Lubang tengah pada pelat geser harus merupakan lubang standar.
- c) Lubang baut pada batang *Yield-Link* dan sayap balok harus dibuat dengan pengeboran, subpons, pelebaran/pembesaran, pemotongan laser, pemotongan plasma, atau dipotong dengan metode jet air (*water jet*). Kekasaran permukaan lubang baut harus sesuai dengan persyaratan *SNI Spesifikasi*.

12.8.6 Rakitan Tahan Tekuk

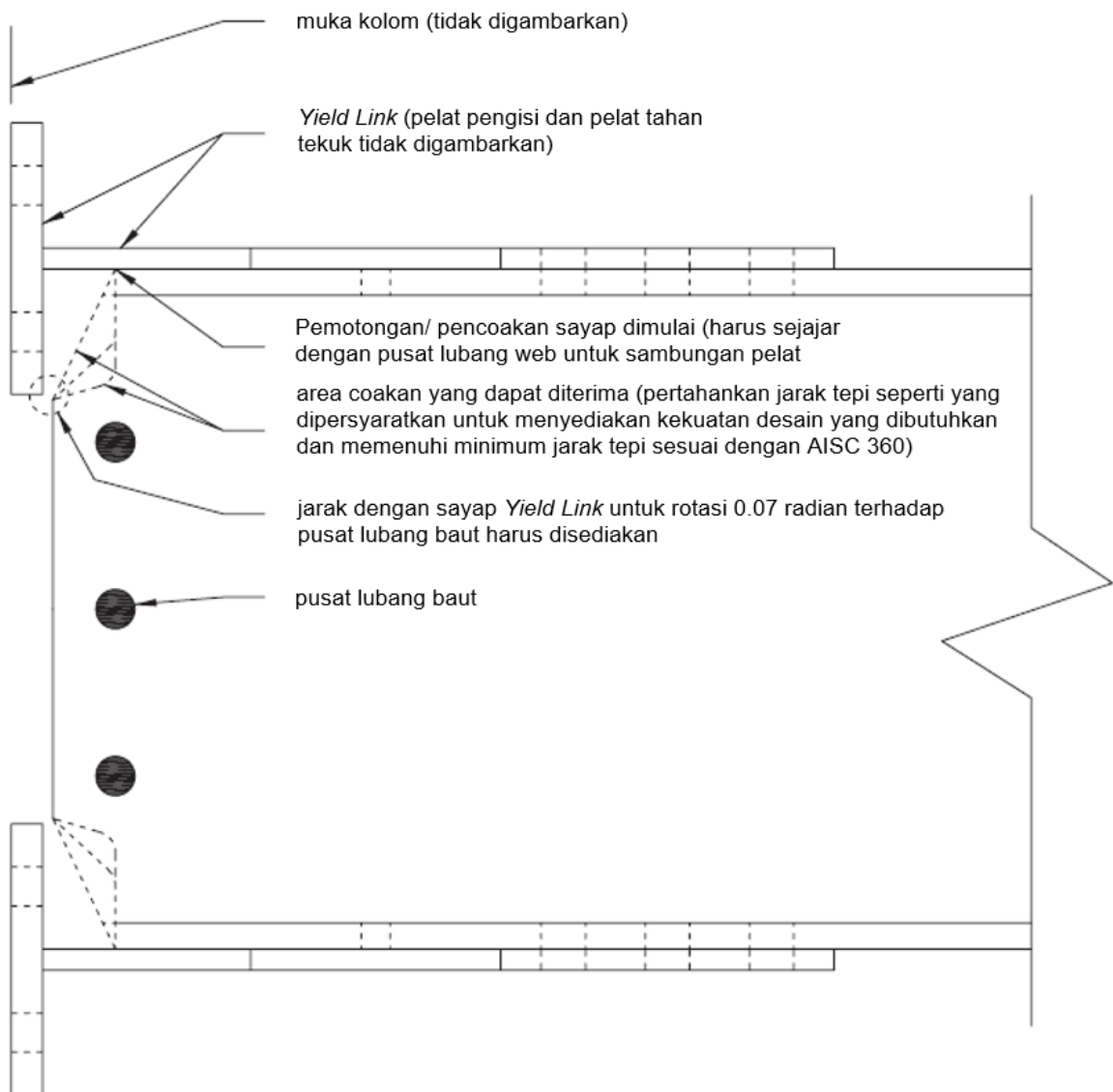
Rakitan tahan tekuk terdiri dari pelat tahan tekuk, pelat pengisi tahan tekuk, dan baut tahan tekuk dan harus sesuai dengan persyaratan Gambar 12.3. Pelat tahan tekuk harus setebal 0,875 in. (22 mm), dengan tegangan leleh minimum yang ditentukan untuk $F_y \geq 50$ ksi (345 MPa) dan harus meluas ke ujung daerah potongan pada pelat *Yield-Link*. Pelat pengisi tahan tekuk harus memiliki tebal yang sama pada batang *Yield-Link*, dengan tegangan leleh minimum terspesifikasi untuk $F_y \geq 36$ ksi (250 MPa). Baut tahan tekuk harus memiliki diameter minimum 0,625 in. (16 mm) dan diameter maksimum 0,75 in. (20 mm).

12.8.7 Sisipan

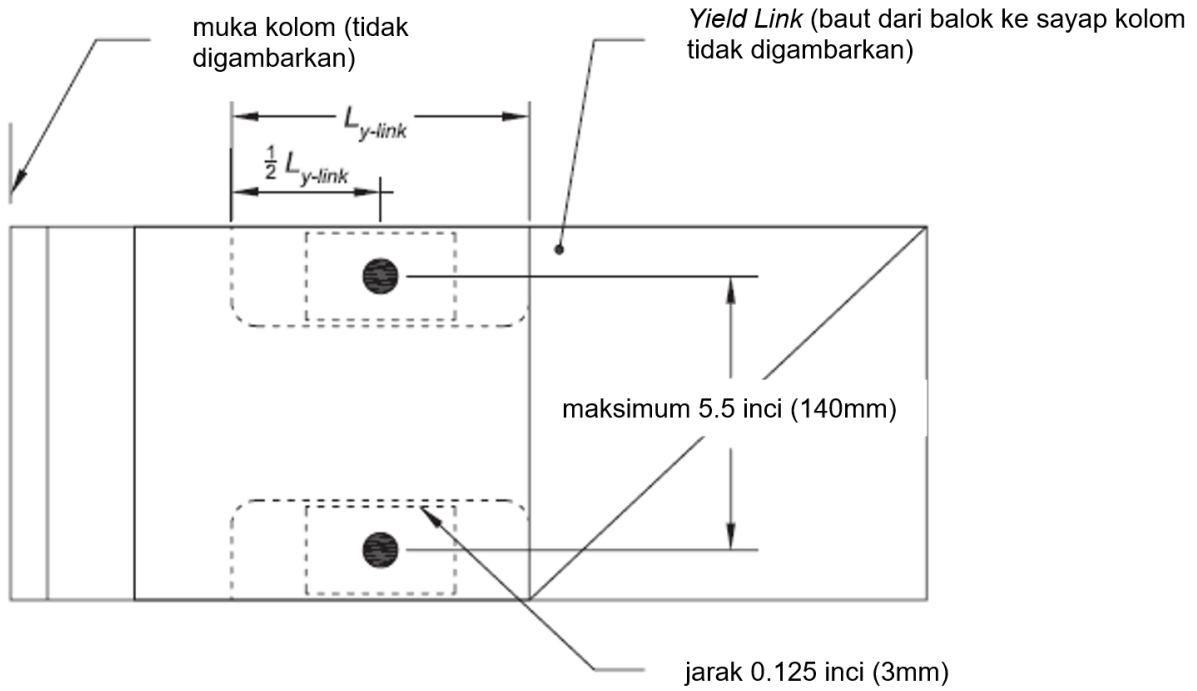
Penggunaan sisipan berbentuk jari pada sayap *Yield-Link* ke sayap kolom boleh digunakan apabila memenuhi persyaratan Spesifikasi RCSC.

12.9 Prosedur Desain

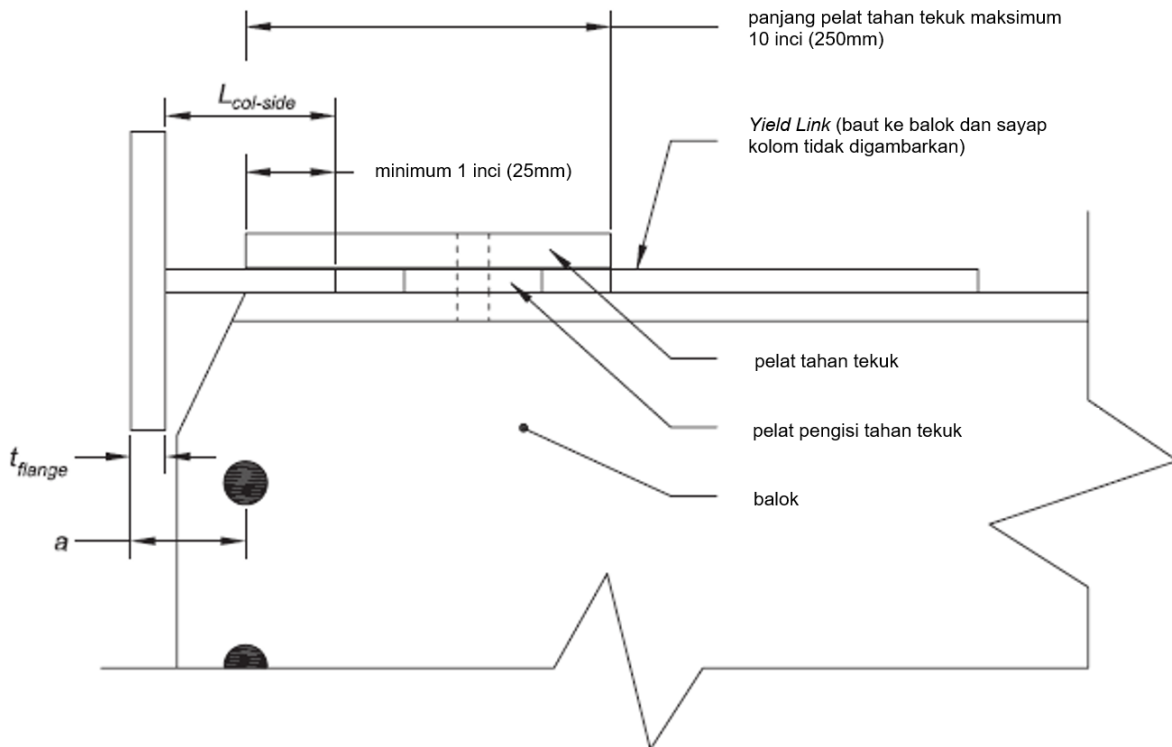
Langkah 1. Pilih nilai-nilai coba untuk penampang balok dan penampang kolom yang sesuai dengan persyaratan prakualifikasi pada Pasal 12.3 dengan asumsi bahwa sambungan balok ke kolom sepenuhnya terkekang penuh dan memenuhi semua kombinasi beban yang disyaratkan oleh peraturan bangunan yang berlaku. Perkirakan simpangan tingkat desain yang memenuhi batasan dalam peraturan gedung yang berlaku sebagai 1,2 kali lebih besar dari nilai yang dihitung dengan asumsi bahwa sambungan terkekang penuh



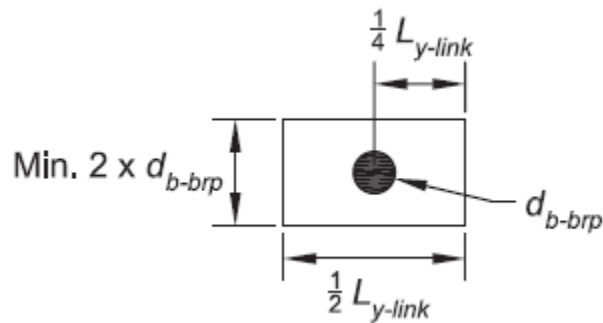
(a) Pencoakan balok



(b) Penempatan pelat pengatur jarak tahan tekuk



(c) Pelat tahan tekuk dan Batasan $L_{col-side}$ Yield-Link



(d) Dimensi pelat pengatur jarak penahan tekuk

Gambar 12.3 Detail sambungan

Langkah 2. Periksa kekuatan dan lendutan balok dengan asumsi balok tertumpu sederhana di antara sambungan pelat geser. Periksa kekuatan balok untuk kombinasi beban vertikal yang disyaratkan dalam peraturan bangunan yang berlaku. Periksa bahwa lendutan balok akibat beban mati dan beban hidup kurang dari $L_h/360$, dengan L_h adalah panjang balok antara pusat baut pelat geser di setiap ujung balok.

Catatan Pengguna : Pemeriksaan defleksi berfungsi untuk memperkirakan kekakuan balok yang diperlukan untuk membatasi rotasi ujung dari elemen. Nilai-nilai lain mungkin dapat diterima.

Langkah 3. Estimasi kekuatan leleh *Yield-Link* yang dibutuhkan dari langkah 1

$$P'_{y-link} = M_u / \phi_b d \quad (12.9-1)$$

$$A'_{y-link} = P'_{y-link} / F_{y-link} \quad (12.9-2)$$

dengan

A'_{y-link} = Area leleh *Yield-Link* terestimasi yang dibutuhkan, in². (mm²)

F_{y-link} = tegangan leleh minimum terspesifikasi dari bahan batang *Yield-Link*, ksi (MPa)

M_u = kebutuhan momen dari analisis elastik dengan asumsi bahwa sambungan terkekang penuh, kip-in (N-mm)

P'_{y-link} = Gaya leleh *Yield-Link* terestimasi yang dibutuhkan, kips (N)

d = tinggi balok, in. (mm)

ϕ_b = 0,9

Langkah 4. Tentukan lebar dan panjang *Yield-Link* yang tidak direduksi pada sisi kolom. Lihat Gambar 12.2 (a).

Langkah 4.1. Tentukan lebar batang *Yield-Link* yang tidak direduksi, $b_{col-side}$ dan $b_{bm-side}$.

Catatan Pengguna : Coba atur $b_{col-side}$ dan $b_{bm-side}$ sama dengan lebar sayap minimum pada masing-masing balok dan kolom.

Langkah 4.2. Panjang batang *Yield-Link* yang tidak direduksi pada sisi kolom, $L_{col-side}$, harus memiliki panjang maksimum sama dengan 5 in. (127 mm) dan panjang minimum sama dengan $a - t_{flange} + 1$ in. ($a - t_{flange} + 25$ mm). Lihat Gambar 12.3 (c).

Langkah 5. Tentukan lebar bagian yang leleh dari batang *Yield-Link*, b_{yield} , dengan tebal batang *Yield-Link*, t_{stem} , harus diambil 1/2 in. (13 mm).

$$b_{yield,req'd} \geq A'_{y-link} / t_{stem} \quad (12.9-3)$$

Nilai $b_{yield,req'd}$ tidak boleh melebihi paling nilai terkecil dari $0,5b_{col-side}$, $0,5b_{bm-side}$, atau 3 1/2 in. (88 mm).

Langkah 6. Tentukan panjang leleh minimum dari batang *Yield-Link*, L_{y-link} , sedemikian sehingga regangan aksial di bagian lurus dari *Yield-Link* kurang dari atau sama dengan 0,085 in./in. pada kondisi 0,05 rad rotasi sambungan.

$$L_{y-link} = \frac{0,05}{0,085} \left(\frac{d+t_{stem}}{2} \right) + 2R \quad (12.9-4)$$

dengan R, jari-jari antara lebar tereduksi dan lebar tidak tereduksi pada sisi balok dan sisi kolom, diambil sebesar 1/2 in. (13 mm).

Langkah 7. Hitung kekuatan leleh terekspektasi dan kekuatan tarik maksimum yang mungkin terjadi dari *Yield-Link*.

$$P_{ye-link} = A_{y-link} R_y F_{y-link} \quad (12.9-5)$$

$$P_{r-link} = A_{y-link} R_t F_{u-link} \quad (12.9-6)$$

dengan

A_{y-link} = area dari bagian *Yield-Link* yang tereduksi (b_{yield})(t_{stem}), in². (mm²)

F_{u-link} = kekuatan tarik minimum terspesifikasi dari material batang *Yield-Link*, ksi (MPa)

R_t = rasio kekuatan tarik terekspektasi terhadap kekuatan tarik minimum, F_u , yang terkait dengan kekuatan lebih pada tegangan leleh material, R_y , diambil 1,2 untuk bahan batang *Yield-Link*

R_y = rasio tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum terspesifikasi, F_y ; diambil 1,1 untuk material batang *Yield-Link*

Langkah 8. Tentukan lebar yang tidak direduksi, $b_{bm-side}$, dan panjang yang tidak direduksi, $L_{bm-side}$, di sisi balok *Yield-Link* menggunakan P_{r-link} dari Langkah 7.

Langkah 8.1. Desain baut untuk menyalurkan geser antara batang *Yield-Link* dan sayap balok sesuai *SNI Spesifikasi* dan menentukan diameter baut, d_{b-stem} .

Langkah 8.2. Tentukan lebar batang *Yield-Link* yang tidak tereduksi pada sisi balok, $b_{bm-side}$.

Catatan Pengguna : Coba atur $b_{bm-side}$ sama dengan $b_{col-side}$ dari Langkah 4.1.

Langkah 8.3. Tentukan panjang batang *Yield-Link* yang tidak direduksi pada balok $L_{bm-side}$.

$$L_{bm-side} = |s_c + [(n_{rows} - 1) \times s_{stem}] + s_b| \quad (12.9-7)$$

dengan

n_{rows} = jumlah baris baut dari Langkah 8.1

s_b = jarak dari pusat baris terakhir baut ke ujung sisi balok dari batang *Yield-Link*, dari Tabel J3.4 dari *SNI Spesifikasi*, in. (mm)

s_c = jarak dari bagian *Yield-Link* yang tereduksi ke tengah baris pertama dari baut, sama dengan $1,5d_{b-stem}$, in. (mm)

s_{stem} = jarak antar baris baut untuk batang *Yield-Link* ke sambungan sayap balok, minimum $2 \frac{2}{3} d_{b-stem}$, in. (mm)

Langkah 8.4. Periksa batang *Yield-Link* di sisi balok untuk kondisi leleh tarik, sobek tarik, sobek blok geser, dan tahanan tumpu baut (dengan deformasi lubang menjadi pertimbangan desain) sesuai *SNI Spesifikasi*. Periksa sayap balok untuk tahanan tumpu baut (dengan deformasi pada lubang baut menjadi pertimbangan desain) dan sobek blok geser sesuai *SNI Spesifikasi*.

Langkah 9. Desain sambungan sayap *Yield-Link* ke sayap kolom menggunakan P_{r-link} dari Langkah 7.

Langkah 9.1. Desain baut untuk menyalurkan gaya tarik antara sayap *Yield-Link* dan sayap kolom sesuai *SNI Spesifikasi* dan tentukan diameter baut sayap, $d_{b-sayap}$. Gaya tarik yang diperlukan per baut di sambungan sayap *Yield-Link* ke sayap kolom, r_t , sama dengan $P_{r-link} / 4$.

Langkah 9.2. Tentukan tebal sayap *Yield-Link*, t_{flange} , yang diperlukan untuk mengeliminasi aksi ungit.

$$t_{flange} = \sqrt{\frac{4r_t b'}{p \phi_d F_u}} \quad (12.9-8)$$

$$b' = (b - d_{b-flange} / 2) \quad (12.9-9)$$

dengan

- b = jarak vertikal dari garis tengah baut pada sayap *Yield-Link* ke muka batang *Yield-Link*, in. (mm)
- $d_{b-flange}$ = diameter baut yang menghubungkan sayap *Yield-Link* dan sayap kolom, in. (mm)
- p = minimum $b_{flange} / 2$ atau s_{flange} , in. (mm)

Langkah 9.3. Periksa tebal sayap *Yield-Link*, t_{flange} , untuk leleh geser dan sobek geser sesuai *SNI Spesifikasi*.

Langkah 9.4. Desain las batang ke sayap dari *Yield-Link* sebagai las PJK atau las filet dua sisi yang akan mengembangkan kekuatan tarik *Yield-Link* di sisi kolom, P_{r-weld} :

$$P_{r-weld} = b_{col-side} t_{stem} R_t F_{u-link} \quad (12.9-10)$$

Langkah 10. Pilih pelat penahan tekuk (BRP) sesuai Bab 12.8.6.

Langkah 11. Verifikasi simpangan elastis dari portal dan kebutuhan momen dari sambungan dengan memperhitungkan kekakuan sambungan aktual.

Langkah 11.1. Modelkan sambungan menggunakan sepasang *link* aksial nonlinier atau sebuah pegas rotasi nonlinier pada setiap sambungan, yang ditentukan dari properti berikut ini:

$$\begin{aligned}
 K_1 &= \text{kontribusi kekakuan aksial elastis akibat kekakuan lentur sayap } \textit{Yield-Link}, \text{ kip / in. (N / mm)} \\
 &= \frac{(0,75)(192)E \left(\frac{W_{col-side} t_{flange}^3}{12} \right)}{g_{flange}^3} \quad (12.9-11) \\
 K_2 &= \text{kontribusi kekakuan aksial elastis akibat bagian } \textit{Yield-Link} \text{ yang tidak leleh, kip / in. (N / mm)}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{t_{stem} b_{col-side} E}{L_{col-side} + s_c + l_v} \quad (12.9-12)$$

dengan

$l_v = 0$ saat jumlah baut yang digunakan pada sambungan *Yield-Link* ke balok ≤ 4

$= s_{stem}/2$ saat lebih dari 4 baut digunakan pada sambungan *Yield-Link* ke balok

$K_3 =$ kontribusi kekakuan aksial elastis akibat bagian *Yield-Link* yang leleh, kip / in. (N / mm)

$$= \frac{t_{stem} b_{yield} E}{L_{y-link}} \quad (12.9-13)$$

$K_{eff} =$ kekakuan aksial elastis efektif dari *Yield-Link*, kip / in. (N / mm)

$$= \frac{K_1 K_2 K_3}{K_1 K_2 + K_2 K_3 + K_1 K_3} \quad (12.9-14)$$

$M_{pr} =$ kapasitas momen maksimum yang mungkin terjadi dari sepasang *Yield-Link*, kip / in. (N / mm)

$$= \frac{P_{r-link}(d+t_{stem})}{2} \quad (12.9-16)$$

$M_{ye-link} =$ momen leleh terekspektasi dari sepasang *Yield-Link*, kip / in. (N / mm)

$$= \frac{P_{ye-link}(d+t_{stem})}{2} \quad (12.9-15)$$

$n_{bolt} =$ jumlah baut dalam sambungan batang *Yield-Link* ke sayap balok

$\Delta_{0.04} =$ deformasi aksial *Yield-Link* pada 0.04 rad rotasi sambungan

$$= \frac{0.04(d+t_{stem})}{2} \quad (12.9-17)$$

$\Delta_{0.07} =$ deformasi aksial *Yield-Link* pada 0.07 rad rotasi sambungan

$$= \frac{0.07(d+t_{stem})}{2} \quad (12.9-18)$$

$\Delta_y =$ deformasi aksial *Yield-Link* saat leleh

$$= \frac{P_{ye-link}}{K_{eff}} \quad (12.9-19)$$

$\theta_y =$ rotasi sambungan *Yield-Link* saat leleh

$$= \frac{\Delta_y}{0.05(d+t_{stem})} \quad (12.9-20)$$

Semua istilah lain sebelumnya sudah didefinisikan atau ditunjukkan pada Gambar 12.2. Lihat Gambar 12.4 (a) untuk plot gaya aksial *Yield-Link* versus deformasi aksial *Yield-Link*. Lihat Gambar 12.4 (b) untuk hubungan momen versus rotasi yang diperlukan untuk analisis dan pemodelan sambungan momen *Simpson Strong-Tie*.

Langkah 11.2. Dalam pertimbangan batas simpangan dan semua kombinasi beban yang disyaratkan oleh peraturan bangunan yang berlaku, tetapi tidak termasuk beban seismik yang diamplifikasi, verifikasi bahwa:

(a) Kebutuhan momen sambungan, M_u , kurang dari atau sama dengan kapasitas momen desain sambungan, ϕM_n , dengan mengambil ϕ sebesar 0,90 dan M_n sebagai $M_{ye-link} / R_y$.

(B) Simpangan memenuhi batas yang berlaku.

Sesuaikan kekakuan sambungan dan / atau jumlah sambungan yang diperlukan untuk memenuhinya.

Langkah 12. Tentukan kekuatan geser yang dibutuhkan, V_u , dari balok dan sambungan badan balok ke sayap kolom menggunakan:

$$V_u = \frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{gravity} \quad (12.9-21)$$

dengan

- L_h = jarak horizontal antara garis tengah baut pada pelat geser di setiap ujung balok, in. (mm)
- $V_{gravity}$ = gaya geser pada balok, kips (N), dihasilkan dari $1,2D + f_1L + 0,2S$ (Dengan f_1 adalah faktor beban yang ditentukan oleh peraturan bangunan yang berlaku untuk beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5). Gaya geser di sambungan pelat geser harus ditentukan dari diagram benda bebas dari bagian balok antara sambungan pelat geser

Catatan Pengguna : Kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ memenuhi *ASCE/SEI 7-16*. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 untuk S (salju) ketika konfigurasi atap sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

Langkah 13. Verifikasi ukuran balok dan kolom yang dipilih pada Langkah 1.

Langkah 13.1. Balok harus memenuhi *SNI Spesifikasi* dengan mempertimbangkan:

- Beban gravitasi dari semua kombinasi beban yang berlaku.
- Gaya aksial akibat efek seismik ditentukan sebagai minimum dari maksimum yang dapat dihantarkan oleh sistem atau dari beban seismik yang diamplifikasi.
- Penerapan M_{pr} di setiap ujung balok sesuai yang dibutuhkan.

Langkah 13.2. Kekuatan kolom harus memenuhi *SNI Spesifikasi* dengan mempertimbangkan beban dari semua kombinasi beban dalam peraturan bangunan yang berlaku, dengan efek seismik ditentukan dari minimum dari maksimum yang dapat dihantarkan oleh sistem atau beban seismik yang diamplifikasi. Menurut Bab 12.3 2. (7), jika pembreisan kolom hanya disediakan pada level sayap atas balok, selain persyaratan *SNI Spesifikasi*, maksimum kekuatan lentur desain kolom di luar zona panel, $\phi_b M_n$, harus diambil sebagai $\phi_b M_n \leq \phi_b F_y S_x$, dengan $\phi_b = 0,90$.

Langkah 14. Periksa persyaratan hubungan balok kolom sesuai dengan Pasal 12.4.

Langkah 15. Desain sambungan badan balok ke sayap kolom untuk kekuatan yang dibutuhkan berikut ini:

M_{u-sp} = momen pelat geser pada muka kolom, kip-in. (N-mm)

$$= V_u a$$

P_{u-sp} = kekuatan aksial yang dibutuhkan dari sambungan harus diambil sebagai minimum dari berikut ini:

- Gaya aksial maksimum yang dapat dihantarkan oleh sistem.
- Gaya aksial dihitung menggunakan kombinasi beban yang berlaku pada peraturan bangunan, termasuk beban seismik yang diamplifikasi.

V_u = V_u dari Langkah 12

a = jarak horizontal dari garis tengah lubang baut di pelat geser ke muka kolom, in. (mm). Lihat Gambar 12.3 (c).

Langkah 15.1.

- Hitung geser baut maksimum pada pelat geser dengan mengukur pusat baut pelat geser yang menahan semua beban aksial dari balok dan sebagian beban vertikal,

V_{u-bolt}

$$V_{u-bolt} = \sqrt{P_{u-sp}^2 + \left(\frac{V_u}{n_{bolt-sp}}\right)^2} \quad (12.9-22)$$

SNI 7972:2020

dengan $n_{bolt-sp}$ adalah 3, jumlah baut di pelat geser
 (b) Pilih diameter baut, d_{b-sp} yang memenuhi *SNI Spesifikasi*.

Langkah 15.2. Tentukan geometri pelat geser yang dibutuhkan untuk mengakomodasi rotasi sambungan $\pm 0,07$ rad.

$$L_{slot} = d_{b-sp} + 1/8in + 0.14s_{vert} \quad (12.9-23)$$

$$L_{slot} = d_{b-sp} + 3 \text{ mm} + 0.14s_{vert} \quad (12.9-23M)$$

dengan

- d_{b-sp} = Diameter baut pelat geser, in (mm)
- s_{vert} = Jarak vertikal dari pusat baut atas (atau bawah) pelat geser ke pusat baut pada pelat geser, in (mm)

Langkah 15.3. Periksa pelat geser untuk leleh geser, leleh tarik, sobek geser, sobek tarik, blok geser, kombinasi tarik dan leleh lentur pada muka kolom, dan tumpu baut, ketika deformasi pada lubang baut menjadi pertimbangan desain, sesuai *SNI Spesifikasi*.

Langkah 15.4. Tentukan ukuran las pada joint pelat geser dan sayap kolom geser yang dapat mengembangkan lentur, tarik dan geser dari pelat. Untuk las filet dua sisi, minimum ukuran kaki las harus $5/8 t_p$.

Langkah 15.5. Periksa badan balok untuk leleh geser, leleh tarik, sobek geser, sobek tarik, blok geser, dan tumpu baut, ketika deformasi pada lubang baut menjadi pertimbangan desain, sesuai *SNI Spesifikasi*.

Langkah 15.6. Detailkan potongan sayap dan badan balok sedemikian rupa sehingga sayap dimulai pada titik yang selaras dengan garis tengah baut pelat geser. Periksa ruang bebas untuk pemasangan dan pengencangan yang sesuai. Lihat Gambar 12.3 (a).

Catatan Pengguna : Pemeriksaan badan balok untuk lentur di daerah pemotongan tidak diperlukan selama pemotongan sayap tidak melampaui garis tengah baut pada sambungan pelat geser balok.

Langkah 16. Periksa kekuatan geser zona panel kolom sesuai *SNI Spesifikasi*. Kekuatan geser yang diperlukan harus ditentukan dari penjumlahan kekuatan aksial maksimum yang mungkin terjadi dari *Yield-Link*. Plat ganda harus digunakan sesuai kebutuhan.

Langkah 17. Periksa badan kolom untuk gaya terpusat P_{r-link} , menurut *SNI Spesifikasi*.

Langkah 18. Periksa tebal sayap kolom minimum untuk lentur.

$$t_{cfmin} = \sqrt{\frac{1,11M_{pr}}{\phi_d F_{yc} Y_c}} \quad (12.9-24)$$

dengan

- F_{yc} = kekuatan leleh minimum terspesifikasi dari bahan sayap kolom, ksi (MPa)
- Y_c = parameter mekanisme garis leleh sayap kolom dari Tabel 6.5 atau 6.3. Untuk koneksi yang jauh dari ujung kolom, Tabel 6.5 harus digunakan. Untuk koneksi di ujung kolom, Tabel 6.3 harus digunakan. Sambungan sayap kolom tanpa stiffener pada ujung kolom dapat digunakan jika analisis rasional menunjukkan bahwa kekuatan momen desain dari sayap kolom tanpa stiffener, sebagaimana dikendalikan oleh leleh lentur dari sayap

kolom, memenuhi atau melampaui kebutuhan momen dari sambungan, $M_{pr-link}$.

Langkah 19. Jika pelat penerus atau pelat pengaku diperlukan untuk apapun keadaan batas kolom seperti yang dinyatakan dalam Langkah 17 dan 18, kekuatan yang diperlukan, F_{su} , adalah

$$F_{su} = P_{r-link-minimum} (\phi R_n) \quad (12.9-25)$$

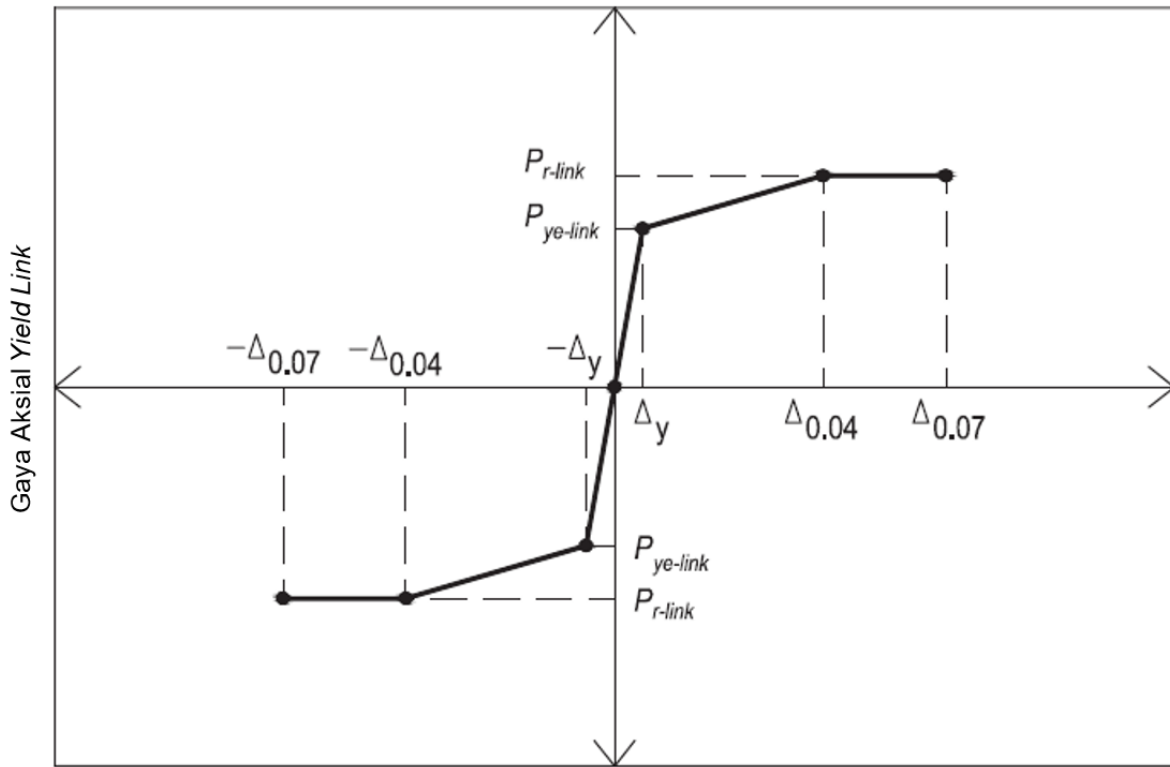
dengan

ϕR_n = Kekuatan desain dari langkah 17, kips (N)

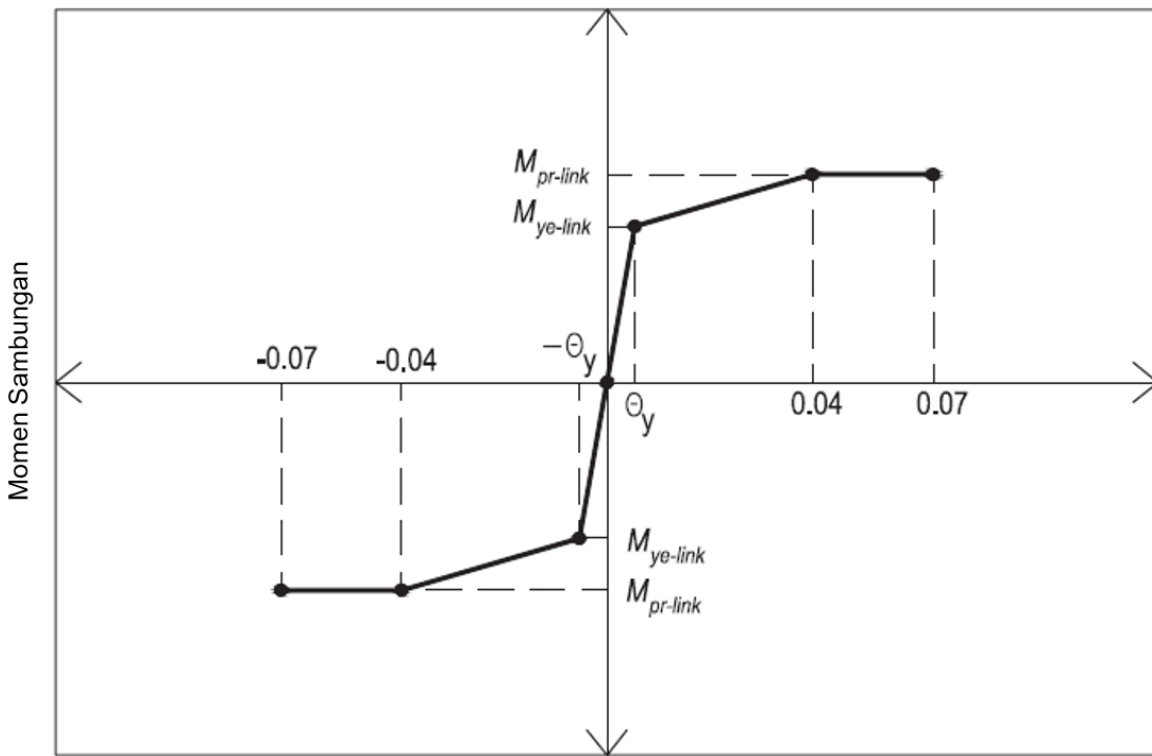
Langkah 19.1. Desain pelat penerus atau pelat pengaku sesuai *SNI Spesifikasi*.

Langkah 19.2. Desain las badan kolom ke stiffener dan las sayap kolom ke stiffener sesuai *SNI Spesifikasi*.

Pelat penerus atau pengaku harus sesuai dengan Bab J10.8 dari *SNI Spesifikasi* dan harus memiliki tebal minimum 1/4 in. (6 mm).



(a) Gaya aksial Yield-Link vs deformasi aksial Yield-Link



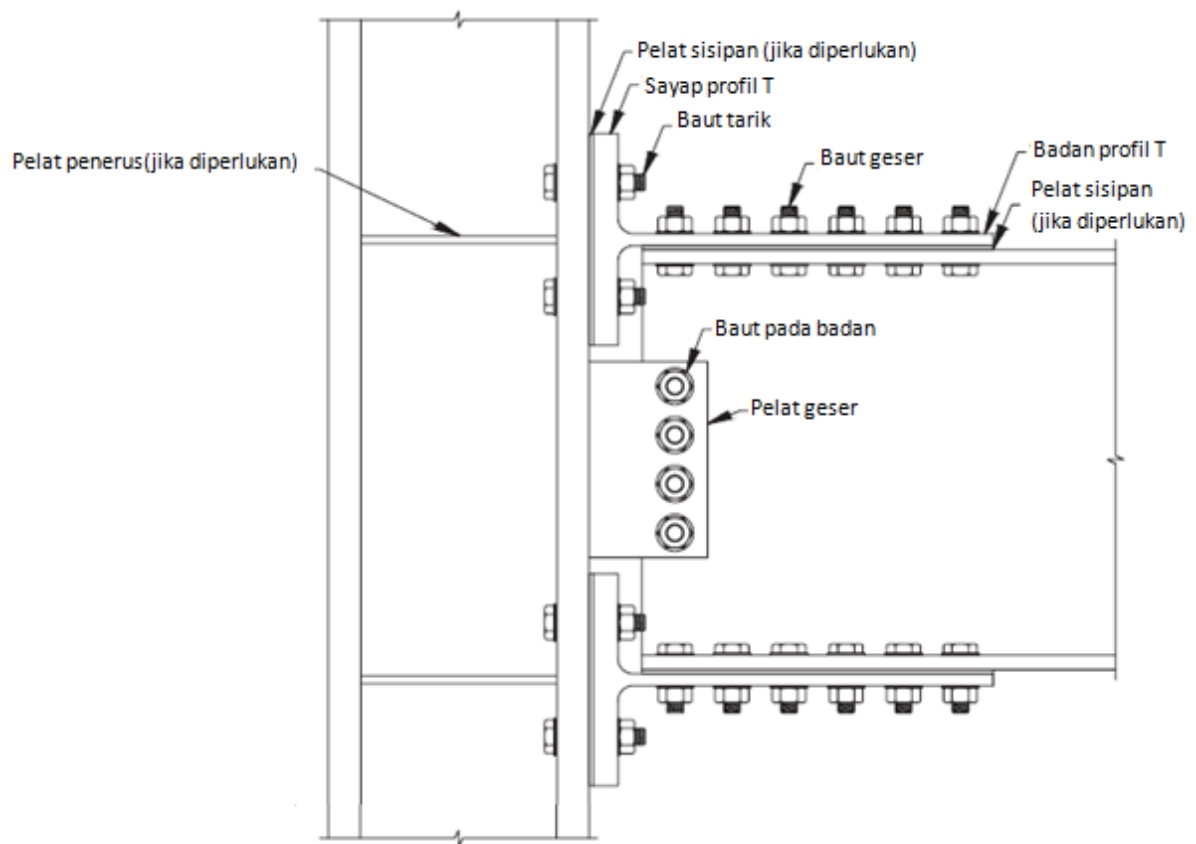
(b) Momen sambungan vs rotasi

Gambar 12.4. Parameter pemodelan sambungan momen Simpson Strong-Tie.

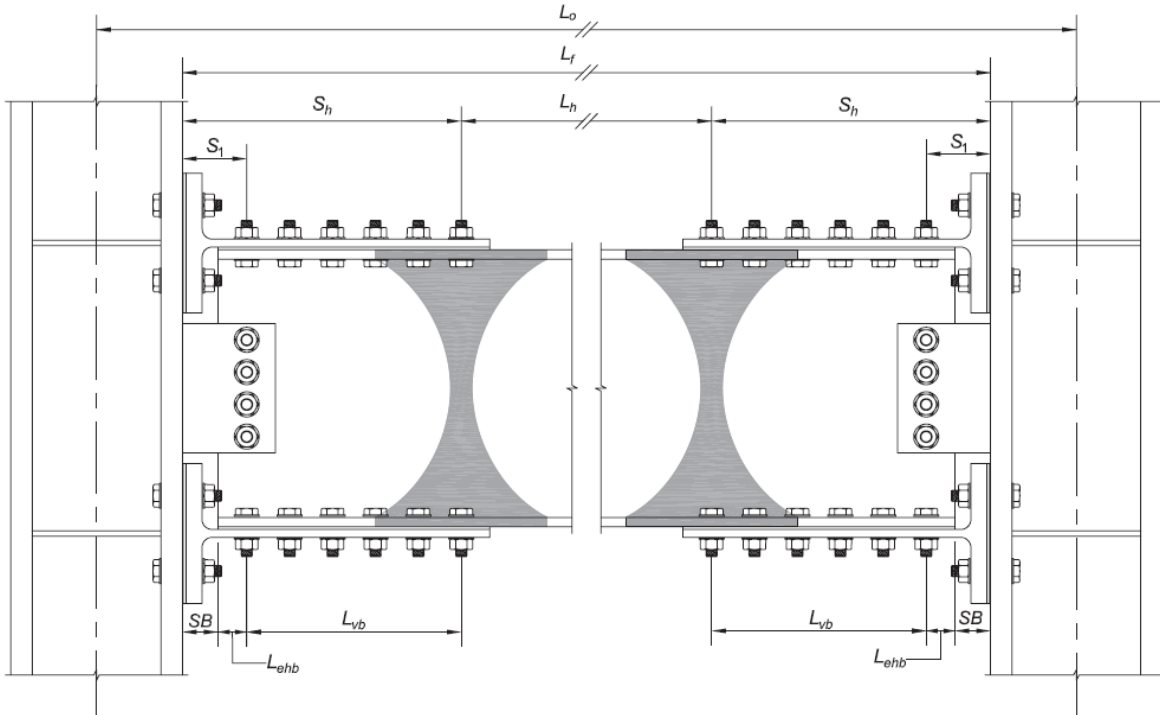
13 Sambungan Momen T Ganda

13.1 Umum

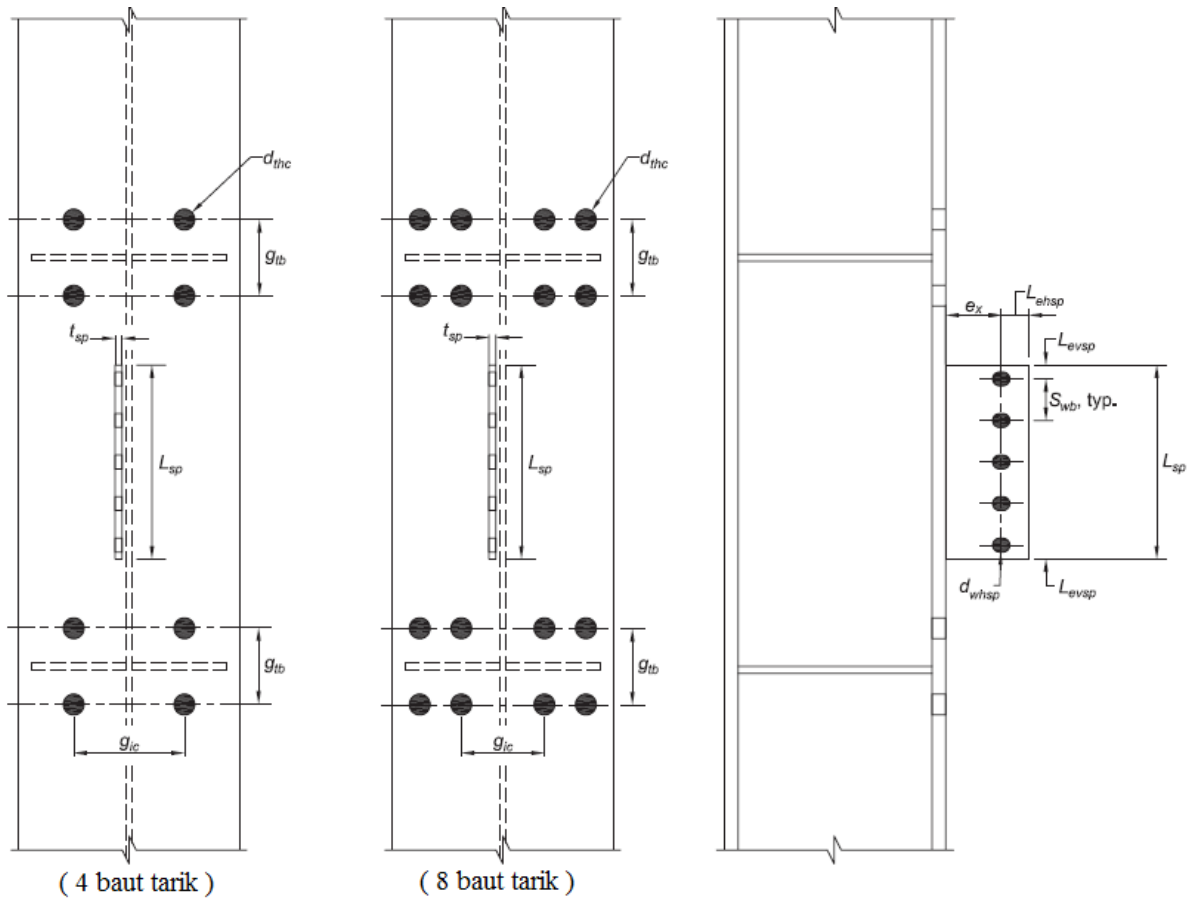
Sambungan T Ganda menggunakan komponen Stab T yang dibaut pada kedua sayap kolom dan sayap balok dengan menggunakan baut berkekuatan tinggi. Empat buah atau delapan buah baut digunakan untuk menyambung komponen Stab T dengan sayap kolom. Bagian atas dan bawah Stab T harus identik. Stab T harus merupakan potongan dari profil gilas. Badan balok disambung ke kolom dengan menggunakan sambungan geser pelat tunggal yang dibaut. Detail sambungan tersebut diperlihatkan pada Gambar 13.1. Pelelehan dan pembentukan sendi plastis direncanakan terjadi pada balok dekat ujung badan Stab T. Gambar 13.2 sampai dengan Gambar 13.6 memberikan detail notasi dimensi yang digunakan dalam pasal ini.



Gambar 13.1. Sambungan tipikal T Ganda



Gambar 13.2. Dimensi balok untuk sambungan T-Ganda (bagian yang diarsir menunjukkan sendi plastis)



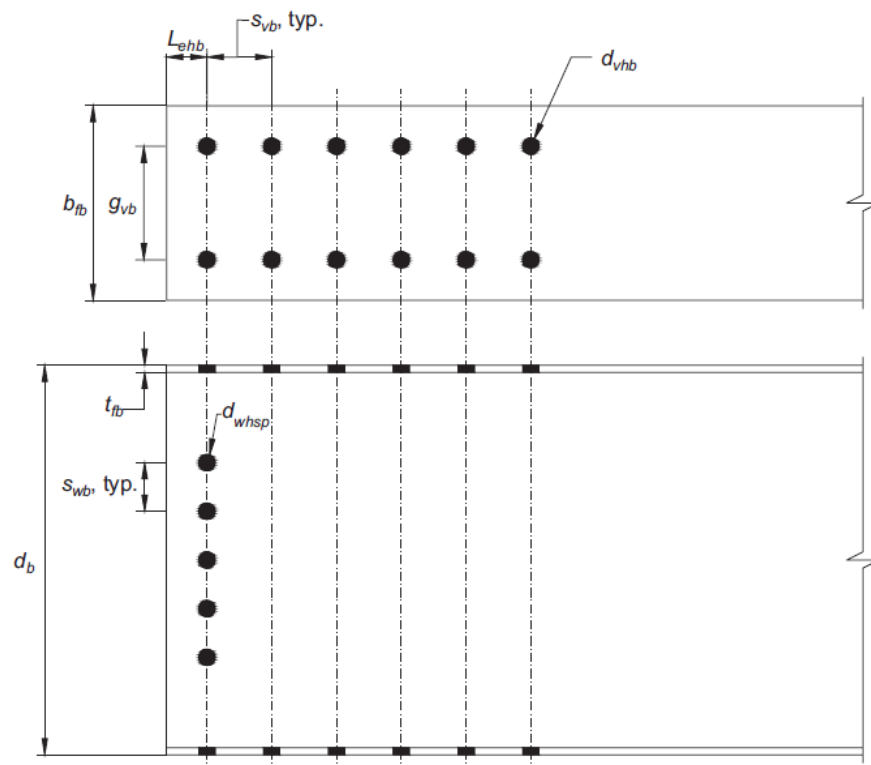
Gambar 13.3. Dimensi kolom dan pelat geser untuk sambungan T-Ganda

13.2 Sistem

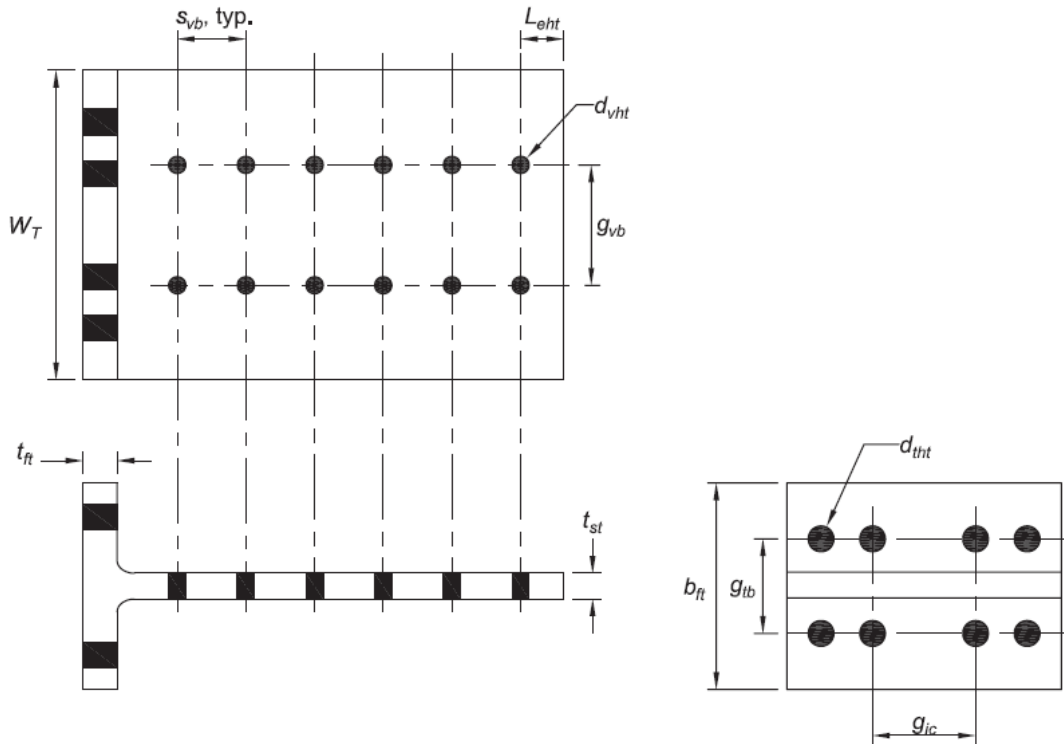
Sambungan T-Ganda adalah sambungan terpraktualifikasi untuk penggunaan dalam sistem Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMT) dalam persyaratan berikut ini:

Pengecualian :Sambungan T Ganda pada sistem RMK dengan pelat struktural beton adalah sambungan terpraktualifikasi hanya jika :

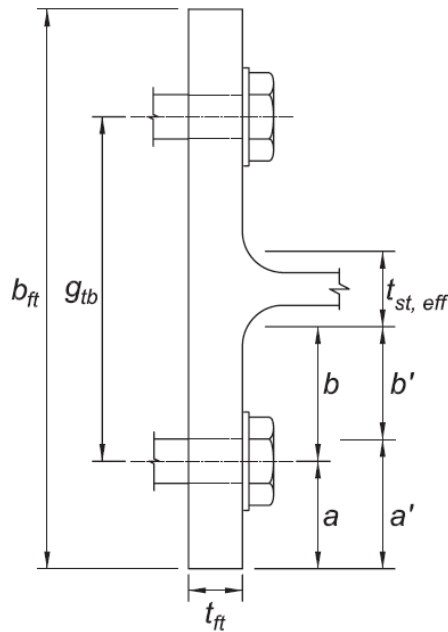
1. Tidak ada konektor geser yang disambung las pada sayap balok antara muka kolom dan lokasi dengan jarak satu tinggi penampang balok dari baut-baut geser yang terjauh dari muka kolom; dan
2. Pelat beton dipertahankan paling sedikit 1 in. (25 mm) dari kedua sisi sayap-sayap kolom dan sayap Stab T. Penggunaan material yang dapat dimampatkan dalam celah antara muka Stab T dan pelat beton diperbolehkan.



Gambar 13.4. Dimensi balok tambahan pada sambungan T-Ganda



Gambar 13.5. Dimensi Stab T pada sambungan T Ganda



Gambar 13.6. Dimensi sayap Stab T pada sambungan T Ganda

Catatan Pengguna : Perlu dicatat bahwa sambungan yang direncanakan untuk digunakan pada sistem RMK dan RMT harus diperhitungkan sebagai sambungan terkekang penuh (Tipe KP). Dimungkinkan untuk merencanakan sambungan yang terqualifikasi sebagai sambungan terkekang sebagian (Tipe KB), walaupun memenuhi persyaratan kekuatan yang ditulis dalam peraturan ini. Oleh karena itu, diperlukan perhatian dalam proses perencanaan untuk memastikan bahwa sambungan yang dihasilkan dari Pasal ini tidak hanya memiliki kekuatan yang cukup, tetapi juga memiliki kekakuan yang cukup.

13.3 Batas Prakualifikasi

13.3.1 Pembatasan untuk Balok

Balok harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Balok harus berupa profil WF gilas atau komponen struktur profil-I tersusun yang memenuhi persyaratan Pasal 2.3.
- (2) Tinggi penampang balok, d_b dibatasi hingga W24 (W610) untuk profil gilas. Tinggi penampang profil tersusun tidak boleh melebihi tinggi penampang yang diizinkan untuk profil WF gilas.
- (3) Berat balok dibatasi hingga 55 lb/ft (82 kg/m).
- (4) Tebal sayap balok dibatasi sampai $\frac{5}{8}$ in. (15 mm).
- (5) Rasio bentang bersih terhadap tinggi penampang balok harus dibatasi hingga sebesar 9 untuk sistem RMK dan RMT.
- (6) Rasio lebar terhadap tebal untuk sayap dan badan balok harus sesuai dengan persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.
- (7) Pembreisan lateral balok harus disediakan memenuhi persyaratan untuk RMK dan RMT yang tercantum dalam SNI *Ketentuan Seismik*. Untuk memenuhi persyaratan pembreisan lateral pada sendi plastis, pembreisan lateral harus disediakan pada balok yaitu pada lokasi dengan jarak antara d_b dan $1,5 \times d_b$ dari baut terjauh dari muka kolom. Pengikatan pembreisan lateral pada balok tidak perlu disediakan pada zona terlindung.

Pengecualian: Untuk kedua sistem RMK dan RMT, ketika balok memikul pelat beton struktural yang disambung antara zona terlindung dengan konektor geser yang dilas berjarak maksimum 12 in. (300 mm) pusat ke pusat, pembreisan lateral tambahan pada sendi plastis tidak diperlukan.

- (8) Zona terlindung terdiri dari Stab T dan bagian balok antara muka kolom dan pada jarak sebesar satu kali tinggi balok, d , dihitung dari baut terjauh dari muka kolom.

13.3.2 Pembatasan untuk kolom

Kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Balok harus tersambung dengan sayap kolom.
- (2) Kolom harus berupa profil gilas, profil I tersusun yang dilas, atau kolom profil silang bersayap yang diizinkan pada Pasal 2.3.
- (3) Kolom profil gilas harus dibatasi maksimum hingga ukuran W36 (W920) ketika terdapat pelat beton struktural. Jika tidak ada pelat beton struktural, dimensi kolom profil gilas terbatas maksimum hingga ukuran W14 (W360). Ketinggian dari kolom profil I tersusun tidak boleh melebihi dari kolom profil gilas. Kolom profil silang tidak boleh memiliki lebar melebihi tingginya atau ketinggian melebihi yang diizinkan pada profil gilas.
- (4) Rasio lebar terhadap tebal untuk sayap dan badan dari kolom harus mematuhi ketentuan pembatasan yang tercantum pada SNI *Ketentuan Seismik*.
- (5) Pembreisan lateral pada kolom harus sesuai dengan ketentuan pembatasan yang tercantum pada SNI *Ketentuan Seismik*.

13.4 Pembatasan untuk Hubungan Balok kolom

Sambungan balok kolom harus memenuhi pembatasan berikut ini:

- (1) Zona panel harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku seperti tercantum pada SNI *Ketentuan Seismik*.
- (2) Rasio momen balok kolom harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku seperti tercantum pada SNI *Ketentuan Seismik*.

13.5 Pendetailan Sambungan

13.5.1 Spesifikasi material Stab T

Stab T harus dipotong dari profil gilas dan sesuai dengan ketentuan dari ASTM A992/A992M atau ASTM A913/A913M Grade 50 (Grade 345)

13.5.2 Pelat Penerus

Pelat penerus harus disediakan pada kolom dengan tebal tidak kurang dari tebal sayap balok. Pelat penerus harus dipasang sampai dengan ujung sayap kolom dikurangi 1/4 in. (6 mm). Las pelat penerus harus dilaksanakan sesuai dengan ketentuan pada SNI *Ketentuan Seismik*.

13.5.3 Sambungan Las Pelat Geser Tunggal

Pelat geser tunggal harus disambung dengan cara dilas ke sayap kolom. Sambungan pelat tunggal ke sayap kolom harus terdiri dari las gruv PJK, las gruv PJP dua sisi, atau las filet dua sisi.

13.5.4 Baut

Baut harus memenuhi persyaratan berikut:

- (1) Baut harus dipasang secara simetris terhadap sumbu dari elemen.
- (2) Baut geser pada sambungan badan profil T ke sayap balok harus dibatasi dengan menggunakan 2 buah baut per baris. Baut tarik pada sambungan sayap profil T ke sayap kolom harus dipasang dalam 2 baris horizontal yang terdiri dari 2 atau 4 baut.
- (3) Tipe baut
 - (a) Baut standar harus digunakan pada sayap balok dan sayap kolom.
 - (b) Lubang standar atau slot pendek (dengan arah memanjang sejajar dengan sumbu balok) harus digunakan baik pada badan balok maupun pada pelat geser.
 - (c) Lubang standar atau lubang ukuran lebih harus digunakan pada badan Stab T
 - (d) Lubang standar, ukuran lebih atau slot pendek (dengan arah memanjang sejajar dengan sumbu kolom) harus digunakan baik pada Sayap T.
- (4) Lubang baut pada Stab T dan sayap balok harus dibuat dengan cara dibor atau subpons dan dilebarkan (*subpunching and reaming*). Lubang baut pada tab geser dan badan balok boleh dibuat dengan cara dibor, subpons dan dilebarkan, cara pons atau dipotong secara termal.
- (5) Rasio dari jarak antar lubang baut tarik terhadap tebal Sayap T, g_{tb}/t_{ft} tidak boleh melebihi 7,0.
- (6) Semua baut harus dipasang secara pratarik dengan baut kekuatan tinggi.
- (7) Permukaan yang melekat pada sayap balok dan badan profil T harus memenuhi persyaratan untuk sambungan kritis selip sesuai dengan SNI *Spesifikasi Pasal J3.8*. Permukaan yang melekat harus memiliki koefisien selip Kelas A atau lebih besar.

Catatan Pengguna : Penggunaan lubang baut ukuran lebih pada badan profil T dengan baut pratarik yang tidak direncanakan kritis selip tidak diizinkan, hal ini sesuai dengan Pasal D2.2 pada SNI *Ketentuan Seismik*.

13.5.5 Sisipan pada Stab T

- (1) Sisipan baja dengan tebal maksimum hingga 1/4 in. (6 mm) boleh digunakan di antara badan profil T dan sayap balok pada salah satu atau kedua lokasi, dan harus mematuhi pembatasan yang ada pada spesifikasi RCSC.
- (2) Penggunaan sisipan berbentuk jari antara sayap dari profil T dan sayap dari kolom diperbolehkan pada salah satu atau kedua lokasi, dan harus mematuhi pembatasan yang ada pada spesifikasi RCSC.

13.6 Prosedur Desain

Langkah 1. Hitung maksimum momen yang mungkin terjadi pada sendi plastis

$$M_{pr} = C_{pr} R_y F_{yb} Z_x \quad (13.6-1)$$

dengan

- C_{pr} = faktor untuk memperhitungkan kekuatan puncak seperti didefinisikan dalam Pasal 2.4.3.
- F_{yb} = tegangan leleh minimum balok, ksi (MPa).
- R_y = rasio tegangan leleh yang diperkirakan terhadap tegangan leleh minimum terspesifikasi.
- Z_x = modulus plastis penampang terhadap sumbu x dari penampang kotor pada balok pada lokasi sendi plastis, in.³ (mm³)

Langkah 2. Tentukan diameter baut geser. Untuk memperhitungkan penampang neto fraktur pada sayap balok, penampang neto dari balok harus memenuhi syarat berikut:

$$Z_{x,net} R_t F_{ub} \geq Z_x R_y F_{yb} \quad (13.6-2)$$

dengan

- F_{ub} = kuat tarik minimum terspesifikasi untuk balok, ksi (MPa)
- R_t = rasio dari kekuatan tarik terekspektasi terhadap kekuatan tarik minimum terspesifikasi
- $Z_{x,net}$ = modulus plastis penampang dari penampang neto balok pada lokasi sendi plastis, in.³ (mm³)

Catatan Pengguna: $Z_{x,net}$ balok dapat dihitung dengan memperhitungkan lubang pada sayap tarik saja, atau dengan lebih sederhana, pada kedua sayap. Harap dicatat bahwa jika pendekatan yang pertama yang diambil, sumbu netral plastis tidak akan berada pada setengah tinggi balok, yang berarti akan menyebabkan perhitungan menjadi lebih rumit. Jika pendekatan yang kedua yang diambil, perhitungan menjadi sedikit lebih sederhana dan persyaratan pada Persamaan 13.6-2 dapat dipenuhi dengan diameter maksimum baut geser yang ditentukan dengan:

$$d_{vb} \leq \left(\frac{Z_x}{2t_{fb}(d_b - t_{fb})} \right) \left(1 - \frac{R_y F_{yb}}{R_t F_{ub}} \right) - 1/8 \text{ in.} \quad (13.6-3)$$

$$d_{vb} \leq \left(\frac{Z_x}{2t_{fb}(d_b - t_{fb})} \right) \left(1 - \frac{R_y F_{yb}}{R_t F_{ub}} \right) - 3 \text{ mm} \quad (13.6-3M)$$

dengan

- d_b = tinggi balok, in. (mm)
- d_{vb} = diameter baut geser di antara Badan T dan sayap balok, in. (mm)
- t_{fb} = tebal sayap balok, in. (mm)

Langkah 3. Tentukan kekuatan geser desain per baut geser berdasarkan kondisi batas fraktur geser dan tumpu sebagai berikut:

$$\phi r_{nv} = \min \begin{cases} \text{kekuatan geser baut} & \phi_n F_{nv} A_{vb} \\ \text{kekuatan tumpu sayap balok} & \phi_d 2,4 d_{vb} t_{fb} F_{ub} \\ \text{kekuatan tumpu badan profil T} & \phi_d 2,4 d_{vb} t_{st} F_{ut} \end{cases} \quad (13.6-4)$$

dengan

- A_{vb} = luas kotor dan baut geser dihitung melalui bagian polos nya, in.² (mm²)
- F_{nv} = tegangan geser nominal pada sebuah baut dari *SNI Spesifikasi*, ksi (MPa)
- d_{vb} = baut geser di antara badan Stab T dan sayap balok, in. (mm)
- r_{nv} = kekuatan geser nominal sebuah baut geser, kips/baut (N/baut)
- t_{fb} = tebal sayap balok, in. (mm)
- t_{st} = tebal badan Stab T, in. (mm)
- ϕ_d = 1,00
- ϕ_n = 0,90

Langkah 4. Perkirakan jumlah baut geser, n_{vb} , yang dibutuhkan pada tiap sayap balok sebagai berikut:

$$n_{vb} \geq \frac{1,25 M_{pr}}{d_b \phi r_{nv}} \quad (13.6.5)$$

dengan n_{vb} adalah sebuah nilai genap.

Langkah 5. Tentukan lokasi dari sendi plastis pada balok. Sendi plastis diasumsikan terbentuk pada baut geser yang terjauh dari muka kolom. Jarak dari muka kolom ke sendi plastis, S_h , berdasarkan pada jumlah baut geser yang diperkirakan, jarak tepi horisontal, dan jarak antar baut, yaitu:

$$S_h = S_1 + L_{vb} \quad (13.6-6)$$

dengan

- L_{vb} = $s_{vb} \left(\frac{n_{vb}}{2} - 1 \right)$, in (mm) (13.6-7)
- S_1 = jarak antara muka kolom dengan baris pertama baut geser, in. (mm)
- s_{vb} = jarak antar baut geser, in. (mm)

Langkah 6. Hitung gaya geser pada sendi plastis balok pada tiap ujung balok. Gaya geser pada lokasi sendi, V_h , harus ditentukan dari diagram *free-body* dari bagian balok di antara lokasi sendi plastis. Perhitungan ini mengasumsikan bahwa momen pada lokasi sendi plastis adalah M_{pr} dan harus memperhitungkan beban gravitasi yang bekerja pada balok sesuai dengan kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$, dengan f_1 adalah faktor beban yang ditentukan dari peraturan untuk beban hidup, tetapi tidak boleh kurang dari 0,5.

Catatan Pengguna : Kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ memenuhi *ASCE/SEI 7-16*. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 untuk S (salju) ketika konfigurasi atap sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

Langkah 7. Hitung momen terekspektasi pada balok di bagian muka kolom. Momen yang terjadi pada muka kolom, M_f , harus ditentukan dengan:

$$M_f = M_{pr} + V_h S_h \quad (13.6-10)$$

dengan

V_h = gaya geser pada balok di lokasi sendi plastis, kips (N)

Langkah 8. Hitung gaya yang mungkin terjadi pada Stab T, F_{pr} , yang disebabkan oleh M_f

$$F_{pr} = \frac{M_f}{1.05d_b} \quad (13.6-11)$$

dengan $1,05d_b$ digunakan untuk memperkirakan jumlah dari tinggi balok dan tebal Badan T

Langkah 9. Tentukan ukuran dari Badan T yang dibutuhkan. Tebal bagian badan harus ditentukan berdasarkan kondisi batas dari kelelahan penampang kotor dan fraktur penampang neto (diperiksa pada langkah ini) dan tekanan yang disebabkan oleh tekuk lentur (diperiksa pada Langkah 16). Dalam menentukan ukuran badan profil T, lebar *Whitmore*, W_{Whit} , diperkirakan dengan menggunakan persamaan:

$$W_{Whit} = 2L_{vb} \tan 30^\circ + g_{vb} \quad (13.6-12)$$

dengan

g_{vb} = Jarak antar baut geser di Stab T, in. (mm)

Tebal minimum bagian badan, t_{st} , berdasarkan kelelahan Badan T adalah :

$$t_{st} \geq \frac{F_{pr}}{\min(W_T, W_{Whit}) \phi_d F_{yt}} \quad (13.6-13)$$

dengan

F_{yt} = tegangan leleh minimum terspesifikasi dari Stab T, ksi (MPa)

W_T = lebar dari Stab T dihitung sejajar ke lebar sayap kolom, in. (mm)

Tebal minimum bagian badan, t_{st} , berdasarkan fraktur dari Badan T adalah:

$$t_{st} \geq \frac{F_{pr}}{\phi_n F_{ut} [\min(W_T, W_{Whit}) - 2(d_{vht} + 1/16 \text{ in.})]} \quad (13.6-14)$$

$$t_{st} \geq \frac{F_{pr}}{\phi_n F_{ut} [\min(W_T, W_{Whit}) - 2(d_{vht} + 2 \text{ mm})]} \quad (13.6-14M)$$

dengan

F_{ut} = tegangan tarik minimum terspesifikasi untuk Stab T, ksi (MPa)

d_{vht} = diameter lubang di Badan T untuk baut geser, in. (mm)

Untuk memastikan bahwa tekuk saat tekan pada Badan T tidak terjadi, pilih tebal Badan T sebagaimana sehingga:

$$t_{st} \geq \frac{S_1 - t_{ft}}{9,60} \quad (13.6-15)$$

dengan

S_1 = jarak dari muka kolom ke baris pertama baut geser, in. (mm)

t_{ft} = tebal sayap Stab T, in. (mm)

Langkah 10. Tentukan ukuran dari baut yang menyambung Stab T ke sayap kolom. Diameter minimum dari baut tarik, d_{tb} , ditentukan dengan

$$d_{tb} \geq \sqrt{\frac{4 F_{pr}}{n_{tb} \phi_n \pi F_{nt}}} \quad (13.6-16)$$

dengan

- F_{nt} = tegangan tarik nominal dari baut sesuai SNI Spesifikasi, ksi (MPa)
- n_{tb} = jumlah baut tarik yang menyambungkan sayap T ke sayap kolom.

Langkah 11. Tentukan konfigurasi preliminari dari Sayap T. Lebar sayap dari Stab T, b_{ft} , dihitung sebagai

$$b_{ft} \geq g_{tb} + 2a \quad (13.6-17)$$

dengan

- a = $1,5d_{tb} \leq 1,25b$ (13.6-18)
- b = jarak efektif antara Badan T dan garis baut pada Sayap T, in. (mm)
- g_{tb} = Jarak antar baut tarik pada Stab T, in. (mm)

Catatan Pengguna: Batas $a \leq 1,25b$ pada Persamaan 13.6-18 adalah hanya perhitungan pembatasan juga dan bukan merupakan batas fisik pada dimensi a. Dimensi b dapat diperkirakan sebagai $0,40g_{tb}$ untuk perkiraan awal untuk gaya ungit.

Kekuatan desain untuk sebuah baut tarik, ϕr_{nt} , dihitung sebagai:

$$\phi r_{nt} = \phi_n A_{tb} F_{nt} \quad (13.6-19)$$

dengan

- A_{tb} = Luas kotor dari baut tarik yang dihitung melalui bagian polosnya, in.² (mm²)

Kekuatan Sayap T yang diperlukan, T_{req} , dalam satuan kips per baut tarik (N per baut tarik).

$$T_{req} = F_{pr} / n_{tb} \quad (13.6-20)$$

Tebal sayap minimum, t_{ft} , berdasarkan ragam kegagalan ganda, yang biasanya berpengaruh, dihitung sebagai

$$t_{ft} \geq 2 \sqrt{\frac{T_{req} (a' + b') - \phi r_{nt} a'}{\phi_d F_{yt} \rho}} \quad (13.6-21)$$

dengan

$$a' = a + \frac{1}{2} d_{tb} \quad (13.6-22)$$

$$b' = b - \frac{1}{2} d_{tb} \quad (13.6-23)$$

$$\rho = \frac{2 W_T}{n_{tb}} \quad (13.6-24)$$

Dalam situasi tertentu, hasil di dalam akar pada Persamaan 13.6-21 dapat bernilai negatif, sehingga menghasilkan tebal sayap yang berlebihan. Rumus alternatif dari Persamaan 13.6-21 dapat digunakan pada kasus ini

$$t_{ft} \geq 2 \sqrt{\frac{\phi r_{nt} a' b'}{\phi_d F_{yt} \rho [a' + \delta (a' + b')]}} \quad (13.6-25)$$

dengan

$$\delta = \left(1 - \frac{d_{tht}}{\rho}\right) \quad (13.6-26)$$

Catatan Pengguna: Pada semua kasus, tebal sayap yang diperlukan untuk mengeliminasi terjadi aksi ungit dapat dihitung sebagai:

$$t_{ft, crit} = \sqrt{\frac{4 \phi r_{nt} b'}{\phi_d F_{yt} \rho}} \quad (13.6-27)$$

Langkah 12. Pilih sebuah bentuk W dari Stab T yang akan dipotong. Bentuk W tersebut harus dipilih berdasarkan:

1. Tinggi minimum yang diperlukan untuk mengakomodasi *setback* dan jarak tepi horisontal pada balok, S_1 , dan panjang dari grup baut geser, L_{vb} , yang didapatkan pada Langkah 5
2. Tebal badan minimum, yang didapatkan pada Langkah 9.
3. Lebar sayap minimum, b_{ft} , dan tebal sayap, t_{ft} , yang didapatkan pada Langkah 11.

Langkah 13 Periksa kekakuan rotasional dari sambungan untuk memastikan bahwa sambungan adalah terklasifikasi sebagai terkekang penuh.

$$K_i \geq \frac{18 E I_{beam}}{L_o} \quad (13.6-28)$$

dengan

E = modulus elastisitas baja= 29000 ksi (200000 MPa)

I_{beam} = momen inersia sumbu kuat balok, in.⁴ (mm⁴)

L_o = panjang teoritis balok yang tersambung dihitung antara kolom yang bersebelahan, in. (mm)

$$K_i = \frac{d_b^2 K_{ten} K_{comp}}{K_{ten} + K_{comp}} \quad (13.6-29)$$

$$K_{ten} = \left(\frac{1}{K_{flange}} + \frac{1}{K_{stem}} + \frac{1}{K_{slip}} \right)^{-1} \quad (13.6-30)$$

$$K_{comp} = \left(\frac{1}{K_{stem}} + \frac{1}{K_{slip}} \right)^{-1} \quad (13.6-31)$$

$$K_{flange} = \frac{12 n_{tb} E I_{ft} (a' \beta_a + 3b' \beta_b)}{b'^3 \beta_b (4a' \beta_a + 3b' \beta_b)} a \quad (13.6-32)$$

$$K_{stem} = \frac{t_{st} E (W_T - b_{fb})^2}{L_{stem} [(W_T - b_{fb}) + b_{fb} \ln \left(\frac{b_{fb}}{W_T} \right)]} \quad (13.6-33)$$

dengan

L_{stem} = panjang bagian badan, in. (mm)

$$K_{slip} = \frac{P_{slip}}{\Delta_{slip}} \quad (13.6-34)$$

$$P_{slip} = n_{vb} \alpha (0,70 F_{nt} A_{vb}) \mu \quad (13.6-35)$$

dengan

- α = 1,00 untuk baut ASTM F3125 Grade A325, A325M and F1852
 = 0,88 untuk baut ASTM F3125 Grade A490, A490M and F2280

$$I_{ft} = \frac{\rho t_{ft}^3}{12} \quad (13.6-36)$$

$$\beta_a = 1 + \frac{12 E I_{ft}}{G \rho t_{ft} a^2} \quad (13.6-37)$$

$$\beta_b = 1 + \frac{12 E I_{ft}}{G \rho t_{ft} b^2} \quad (13.6-38)$$

$$\Delta_{slip} = 0,0076 \text{ in.} (0,19 \text{ mm}) \quad (13.6-39)$$

Langkah 14 Hitung gaya maksimum pada Stab T akibat M_f . Gunakan tebal aktual badan profil T, gaya sayap aktual yang harus dipikul profil T, F_f , dihitung sebagai:

$$F_f = \frac{M_f}{d_b + t_{st}} \quad (13.6-40)$$

Langkah 15 Periksa kembali kekuatan baut geser dengan gaya sayap aktual. Gunakan ϕr_{nv} dari Langkah 3 untuk mengkonfirmasi bahwa jumlah baut geser, n_{vb} , yang diperkirakan pada Langkah 4 cukup untuk memikul gaya aktual pada sayap.

$$\phi R_n \geq F_f \quad (13.6-41)$$

Langkah 16 Periksa kembali kekuatan badan profil T dengan menggunakan gaya maksimum sayap balok. Periksa kembali bahwa kelelahan penampang gross, fraktur penampang neto, dan kekuatan tekuk lentur dari Badan T cukup untuk memikul gaya maksimum pada sayap, F_f .

$$\phi R_n \geq F_f$$

Untuk kelelahan penampang kotor bagian badan

$$\phi R_n = \phi_d F_{yt} \min (W_T, W_{Whit}) t_{st} \quad (13.6-42)$$

Untuk fraktur penampang neto

$$\phi R_n = \phi_n F_{ut} [\min (W_T, W_{Whit}) - 2 (d_{vht} + 1/16 \text{ in.})] t_{st} \quad (13.6-43)$$

$$\phi R_n = \phi_n F_{ut} [\min (W_T, W_{Whit}) - 2 (d_{vht} + 2 \text{ mm})] t_{st} \quad (13.6-43M)$$

Untuk tekuk lentur bagian badan

$$\frac{KL}{r} = \frac{(0,75)(S_1 - t_{ft})}{\sqrt{\frac{W_T t_{st}^3}{12 W_T t_{st}}}} = 2,60 \left(\frac{S_1 - t_{ft}}{t_{st}} \right) \quad (13.6-44)$$

Jika $KL/r \leq 25$ maka

$$\phi R_n = \phi_d F_{yt} \min(W_T, W_{Whit}) t_{st} \quad (13.6-45)$$

Jika $KL/r \leq 25$ maka ϕR_n ditentukan dengan menggunakan persyaratan di Pasal E3 dari *SNI Spesifikasi* dengan menggunakan KL/r yang ditentukan sebelumnya dan mengambil nilai ϕ sama dengan ϕ_n

Langkah 17 Periksa kembali kekuatan sayap dari Stab T. Kekuatan sayap dari Stab T harus dihitung sebagai:

$$\phi R_n = n_{tb} \phi T \quad (13.6-46)$$

Dengan ϕT adalah nilai minimum dari ϕT_1 (mekanisme plastis sayap), ϕT_2 (ragam kegagalan campur), dan ϕT_3 (fraktur baut tarik tanpa ungit), sebagaimana dihitung dalam persamaan berikut:

Untuk kondisi batas mekanisme plastis pada sayap tarik, kekuatan desain per baut tarik dihitung sebagai:

$$\phi T_1 = \frac{(1+\delta)}{4b'} \rho \phi_d F_{yt} t_{ft}^2 \quad (13.6-47)$$

Untuk batas kelelahan sayap tarik yang diikuti fraktur baut (ragam kegagalan campur), kekuatan desain per baut tarik dihitung sebagai:

$$\phi T_2 = \frac{\phi r_{nt} a'}{a' + b'} + \frac{\rho \phi_d F_{yt} t_{ft}^2}{4(a' + b')} \quad (13.6-48)$$

Untuk kondisi batas kegagalan baut tanpa kelelahan dari sayap tarik, kekuatan desain per baut tarik harus dihitung sebagai:

$$\phi T_3 = \phi r_{nt} \quad (13.6-49)$$

dengan

$$a' = a + \frac{1}{2} d_{tb} \quad (13.6-50)$$

$$a = \frac{1}{2} (b_{ft} - g_{tb}) \leq 1,25 b \quad (13.6-51)$$

$$b' = b - \frac{1}{2} d_{tb} \quad (13.6-52)$$

$$b = \frac{1}{2} (g_{tb} - t_{st,eff}) \quad (13.6-53)$$

$$\rho = \frac{2 W_T}{n_{tb}} \quad (13.6-22)$$

$$t_{st,eff} = k_1 + \frac{t_{st}}{2} \quad (13.6-54)$$

$$\delta = \left(1 - \frac{d_{tht}}{p}\right) \quad (13.6-26)$$

dengan

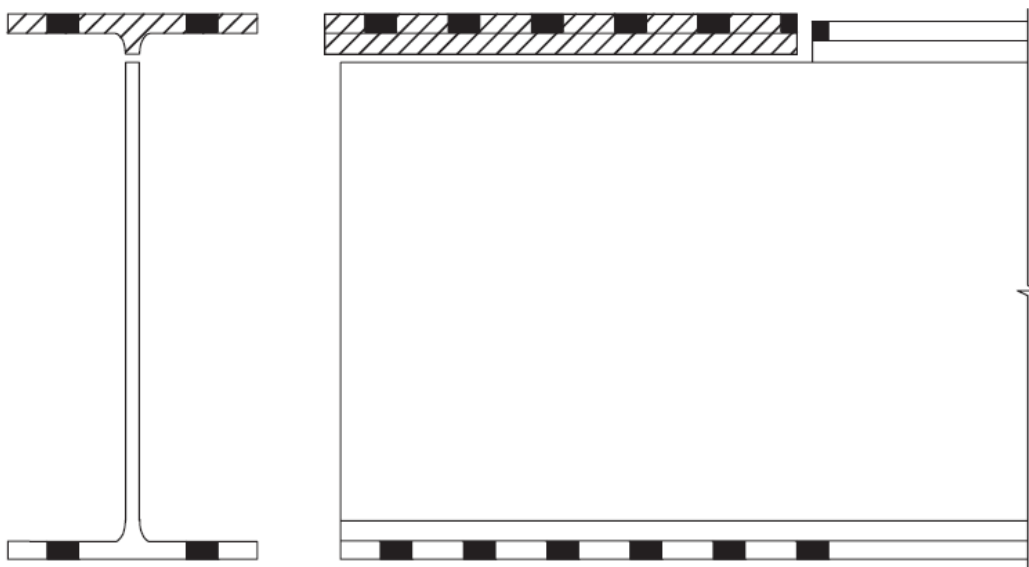
d_{tht} = diameter atau lebar lubang pada sayap profil T untuk baut tarik, in. (mm)

Langkah 18 Periksa kuat tumpu dan sobek sayap balok dan Badan T. Kuat tumpu dan sobek dari baut geser harus diperiksa sesuai dengan Pasal J pada AISC *Spesification*. Untuk perhitungan ini, kuat tumpu dan sobek dianggap ragam kegagalan daktail.

Langkah 19. Periksa geser blok pada sayap balok dan Badan T. Geser blok dari badan profil T dan sayap balok harus diperiksa sesuai dengan Pasal J pada AISC *Spesification*. Untuk keperluan desain, kegagalan geser blok harus diperhitungkan sebagai ragam kegagalan daktail dan ϕ_d harus digunakan. Mekanisme geser blok alternatif yang diperlihatkan pada Gambar 13.7 tidak perlu diperiksa.

Langkah 20. Tentukan konfigurasi dari sambungan geser pada badan.

Catatan Pengguna: Karena *setback* yang diperlukan besar, maka sambungan geser besar kemungkinannya perlu didesain sebagai tab geser terekstensi. Yang lebih penting lagi, panjang dari sambungan geser, L_{sc} , harus ditentukan sebagaimana sehingga pas di antara sayap dari profil T untuk menyediakan jarak bersih yang cukup.



Gambar 13.7. Mekanisme blok geser alternatif

Langkah 21 Periksa sayap kolom untuk kelelahan lentur (Lihat Gambar 13.8): Kekuatan lentur desain dari sayap kolom adalah :

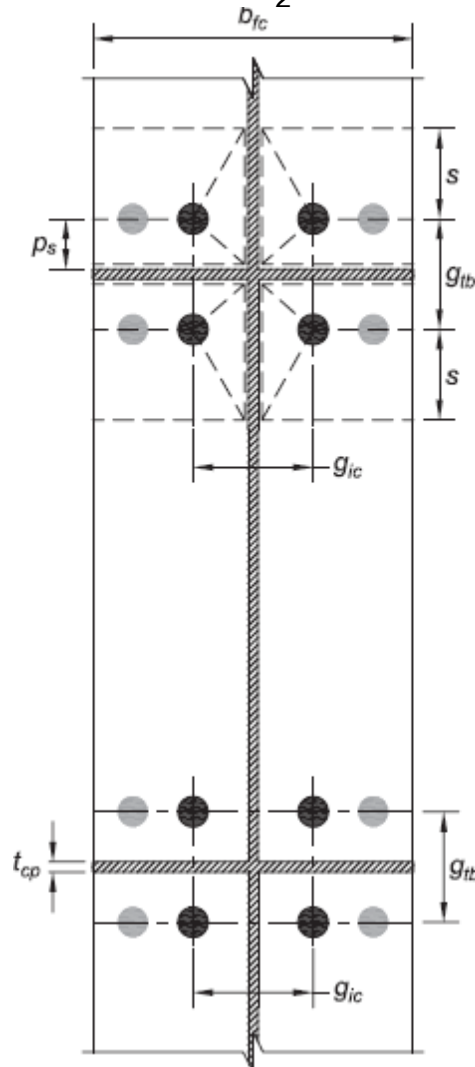
$$\phi R_n = \phi_d F_{yc} Y_C t_{fc} \quad (13.6-55)$$

dengan

F_{yc} = tegangan leleh minimum terspesifikasi untuk material sayap kolom, ksi (MPa)

$$Y_C = \left(\frac{2}{b}\right) \left(s + p_s + \frac{a_c b_c + b_c^2}{s} + \frac{a_c b_c + b_c^2}{p_s} \right) \quad (13.6-56)$$

$$a_c = \frac{b_{fc} - g_{ic}}{2} \quad (13.6-57)$$



Gambar 13.8 Dimensi untuk analisis garis leleh pada sayap kolom

$$b_c = \frac{g_{ic}}{2} \quad (13.6-58)$$

- b_{fc} = lebar sayap kolom, in. (mm)
 g_{ic} = jarak antar baut tarik interior pada sayap kolom, in. (mm)
 g_{tb} = jarak antar baut tarik di Stab T, in. (mm)

$$p_s = \frac{g_{tb} - t_{cp}}{2} \leq s \quad (13.6-59)$$

$$s = \frac{\sqrt{b_{fc} g_{ic}}}{2} \quad (13.6-60)$$

- t_{cp} = tebal pelat penerus, in. (mm)

SNI 7972:2020

Sebagai alternatif, tebal sayap kolom harus memenuhi syarat berikut:

$$t_{fc} \geq \sqrt{\frac{1,11 F_f}{\phi_d F_{yc} Y_C}} \quad (13.6-61)$$

Catatan Pengguna: Keberadaan pelat penerus untuk memperkaku sayap kolom mengharuskan adanya pemeriksaan gaya ungkit yang disebabkan oleh deformasi sayap kolom.

Langkah 22. Periksa kekuatan badan kolom untuk kelelahan badan, pelipatan badan, dan kegagalan geser zona panel sesuai dengan ketentuan dalam SNI *Ketentuan Seismik*.

Langkah 23. Detailkan pelat penerus, jika diperlukan, detailkan pelat ganda sesuai dengan ketentuan dalam SNI *Ketentuan Seismik*.

14 Sambungan Momen *SlottedWeb*TM (SW)

Perlu diperhatikan bahwa tipe sambungan ini dilindungi oleh hak paten. Standar ini tidak berhubungan dengan keabsahan klaim atau hak paten manapun yang berhubungan dengannya. Pemegang paten telah menyatakan kesediaan untuk memberikan lisensi dengan persyaratan dan ketentuan yang wajar dan tanpa diskriminasi kepada pengguna.

14.1 Umum

Sambungan momen *SlottedWeb*TM terdiri dari sobekan di badan balok yang paralel dan berdekatan dengan setiap sayap, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.1. Perilaku inelastik diharapkan terjadi dengan kelelahan dan tekuk dari sayap balok dalam daerah sobekan disertai dengan kelelahan badan di daerah dekat ujung pelat geser.

14.2 Sistem

Sambungan *SlottedWeb*TM (SW) adalah terprakualifikasi untuk digunakan dalam Rangka Momen Khusus (RMK) dalam batas-batas ketentuan di peraturan ini.

14.3 Batas Prakualifikasi

14.3.1 Pembatasan Balok

Balok harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Balok merupakan komponen struktur profil WF gilasan atau profil I tersusun sesuai dengan persyaratan Pasal 2.3.
- (2) Tinggi balok untuk penampang gilasan maksimum W36 (W920). Ketinggian untuk penampang balok tersusun tidak boleh melebihi tinggi yang diizinkan untuk penampang WF.
- (3) Berat balok harus dibatasi maksimum 400 lb/ft (600 kg/m).
- (4) Tebal sayap balok harus dibatasi maksimum 2 1/4 in. (64 mm).
- (5) Rasio bentang bersih terhadap ketinggian balok harus dibatasi hingga 6,4 atau lebih besar
- (6) Rasio lebar terhadap tebal sayap dan badan balok harus sesuai dengan persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.
- (7) Pembreisan lateral balok harus disediakan sesuai dengan SNI *Ketentuan Seismik*. Pembreisan lateral tambahan tidak dibutuhkan pada sendi plastis
- (8) Zona terlindung seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.2 terdiri dari:

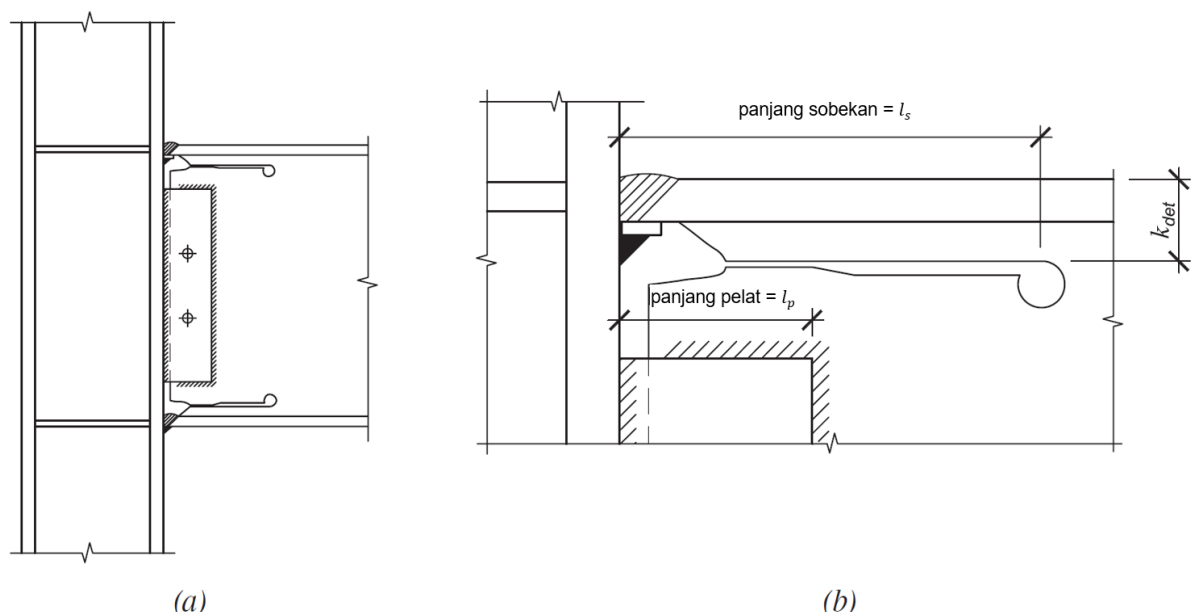
- (a) Bagian badan balok di antara muka kolom sampai akhir sobekan ditambah setengah ketinggian balok, d_b , di luar ujung sobekan, dan
- (b) Sayap balok dari muka kolom ke ujung sobekan ditambah setengah lebar sayap balok, b_f .

* Konfigurasi sambungan *SlottedWeb*TM yang diilustrasikan di sini dilindungi oleh paten AS berikut: U.S. Pat. Nos. 5,680,738; 6,237,303; 7,047,695; semua yang dipegang oleh Seismic Structural Design Associates.

14.3.2 Pembatasan Kolom

Kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Kolom merupakan penampang giras atau penampang tersusun yang diizinkan dalam Pasal 2.3
- (2) Balok harus tersambung ke sayap kolom
- (3) Tinggi penampang kolom penampang giras maksimum W36 (W920). Tinggi penampang kolom WF untuk penampang tersusun tidak boleh melebihi ketinggian penampang kolom yang diizinkan untuk penampang giras. Kolom profil silang bersayap tidak boleh memiliki lebar atau ketinggian penampang lebih besar dari ketinggian yang diizinkan untuk penampang giras. Kolom boks dari penampang tersusun tidak boleh memiliki lebar atau ketinggian penampang melebihi 24 in. (610 mm). Kolom WF boks tidak boleh memiliki lebar atau ketinggian penampang melebihi 24 in. (610 mm) jika berpartisipasi dalam momen orthogonal portal.
- (4) Tidak ada batasan berat untuk kolom
- (5) Tidak ada persyaratan tambahan untuk tebal sayap
- (6) Rasio lebar terhadap tebal dari sayap dan badan kolom harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.
- (7) Pembreisan lateral kolom harus disediakan sesuai dengan SNI *Ketentuan Seismik*.



Gambar 14.1 Sambungan Momen Balok SW ke Kolom

14.4 Pembatasan Pada Hubungan Balok Kolom

Sambungan balok ke kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

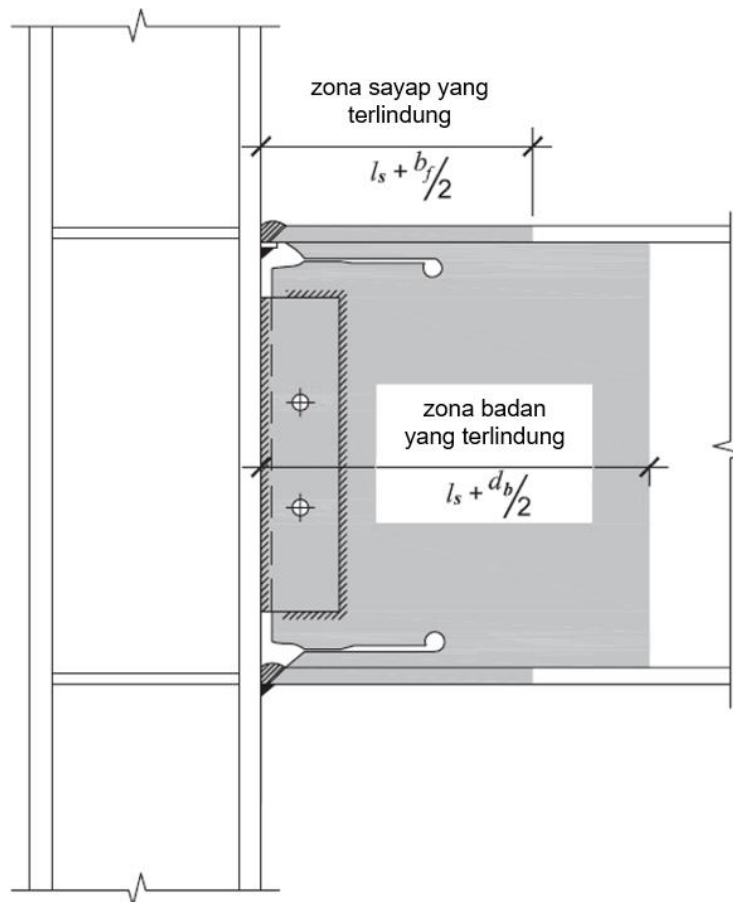
- (1) Zona panel harus memenuhi persyaratan SNI *Ketentuan Seismik*.
- (2) Rasio sambungan balok ke kolom dibatasi sebagai berikut:

Rasio momen harus sesuai dengan SNI *Ketentuan Seismik*. Nilai dari $\sum M_{pb}^*$ harus diambil sama dengan $\sum(M_{pr} + M_{uv})$, dengan M_{pr} adalah momen maksimum yang mungkin terjadi di balok, didefinisikan dalam Pasal 14.8, Langkah 3, dan M_{uv} adalah momen tambahan akibat amplifikasi geser dari sendi plastis, yang terletak di ujung pelat geser, hingga garis tengah kolom.

$$M_{uv} = V_{beam}(l_p + d_c/2) \quad (14.4-1)$$

Dengan

- V_{beam} = geser pada sendi plastis balok, kips (N), dihitung menurut Langkah 3 di Pasal 14.8.
- d_c = Ketinggian penampang kolom, in. (mm)
- l_p = lebar pelat geser, in. (mm)



Gambar 14.2 Zona Terlindung

14.5 Pembatasan Las Sayap Balok Ke Sayap Kolom

Sambungan sayap balok ke sayap kolom harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

- (1) Sayap balok harus dihubungkan ke sayap kolom menggunakan las grav PJK. Las sayap balok harus sesuai dengan persyaratan las kritis yang dibutuhkan dalam SNI *Ketentuan Seismik*.
- (2) Geometri lubang akses las harus memenuhi persyaratan SNI *Spesifikasi*.

14.6 Pembatasan Sambungan Badan Balok Dan Pelat Geser

Sambungan badan balok dan pelat geser harus memenuhi pembatasan sebagai berikut:

Pelat geser harus dilas ke sayap kolom menggunakan las PJK, PJP, atau kombinasi PJP dan las filet. Pelat geser harus dibaut ke badan balok dan dilas filet ke badan balok. Las filet horizontal pada bagian atas dan bawah pelat geser harus dihentikan pada jarak tidak kurang dari satu ukuran las filet dari ujung balok. Badan balok harus terhubung ke

sayap kolom menggunakan las PJK yang memanjang hingga keseluruhan ketinggian pelat geser. Sambungan pelat geser harus diizinkan untuk digunakan sebagai dukungan untuk las PJK. Las PJK dari badan balok ke sayap kolom harus sesuai dengan persyaratan las kritis yang dibutuhkan dalam SNI *Ketentuan Seismik*.

- (a) Jika tab las digunakan, mereka tidak perlu dilepas.
- (b) Jika tab las tidak digunakan, las PJK harus diakhiri dengan cara yang meminimalkan takik dan konsentrasi tegangan, seperti dengan penggunaan las bertingkat. Las bertingkat harus dilakukan pada sudut maksimum 45° relatif terhadap sumbu las. Pengujian yang tidak merusak (NDT) dari ujung las bertingkat tidak perlu dilakukan.

14.7 Pabrikasi Sobekan Badan Balok

Sobekan badan balok harus dibuat menggunakan pemotongan atau penggilingan termal dari sobekan dan lubang atau dengan mengebor lubang untuk menghasilkan kekasaran permukaan di sobekan atau lubang tidak melebihi 1.000 mikro-inci (25 mikron). Ketidak sempurnaan yang mungkin terjadi akibat pemotongan di sobekan harus diperbaiki dengan digerinda. Sobekan badan balok harus berakhir pada pemotongan termal atau dibor $1 \frac{1}{16}$ in. (27 mm) untuk tinggi nominal balok sama atau lebih dari 24 in. (610 mm) atau $\frac{3}{16}$ in. (21 mm) untuk tinggi nominal balok kurang dari 24 in. (610 mm). Pelubangan dengan cara pons tidak diizinkan. Lebar sobekan dan toleransinya ditunjukkan pada Gambar 14.3. Panjang sobekan $\frac{1}{8}$ in. harus setidaknya sama dengan lebar dari pelat geser, tetapi tidak perlu melebihi setengah panjang sobekan, l_s . Transisi dari sobekan $\frac{1}{8}$ in. (3 mm) ke $\frac{1}{4}$ in. (6 mm) tidak boleh memiliki kemiringan lebih besar dari 1 vertikal ke 3 horizontal.

14.8 Prosedur Desain

Langkah 1. Desain sobekan badan balok. Panjang sobekan balok, l_s , adalah yang terkecil dari berikut dengan $\pm 10\%$:

$$l_s = 1,5b_f \quad (14.8-1)$$

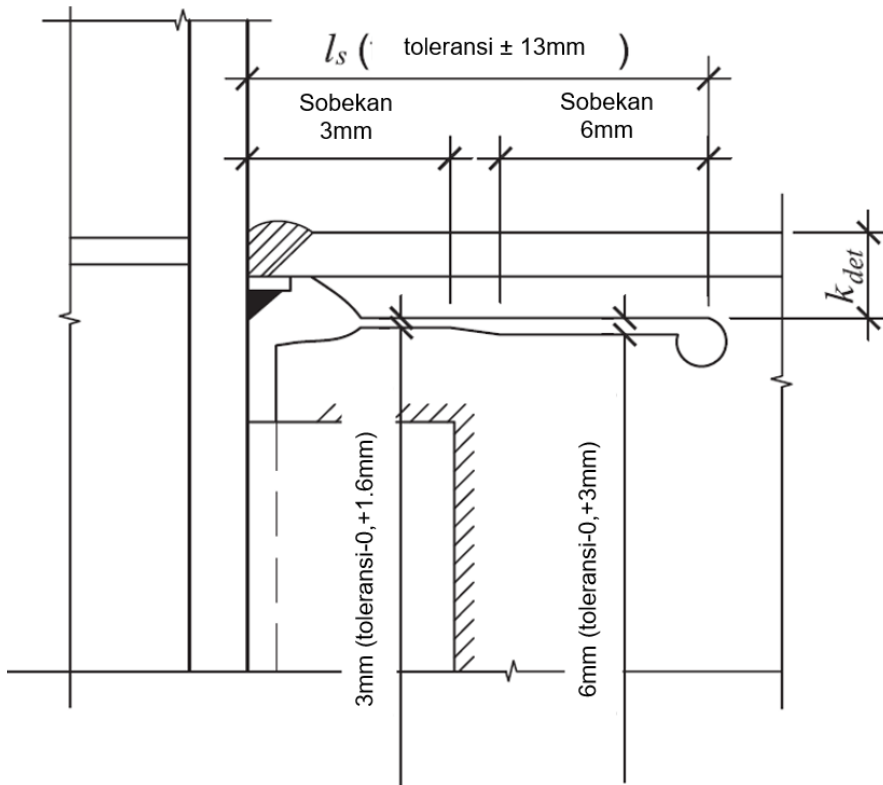
$$l_s = 0,6t_{bf} \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \quad (14.8-2)$$

$$l_s = \frac{d}{2} \quad (14.8-3)$$

$$I_s = I_p + \frac{(I_b - I_p)}{10} \tag{14.8-4}$$

dengan

- E = modulus elastisitas baja, ksi (MPa)
- F_{ye} = kekuatan leleh terekspektasi dari balok baja, ksi (MPa)
- = $R_y F_y$
- R_y = rasio tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum, F_y
- b_f = lebar sayap balok, in. (mm)
- d = tinggi nominal balok, in. (mm)
- I_b = setengah dari bentang bersih balok, in. (mm)
- I_p = lebar pelat geser, in. (mm)
- t_{bf} = tebal sayap balok, in. (mm)



Gambar 14.3 Lebar dan toleransi sobekan

Langkah 2. Desain pelat geser. Baja dengan tegangan leleh minimum terspesifikasi sebesar 50 ksi (345 MPa) harus digunakan. Lebar pelat geser tidak boleh lebih besar dari setengah panjang sobekan badan balok atau 6 in. (152 mm) tetapi tidak lebih pendek dari sepertiga panjang sobekan balok. Ketinggian, h , dari pelat geser ditentukan sebagai:

$$h = T - 2 \text{ in.} \pm 1 \text{ in.} \tag{14.8-5}$$

$$h = T - 50 \text{ mm} \pm 25 \text{ mm} \tag{14.8-5M}$$

Dengan T didefinisikan dalam *AISC Steel Construction Manual* untuk WF. Tebal pelat geser minimum harus sama dengan setidaknya dua pertiga dari tebal badan balok tetapi tidak kurang dari 3/8 in. (10 mm).

Tebal pelat geser minimum yang diperlukan, t_p , didasarkan pada momen tambahan akibat amplifikasi geser dari ujung pelat geser ke muka kolom. Gunakan modulus penampang elastis pelat untuk menghitung tebal pelat geser minimum secara konservatif.

$$t_p = C_{pr} \left(\frac{6}{h^2} \right) R_y \left(\frac{Z_b I_p}{I_b - I_p} \right) \quad (14.8-6)$$

dengan

$$Z_b = \text{modulus penampang plastis dari balok, in}^3 \text{ (mm}^3\text{)}$$

Langkah 3. Desain las pelat geser ke badan balok. Pelat geser harus dilas ke badan balok dengan kelompok las filet yang dibebani secara eksentris. Las harus didesain untuk menahan M_{weld} dan V_{weld} untuk memperhitungkan eksentrisitas yang dihasilkan, e_x . Nilai ini ditentukan sebagai berikut:

$$M_{weld} = C_{pr} \left(\frac{t_p}{t_p + t_{bw}} \right) \left(\frac{h}{T} \right)^2 Z_{web} R_y F_y \quad (14.8-7)$$

$$V_{weld} = V_{beam} \left(\frac{t_p}{t_p + t_{bw}} \right) \quad (14.8-8)$$

$$e_x = \frac{M_{weld}}{V_{weld}} \quad (14.8-9)$$

dengan

$$M_{weld} = \text{momen yang ditahan pelat geser, kip-in (Nmm)}$$

$$V_{beam} = \text{geser pada sendi plastis balok, kips (N)}$$

$$= \frac{M_{pr}}{I_b - I_p} + V_{gravity} \quad (14.8-10)$$

$$M_{pr} = C_{pr} R_y F_y Z_b$$

$$V_{gravitasi} = \text{gaya geser balok yang dihasilkan dari kombinasi beban } 1,2D + f_1L + 0,2S \text{ (dengan } f_1 \text{ adalah faktor beban yang ditentukan oleh peraturan bangunan untuk beban hidup, tetapi tidak kurang dari 0,5), kips (N)}$$

Catatan Pengguna : Kombinasi beban $1,2D + f_1L + 0,2S$ memenuhi ASCE/SEI 7-16. Bila menggunakan *International Building Code*, faktor 0,7 harus digunakan sebagai pengganti faktor 0,2 untuk S (salju) ketika konfigurasi atap sedemikian rupa sehingga salju tertahan di atas struktur.

$$V_{weld} = \text{geser yang ditahan oleh pelat geser, kips (N)}$$

$$Z_b = \text{modulus penampang plastis balok, in}^3 \text{ (mm}^3\text{)}$$

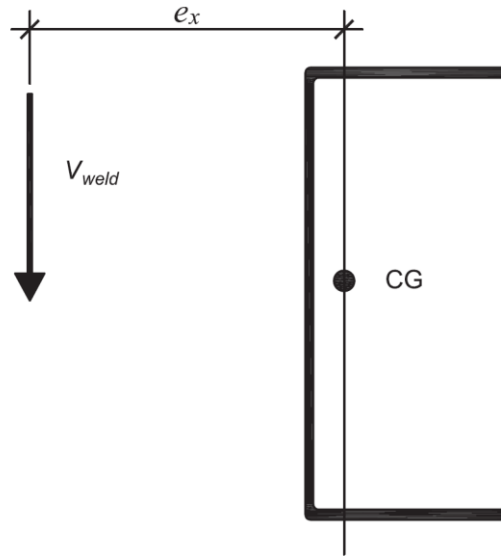
$$Z_{web} = \text{modulus penampang plastis badan balok, in}^3 \text{ (mm}^3\text{)}$$

$$= \frac{t_w T^2}{4} \quad (14.8-11)$$

$$e_x = \text{Eksentrisitas las pelat geser, in. (mm)}$$

$$t_{bw} = \text{Tebal badan balok, in. (mm)}$$

Catatan Pengguna : Tabel desain Manual AISC untuk “Kelompok Las yang Dibebani secara Eksentris” dapat digunakan untuk mendesain las filet pelat geser ke badan balok. Gunakan tinggi dan lebar pelat geser serta eksentrisitas geser, e_x , seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.4, untuk menentukan koefisien tabel desain las.



Gambar 14.4 Kelompok las yang dibebani secara eksentris

Langkah 4. Desain las pelat geser ke sayap kolom. Kekuatan yang diperlukan dari sambungan las yang menghubungkan pelat geser ke sayap kolom harus sama dengan kekuatan nominal dari kelompok las yang dibebani secara eksentris seperti yang dihitung sesuai dengan Langkah 3.

Langkah 5. Pilih baut pratarik kekuatan tinggi di lubang standar untuk sambungan pelat geser ke badan balok untuk berfungsi sebagai baut-rakit dan untuk menstabilkan badan balok tekuk lateral pada sayap kolom. Baut ini harus memiliki jarak baut maksimum 6 in. (150 mm) di tengah di atas ketinggian penuh pelat. Diameter dari baut harus sama dengan atau lebih besar dari tebal badan balok.

Langkah 6. Hitung momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom, M_f , untuk digunakan dalam pengecekan pelat penerus dan persyaratan zona panel.

$$M_f = M_{pr} + V_{beam}l_p \quad (14.8-12)$$

Langkah 7. Cek kekuatan geser balok sesuai dengan *SNI Spesifikasi* Bab G.

Langkah 8. Cek persyaratan pelat penerus sesuai dengan Bab 2.4.4

Langkah 9. Cek zona panel kolom sesuai dengan Bab 14.4

Langkah 10. Cek rasio momen balok kolom berdasarkan Bab 14.

A Persyaratan penguangan

A1 Kelas baja tuang

Kelas baja tuang harus memenuhi ASTM A958/A958M *Grade* SC8620 kelas 80/50.

A2 Pengendalian mutu

A2.1 Personel Pemeriksa dan Personel Pengujian Nondestruktif

Pemeriksaan visual dan pengujian nondestruktif harus dilakukan oleh pabrik sesuai dengan yang tertera pada tata cara pemeriksaan kualifikasi. Prosedur dan kualifikasi inspektor adalah tanggung jawab pabrik. Kualifikasi inspektor harus menurut ASNT-TC-1a atau standar ekuivalen. Yang tertera dalam tata cara pemeriksaan harus mencakup ketentuan yang secara khusus dimaksudkan untuk mengevaluasi cacat yang ditemukan dalam produk baja tuang. Kualifikasi harus dibuktikan dengan kebiasaan kriteria pemeriksaan dan kriteria penerimaan yang digunakan dalam evaluasi produk baja tuang.

A2.2 Pemeriksaan Benda Pertama (PBP) Penguangan

Benda pertama didefinisikan sebagai penguangan produksi pertama yang terbuat dari pola yang terpasang secara tetap. PBP harus dilakukan pada penguangan pertama yang dihasilkan dari setiap pola. Dimensi penguangan benda pertama harus diukur dan dicatat. PBP meliputi pemeriksaan visual sesuai Pasal A2.3, pengujian nondestruktif sesuai Pasal A2.4, pengujian tarik sesuai Pasal A2.6, dan pengujian takik V Charpy sesuai Pasal A2.7.

A2.3 Pemeriksaan Visual Penguangan

Pemeriksaan visual dari semua permukaan penguangan harus dilakukan untuk memastikan kesesuaian dengan ASTM A802/A802M dan MSS SP-55 dengan penerimaan permukaan Level I.

A2.4 Pengujian Nondestruktif (UND) Penguangan

A2.4a Prosedur

Pengujian radiografi (UR) harus dilakukan oleh penjaminan mutu (JM) sesuai dengan prosedur yang dijelaskan dalam ASTM E446 dan ASTM E186 dengan suatu penerimaan Level III atau lebih baik.

Pengujian ultrasonik (UU) harus dilakukan dengan JM sesuai dengan prosedur yang dijelaskan oleh Prosedur A ASTM A609/A609M dengan penerimaan Level 3, atau lebih baik.

Pengujian partikel magnetik (UPM) harus dilakukan oleh JM sesuai dengan prosedur yang ditetapkan oleh ASTM E709 dengan Level penerimaan V, atau lebih baik, memenuhi ASTM A903/A903M.

A2.4b UND yang Diperlukan

(1) Benda Pertama

UR dan UPM harus dilakukan pada penguangan benda pertama.

(2) Penguangan Produksi

UU harus dilakukan pada 100% dari penguangan.

UPM harus dilakukan pada 50% dari penguangan.

(3) Reduksi Persentase UU

Laju UU diizinkan untuk dikurangi jika disetujui oleh penanggung jawab perancangan dan pihak yang berwenang. Laju UU dapat dikurangi sampai 25%, asalkan jumlah penguangan yang tidak memenuhi Pasal A2.4a ditunjuk menjadi 5% atau kurang. Pengambilan contoh dari sedikitnya 40 penguangan harus dibuat untuk evaluasi pengurangan. Pengurangan ini tidak diizinkan untuk penguangan dengan perbaikan las.

(4) Reduksi Persentase UPM

Laju UPM diizinkan direduksi jika disetujui penanggung jawab perancangan dan pejabat yang berwenang. Laju UPM boleh direduksi sampai 10%, diberi nomor penguangan yang tidak memenuhi Pasal A2.4a yang dibuktikan sebesar 5% atau kurang. Pengambilan contoh penguangan paling sedikit 20 harus dibuat untuk pengevaluasian reduksi. Reduksi tidak diizinkan untuk penguangan dengan perbaikan las.

A2.5 Prosedur Perbaikan Las

Penguangan dengan diskontinu yang melampaui persyaratan Pasal A2.4a harus diperbaiki dengan las. Perbaikan las dari penguangan harus dilakukan menurut ASTM A488/A488M. Metode pengujian yang sama yang menemukan adanya diskontinu harus diulangi pada penguangan yang diperbaiki untuk memastikan penghilangan/*removal* semua diskontinu yang melampaui persyaratan Pasal A2.4a.

A2.6 Persyaratan Tarik

Pengujian tarik harus dilakukan untuk setiap tingkat pemanasan menurut ASTM A370 dan ASTM 781/A781M.

A2.7 Persyaratan Takik V Charpy (TVC)

Pengujian TVC harus dilakukan menurut ASTM A370 and ASTM781/A781M. Tiga spesimen yang ditakik harus diuji dengan tingkat pemanasan pertama, dan dengan setiap 20 ton (18100 kg) berikutnya dari material jadi. Spesimen harus memiliki kekerasan TVC minimum 20 ft-lb (27 J) pada 70°F (21°C).

A2.8 Identifikasi Penguangan

Penguangan harus secara jelas ditandai dengan nomor pola dan nomor seri yang unik untuk setiap penguangan individual yang memberikan keterlacakan terhadap catatan *heat* dan produksi.

A3 Dokumen produsen

A3.1 Penyerahan kepada Pemegang Paten

Dokumen yang berikut harus disampaikan kepada pemegang paten, sebelum memulai produksi sebagaimana berlaku:

- (1) Laporan komposisi kimia material
- (2) Laporan pemeriksaan benda pertama

A3.2 Penyerahan kepada penanggung jawab perancangan dan pihak yang berwenang

Dokumen yang berikut harus disampaikan kepada penanggung jawab perancangan dan pihak yang berwenang, sebelumnya, atau dengan pengiriman sebagaimana berlaku:

- (1) Laporan pemeriksaan produksi dan laporan UND
- (2) Laporan uji tarik dan laporan uji TVC
- (3) Laporan perbaikan las
- (4) Surat persetujuan oleh pemegang paten dari laporan pabrik PBP

SNI 7972:2020

B Persyaratan penempaan

B1. Kelas baja yang ditempa

Material baku harus memenuhi persyaratan ASTM A572/A572M, Grade 50 (Grade 345). Proses penempaan harus memenuhi persyaratan ASTM A788 dan ASTM A668. Properti mekanikal harus memenuhi persyaratan Tabel B1.1.

B2. Persediaan batang tulangan

Persediaan batang tulangan harus dipotong menjadi billet sesuai dengan bagian yang ditempa. Semua billet harus ditandai dengan nomor *heat*.

B3. Temperatur penempaan

Billet harus ditempa pada temperatur minimum dari 2150°F (1180°C) dan temperatur maksimum 2250°F (1230°C).

B4. Perlakuan tingkat pemanasan

Segera setelah penempaan impresi, bagian yang ditempa harus dinormalisasi selama satu jam pada suhu 1650°F (899°C) kemudian didinginkan dengan udara.

B5. Finis

Penempaan yang sempurna harus disemprot finis, bersih dari *mill scale*.

B6. Penjaminan mutu

Satu sampel dari persediaan batang tulangan dari setiap *heat* harus dipotong dengan panjang 6 in. (152 mm) dan ditempa menjadi batang tulangan 5 in. dengan tebal 2 in. (125 mm x50 mm). Contoh uji harus ditandai dengan arah longitudinal dan transversal. Properti kimia dan fisik per Tabel B1.1 harus diverifikasi dengan ASTM A572/A572M Grade 50 (Grade 345) untuk kedua arah longitudinal dan transversal pada setiap contoh uji.

Pengujian partikel magnetik harus dilakukan pada 12 potongan pertama dari masing-masing produksi untuk memverifikasi peralatan dan prosedur penempaan. Retak tidak diizinkan. Jika retak ditemukan, peralatan atau prosedur penempaan harus dimodifikasi dan tambahan 12 potongan pertama harus diuji. Proses ini harus diulang sampai diperoleh 12 contoh uji bebas retak sebelum produksi.

TABEL B1.1	
Properti Mekanikal yang Ditetapkan	
Kekuatan leleh	Minimum 50 ksi (345 MPa)
Kekuatan tarik	Minimum 65 ksi (450 MPa)
Elongasi dalam 2 in. (50 mm)	Minimum 22 %
Reduksi area	Minimum 38 %
Kekerasan takik V Charpy	20 ft-lb pada 70°F (27 J pada 21°C)

B7. Dokumentasi

Data uji laboratorium yang mendokumentasikan persyaratan kimia, kekuatan, perpanjangan/elongasi, reduksi luas, dan Charpy untuk sampel yang diuji menurut Pasal B6 harus disampaikan.

Pemeriksaan laporan yang mendokumentasikan kinerja yang memuaskan dari uji partikel per Pasal B6 harus disampaikan.

Sertifikasi kesesuaian dengan persyaratan Lampiran ini harus disampaikan kepada pembeli.

Informasi pendukung terkait perumus standar

[1] Komite Teknis/Subkomite Teknis perumus SNI

Subkomite Teknis 91-01-S4 Bahan, Sains, Struktur dan Konstruksi Bangunan.

[2] Susunan keanggotaan Komite Teknis/Subkomite Teknis perumus SNI

Ketua : Prof. Dr. Ir. Arief Sabaruddin, CES

Wakil Ketua : Ir. Lutfi Faizal

Sekretaris : Dany Cahyadi, ST, MT

Anggota : 1. Ir. RG Eko Djuli Sasongko, MM
 2. Prof. Dr. Ir. Suprpto, M.Sc, FPE, IPM
 3. Dr.Ir. Johannes Adhijoso Tjondro, M.Eng
 4. Ir. Asriwiyanti Desiani, MT
 5. Ir. Felisia Simarmata
 6. Ir. Suradjin Sutjipto, MS
 7. Dr. Ir. Hari Nugraha Nurjaman
 8. Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D

[3] Konseptor rancangan SNI

NO.	NAMA	INSTANSI
Koordinator Tim		
1	Ir. Lutfi Faizal	Puslitbang Perumahan dan Permukiman, Kementerian PUPR
Ketua Tim		
2	Dr. Ir. Djoni Simanta, MT	Prodi Teknik Sipil - Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
Ketua Subtim		
3	Ir. Suradjin Sutjipto, MS.	Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan - Universitas Trisakti/ Suradjin Sutjipto Inc. (SSI)
Anggota Tim		
4	Naomi Pratiwi B.Eng, M.Sc	Prodi Teknik Sipil - Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
5	Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D	Prodi Teknik Sipil - Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
6	Sisi Nova Rizkiani, ST, MT	Prodi Teknik Sipil - Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
7	Wivia Octarena Nugroho, ST, MT	Prodi Teknik Sipil - Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
8	Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D	Prodi Teknik Sipil - Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
9	Prof. Tavio, ST, MT, Ph.D	Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan - Institut teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
10	Ir. Indrawati Sumeru, MM.	Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan - Universitas Trisakti/ Suradjin Sutjipto Inc. (SSI)
11	Dr. Ir. Nathan Madutujuh, M.Sc	Ketua HAKI Komda Jabar
12	Dr. Ir. Hanafiah, MS	Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
13	Ir. Felisia Simarmata	PT. Utomo Lajju

NO.	NAMA	INSTANSI
14	Ir. Grace Indriani Sandika MT	PT. Cigading Habeam Centre
15	Ferri Eka Putra, ST, Dipl.E.Eng.MDM	Puslitbang Perumahan dan Permukiman, Kementerian PUPR
16	Ir. Sutadji Yuwasdiki, Dipl. E. Eng	Puslitbang Perumahan dan Permukiman, Kementerian PUPR
17	Ir. Wahyu Wuryanti, M.Sc	Puslitbang Perumahan dan Permukiman, Kementerian PUPR
18	Ajun Hariono, ST, M.Sc., Eng	Puslitbang Perumahan dan Permukiman, Kementerian PUPR
19	Adhi Yudha Mulia, ST, MDM	Puslitbang Perumahan dan Permukiman, Kementerian PUPR
20	Azhar Pangarso Laksono, M.Eng.Sc	Puslitbang Perumahan dan Permukiman, Kementerian PUPR

[4] Sekretariat pengelola Komite Teknis/Subkomite Teknis perumus SNI

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.