

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,



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 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

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 7860:2020 Ketentuan seismik untuk bangunan gedung baja struktural sebagai revisi dari Standar Nasional Indonesia 7860:2015 Ketentuan Seismik Untuk Struktur Baja Bangunan Gedung;
- 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 7860:2020 KETENTUAN SEISMIC UNTUK BANGUNAN GEDUNG BAJA STRUKTURAL SEBAGAI REVISI DARI STANDAR NASIONAL INDONESIA 7860:2015 KETENTUAN SEISMIC UNTUK STRUKTUR BAJA BANGUNAN GEDUNG.
- KESATU : Menetapkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7860:2020 Ketentuan seismik untuk bangunan gedung baja struktural sebagai revisi dari SNI 7860:2015 Ketentuan Seismik Untuk Struktur Baja Bangunan Gedung.
- KEDUA : SNI 7860:2020 Ketentuan seismik untuk bangunan gedung baja struktural sebagaimana dimaksud dalam DIKTUM Kesatu merupakan Adopsi Identik dengan metode terjemahan dari AISC 341-16 *Specification for Structural Steel Buildings*, 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,



KUKUL S ACHMAD

Ketentuan seismik untuk bangunan gedung baja struktural

(ANSI/AISC 341-16, 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	xi
Simbol	xii
Daftar Istilah	xix
Singkatan	xxvii
BAB A PERSYARATAN UMUM	1
A1. RUANG LINGKUP	1
A2. SPESIFIKASI, PERATURAN DAN STANDAR YANG DIACU	2
A3. MATERIAL	2
1. Spesifikasi Material.....	2
2. Kekuatan Material Terekspektasi.....	3
3. Profil Berat.....	4
4. Bahan Habis Pakai untuk Pengelasan.....	5
4a. Las Sistem Penahan Gaya Seismik.....	5
4b. Las Kritis Perlu	5
5. Beton dan Tulangan Baja	6
A4. GAMBAR DESAIN DAN SPESIFIKASI STRUKTUR.....	6
1. Umum.....	6
2. Konstruksi Baja.....	6
3. Konstruksi Komposit.....	7
BAB B PERSYARATAN DESAIN UMUM.....	8
B1. PERSYARATAN UMUM DESAIN SEISMIK.....	8
B2. BEBAN DAN KOMBINASI BEBAN	8
B3. DASAR DESAIN	9
1. Kekuatan Perlu	9
2. Kekuatan Tersedia	9
B4. TIPE SISTEM	9
BAB C ANALISIS.....	11
C1. PERSYARATAN UMUM.....	11
C2. PERSYARATAN TAMBAHAN	11
C3. ANALISIS NONLINIER	11
BAB D PERSYARATAN UMUM PERANCANGAN KOMPONEN STRUKTUR DAN SAMBUNGAN	12
D1. PERSYARATAN KOMPONEN STRUKTUR	12
1. Klasifikasi Profil untuk Daktilitas	12
1a. Persyaratan Profil untuk Komponen Struktur Daktail	12
1b. Pembatasan Lebar terhadap Tebal Profil Baja dan Penampang Komposit.....	12
2. Pembreisan Stabilitas Balok	15
2a. Komponen Struktur Daktail Sedang.....	15
2b. Komponen Struktur Daktail Tinggi	16
2c. Pembreisan Khusus pada Lokasi Sendi Plastis	16
3. Zona Terlindung	17
4. Kolom	18
4a. Kekuatan Perlu	18
4b. Kolom Komposit Terbungkus Beton.....	18
4c. Kolom Komposit Terisi Beton.....	21
5. Diafragma Pelat Komposit	21
5a. Transfer Beban.....	21
5b. Kekuatan Geser Nominal.....	21
D2. SAMBUNGAN	22

1.	Umum.....	22
2.	Joint dengan Baut.....	22
3.	Joint yang Dilas	23
4.	Pelat Penerus dan Pengaku	23
5.	Splais Kolom	23
5a.	Lokasi Splais	23
5b.	Kekuatan Perlu.....	24
5c.	Kekuatan Geser Perlu	24
5d.	Konfigurasi Splais Baja Struktural.....	25
5e.	Splais pada Kolom Komposit Terbungkus Beton	25
6.	Dasar Kolom.....	25
6a.	Kekuatan Aksial Perlu.....	25
6b.	Kekuatan Geser Perlu	26
6c.	Kekuatan Lentur Perlu	26
7.	Sambungan Komposit	27
8.	Angkur Baja.....	28
D3.	KOMPATIBILITAS DEFORMASI KOMPONEN STUKTUR DAN SAMBUNGAN NON-STGS.....	29
D4.	FONDASI TIANG H	29
1.	Persyaratan Desain	29
2.	Fondasi Tiang H Miring.....	29
3.	Gaya Tarik.....	29
4.	Zona Terlindung	29
BAB E	SISTEM RANGKA MOMEN	30
E1.	RANGKA MOMEN BIASA (RMB)	30
1.	Ruang Lingkup	30
2.	Dasar Desain.....	30
3.	Analisis.....	30
4.	Persyaratan Sistem	30
5.	Komponen Struktur.....	30
5a.	Persyaratan Dasar.....	30
5b.	Zona Terlindung	30
6.	Sambungan	31
6a.	Las Kritis Perlu	31
6b.	Sambungan Momen KP.....	31
6c.	Sambungan Momen KB.....	32
E2.	RANGKA MOMEN MENENGAH (RMT)	32
1.	Ruang Lingkup	32
2.	Dasar Desain.....	33
3.	Analisis.....	33
4.	Persyaratan Sistem	33
4a.	Pembreisan Stabilitas Balok	33
5.	Komponen Struktur.....	33
5a.	Persyaratan Dasar.....	33
5b.	Sayap Balok	33
5c.	Zona Terlindung	34
6.	Sambungan	34
6a.	Las Kritis Perlu	34
6b.	Persyaratan Sambungan Balok ke Kolom.....	34
6c.	Pembuktian Kesesuaian	35
6d.	Kekuatan Geser Perlu	35
6e.	Zona Panel.....	35
6f.	Pelat Penerus.....	36
6g.	Sambungan Kolom	36
E3.	RANGKA MOMEN KHUSUS	36

1.	Ruang Lingkup	36
2.	Dasar Desain.....	36
3.	Analisis.....	36
4.	Persyaratan Sistem	36
4a.	Rasio Momen	36
4b.	Pembreisan Stabilitas Balok	38
4c.	Pembreisan Stabilitas pada Sambungan Balok ke Kolom.....	38
5.	Komponen Struktur.....	39
5a.	Persyaratan Dasar.....	39
5b.	Sayap Balok	39
5c.	Zona Terlindung	40
6.	Sambungan	40
6a.	Las Kritis Perlu	40
6b.	Sambungan Balok ke Kolom.....	40
6c.	Pembuktian Kesesuaian	41
6d.	Kekuatan Geser Perlu	41
6e.	Zona Panel.....	42
6f.	Pelat Penerus.....	44
6g.	Splais Kolom	46
E4.	RANGKA MOMEN RANGKA BATANG KHUSUS (RMRBK).....	48
1.	Ruang Lingkup	48
2.	Dasar Desain.....	48
3.	Analisis.....	48
3a.	Segmen Khusus	48
3b.	Segmen Non-Khusus.....	48
4.	Persyaratan Sistem	48
4a.	Segmen Khusus	48
4b.	Pembreisan Stabilitas Rangka Batang.....	49
4c.	Pembreisan Stabilitas dari Sambungan Rangka Batang ke Kolom	49
4d.	Kekakuan Pembreisan Stabilitas	49
5.	Komponen Struktur.....	49
5a.	Persyaratan Dasar.....	49
5b.	Komponen Struktur Segmen Khusus.....	49
5c.	Kekuatan Geser Vertikal Terekspektasi Segmen Khusus	50
5d.	Pembatasan Lebar terhadap Tebal.....	50
5e.	Komponen Kord Tersusun.....	50
5f.	Zona Terlindung	50
6.	Sambungan	51
6a.	Las Kritis Perlu	51
6b.	Sambungan Komponen Struktur Badan Diagonal pada Segmen Khusus	51
6c.	Sambungan Kolom.....	51
E5.	SISTEM KOLOM KANTILEVER BIASA (SKKB)	51
1.	Ruang Lingkup	51
2.	Dasar Desain.....	51
3.	Analisis.....	51
4.	Persyaratan Sistem	51
4a.	Kolom	51
4b.	Pembreisan Stabilitas Kolom	52
5.	Komponen Struktur.....	52
5a.	Persyaratan Dasar.....	52
5b.	Sayap Kolom	52
5c.	Zona Terlindung	52
6.	Sambungan	52
6a.	Las Kritis Perlu	52
6b.	Dasar Kolom.....	52

E6.	SISTEM KOLOM KANTILEVER KHUSUS (SKKK)	52
1.	Ruang Lingkup	52
2.	Dasar Desain.....	52
3.	Analisis	52
4.	Persyaratan Sistem	52
4a.	Kolom	52
4b.	Pembreisan Stabilitas dari Kolom	53
5.	Komponen Struktur.....	53
5a.	Persyaratan Dasar.....	53
5b.	Sayap Kolom	53
5c.	Zona Terlindung	53
6.	Sambungan	53
6a.	Las Kritis Perlu	53
6b.	Dasar Kolom.....	53
BAB F	SISTEM RANGKA TERBREIS DAN SISTEM DINDING GESER	54
F1.	RANGKA TERBREIS KONSENTRIS BIASA (RBKB)	54
1.	Ruang Lingkup	54
2.	Dasar Desain.....	54
3.	Analisis	54
4.	Persyaratan Sistem	54
4a.	Rangka Terbreis V dan Rangka Terbreis V Terbalik.....	54
4b.	Rangka Terbreis K.....	55
4c.	Rangka Terbreis Bertingkat Banyak	55
5.	Komponen Struktur.....	56
5a.	Persyaratan Dasar.....	56
5b.	Kelangsingan.....	56
5c.	Balok	56
6.	Sambungan	56
6a.	Sambungan Breis	56
7.	Rangka Terbreis Konsentris Biasa di atas Sistem Isolasi Seismik	57
7b.	Komponen Struktur.....	57
F2.	RANGKA TERBREIS KONSENTRIS KHUSUS (RBKK)	57
1.	Ruang Lingkup	57
2.	Dasar Desain.....	57
3.	Analisis	58
4.	Persyaratan Sistem	59
4a.	Distribusi Gaya Lateral	59
4b.	Rangka Terbreis V dan Rangka Terbreis V Terbalik.....	59
4c.	Rangka Terbreis K.....	59
4d.	Rangka Tarik Saja	59
4e.	Rangka Terbreis Bertingkat-Banyak	60
5.	Komponen Struktur.....	61
5a.	Persyaratan Dasar.....	61
5b.	Breis Diagonal	61
5c.	Zona Terlindung	61
6.	Sambungan	62
6a.	Las Kritis Perlu	62
6b.	Sambungan Balok ke Kolom.....	62
6c.	Sambungan Breis	62
6d.	Splais Kolom	64
F3.	RANGKA TERBREIS EKSENTRIS (RBE)	64
1.	Ruang Lingkup	64
2.	Dasar Desain.....	64
3.	Analisis	65
4.	Persyaratan Sistem	66

4a.	Sudut Rotasi Elemen Perangkai	66
4b.	Pembreisan Elemen Perangkai	66
5.	Komponen Struktur.....	66
5a.	Persyaratan Dasar.....	66
5b.	Elemen Perangkai	66
5c.	Zona Terlindung	70
6.	Sambungan	70
6a.	Las Kritis Perlu	70
6b.	Sambungan Balok ke Kolom.....	71
6c.	Sambungan Breis Diagonal	71
6d.	Splais Kolom	71
6e.	Sambungan Elemen Perangkai ke Kolom.....	72
F4.	RANGKA TERBREIS TERKEKANG TEKUK (RBKT)	73
1.	Ruang Lingkup	73
2.	Dasar Desain.....	73
2a.	Kekuatan Breis	73
2b.	Faktor Penyesuaian.....	74
2c.	Deformasi Breis	74
3.	Analisis	74
4.	Persyaratan Sistem	75
4a.	Rangka Terbreis V dan Terbreis V Terbalik	75
4b.	Rangka Terbreis K.....	75
4c.	Distribusi Gaya Lateral	75
4d.	Rangka Terbreis Bertingkat-Banyak	76
5.	Komponen Struktur.....	76
5a.	Persyaratan Dasar.....	76
5b.	Breis Diagonal	77
5c.	Zona Terlindung	78
6.	Sambungan	78
6a.	Las Kritis Perlu	78
6b.	Sambungan Balok ke Kolom.....	78
6c.	Sambungan Breis Diagonal	79
6d.	Splais Kolom	79
F5.	DINDING GESER PELAT KHUSUS (DGPK).....	80
1.	Ruang Lingkup	80
2.	Dasar Desain.....	80
3.	Analisis	80
4.	Persyaratan Sistem	81
4a.	Kekakuan Elemen Batas	81
4b.	Rasio Momen Sambungan EBH ke EBV	81
4c.	Pembreisan	81
4d.	Bukaan pada Badan	81
5.	Komponen Struktur.....	81
5a.	Persyaratan Dasar.....	81
5b.	Badan.....	82
5c.	EBH.....	82
5d.	Zona Terlindung	82
6.	Sambungan	83
6a.	Las Kritis Perlu	83
6b.	Sambungan EBH ke EBV	83
6c.	Sambungan Badan ke Elemen Batas	83
6d.	Splais Kolom	83
7.	Badan Berperforasi.....	84
7a.	Tata Letak Lubang Lingkaran yang Teratur	84
7b.	Potongan Sudut yang Diperkuat	85

BAB G SISTEM RANGKA MOMEN KOMPOSIT	86
G1. RANGKA MOMEN BIASA KOMPOSIT (RMB-K)	86
1. Ruang Lingkup	86
2. Dasar Desain	86
3. Analisis	86
4. Persyaratan Sistem	86
5. Komponen Struktur	86
5a. Zona Terlindung	87
6. Sambungan	87
6a. Las Kritis Perlu	87
G2. RANGKA MOMEN MENENGAH KOMPOSIT (RMT-K)	87
1. Ruang Lingkup	87
2. Dasar Desain	87
3. Analisis	87
4. Persyaratan Sistem	87
4a. Pembreisan Stabilitas Balok	87
5. Komponen Struktur	88
5a. Persyaratan Dasar	88
5b. Sayap Balok	88
5c. Zona Terlindung	88
6. Sambungan	88
6a. Las-las Kritis Perlu	88
6b. Sambungan Balok ke Kolom	88
6c. Pembuktian Kesesuaian	89
6d. Kekuatan Geser Perlu	89
6e. Pelat Diafragma Sambungan	89
6f. Splais Kolom	90
G3. RANGKA MOMEN KHUSUS KOMPOSIT (RMK-K)	90
1. Ruang Lingkup	90
2. Dasar Desain	90
3. Analisis	90
4. Persyaratan Sistem	91
4a. Rasio Momen	91
4b. Pembreisan Stabilitas Balok	91
4c. Pembreisan Stabilitas pada Sambungan Balok ke Kolom	91
5. Komponen Struktur	92
5a. Persyaratan Dasar	92
5b. Sayap Balok	92
5c. Zona Terlindung	92
6. Sambungan	92
6a. Las Kritis Perlu	92
6b. Sambungan Balok ke Kolom	93
6c. Pembuktian Kesesuaian	93
6d. Kekuatan Geser Perlu	94
6e. Pelat Diafragma Sambungan	94
6f. Splais Kolom	94
G4. RANGKA MOMEN TERKEKANG SEBAGIAN KOMPOSIT (RMKB-K)	94
1. Ruang Lingkup	94
2. Dasar Desain	94
3. Analisis	95
4. Persyaratan Sistem	95
5. Komponen Struktur	95
5a. Kolom	95
5b. Balok	95
5c. Zona Terlindung	95

6.	Sambungan	95
6a.	Las Kritis Perlu	95
6b.	Kekuatan Perlu	96
6c.	Sambungan Balok ke Kolom.....	96
6d.	Pembuktian Kesesuaian	96
6e.	Splais Kolom	96
BAB H SISTEM RANGKA TERBREIS DAN DINDING GESER KOMPOSIT		97
H1.	RANGKA TERBREIS BIASA KOMPOSIT (RBB-K).....	97
1.	Ruang Lingkup	97
2.	Dasar Desain.....	97
3.	Analisis	98
4.	Persyaratan Sistem	98
5.	Komponen Struktur.....	98
5a.	Persyaratan Dasar.....	98
5b.	Kolom	98
5c.	Breis	98
5d.	Zona Terlindung	98
6.	Sambungan	98
6a.	Las Kritis Perlu	98
H2.	RANGKA TERBREIS KONSENTRIS KHUSUS KOMPOSIT (RBKK-K)	98
1.	Ruang Lingkup	98
2.	Dasar Desain.....	98
3.	Analisis	99
4.	Persyaratan Sistem	99
5.	Komponen Struktur.....	99
5a.	Persyaratan Dasar.....	99
5b.	Breis Diagonal	99
5c.	Zona Terlindung	99
6.	Sambungan	99
6a.	Las Kritis Perlu	99
6b.	Sambungan Balok ke Kolom.....	100
6c.	Kekuatan Perlu Sambungan Breis.....	100
6d.	Splais Kolom	100
H3.	RANGKA TERBREIS EKSENTRIS KOMPOSIT (RBE-K)	101
1.	Ruang Lingkup	101
2.	Dasar Desain.....	101
3.	Analisis	101
4.	Persyaratan Sistem	101
5.	Komponen Struktur.....	101
6.	Sambungan	101
6a.	Sambungan Balok ke Kolom.....	101
H4.	DINDING GESER BIASA KOMPOSIT (DGB-K)	102
1.	Ruang Lingkup	102
2.	Dasar Desain.....	102
3.	Analisis	102
4.	Persyaratan Sistem	102
5.	Komponen Struktur.....	103
5a.	Komponen Struktur Batas.....	103
5b.	Balok Kopel	103
5c.	Zona Terlindung	104
6.	Sambungan	104
6a.	Las Kritis Perlu	104
H5.	DINDING GESER KHUSUS KOMPOSIT (DGK-K)	105
1.	Ruang Lingkup	105
2.	Dasar Desain.....	105

3.	Analisis	105
4.	Persyaratan Sistem	105
5.	Komponen Struktur.....	106
5a.	Elemen Daktil	106
5b.	Komponen Struktur Batas.....	106
5c.	Balok Kopel Baja	106
5d.	Balok Kopel Komposit.....	108
5e.	Zona Terlindung	108
6.	Sambungan	108
6a.	Las Kritis Perlu	108
6b.	Splais Kolom	109
H6.	DINDING GESER PELAT KOMPOSIT TERBUNGKUS BETON (DGP-K/BB)	109
1.	Ruang Lingkup	109
2.	Dasar Desain.....	109
3.	Analisis	109
3a.	Badan.....	109
3b.	Komponen Struktur dan Sambungan Lainnya	109
4.	Persyaratan Sistem	109
4a.	Tebal Pelat Baja	109
4b.	Kekakuan Elemen Batas Vertikal.....	109
4c.	Rasio Momen Sambungan EBH ke EBV	110
4d.	Pembreisan	110
4e.	Bukaan pada Badan	110
5.	Komponen Struktur.....	110
5a.	Persyaratan Dasar.....	110
5b.	Badan.....	110
5c.	Elemen Pengaku Beton	110
5d.	Komponen Struktur Batas.....	111
5e.	Zona Terlindung	111
6.	Sambungan	111
6a.	Las Kritis Perlu	111
6b.	Sambungan EBH ke EBV	111
6c.	Sambungan Pelat Baja ke Elemen Batas	111
6d.	Sambungan Pelat Baja ke Panel Beton Bertulang	111
6e.	Splais Kolom	112
H7.	DINDING GESER PELAT KOMPOSIT – TERISI BETON (DGP-K/IB)	112
1.	Ruang Lingkup	112
2.	Dasar Desain.....	112
3.	Analisis	113
4.	Persyaratan Sistem	113
4a.	Pelat Badan DGP-K/IB dengan Elemen Batas.....	113
4b.	Pelat Badan DGP-K/IB tanpa Elemen Batas.....	113
4c.	Ujung DGP-K/IB Setengah Lingkaran atau Lingkaran Penuh dengan Elemen Batas	113
4d.	Spasi Batang Pengikat dalam DGP-K/IB dengan atau tanpa Elemen Batas	113
4e.	Diameter Batang Pengikat dalam DGP-K/IB dengan atau tanpa Elemen Batas	113
4f.	Sambungan antara Batang Pengikat dan Pelat Baja	114
4g.	Sambungan antara Komponen-komponen Baja DGP-K/IB.....	114
4h.	Sambungan antara DGP-K/IB dan Fondasi	114
5.	Komponen Struktur.....	114
5a.	Kekuatan Lentur	114
5b.	Kekuatan Geser.....	115

BAB I FABRIKASI DAN EREKSI.....	116
I1. GAMBAR KERJA DAN GAMBAR EREKSI.....	116
1. Gambar Kerja untuk Konstruksi Baja	116
2. Gambar Ereksi untuk Konstruksi Baja	116
3. Gambar Kerja dan Gambar Ereksi untuk Konstruksi Komposit.....	116
I2. FABRIKASI DAN EREKSI	117
1. Zona Terlindung	117
2. Joint Baut	117
3. Joint Las.....	117
4. Pelat Penerus dan Pengaku	118
BAB J PENGENDALIAN KUALITAS DAN PENJAMINAN KUALITAS.....	119
J1. RUANG LINGKUP	119
J2. DOKUMEN FABRIKATOR DAN EREKTOR	119
1. Dokumen yang Harus Disampaikan untuk Konstruksi Baja	119
2. Dokumen yang Harus Disediakan untuk Tinjauan Konstruksi Baja	120
3. Dokumen yang Harus Disampaikan untuk Konstruksi Komposit.....	120
4. Dokumen yang Harus Disediakan untuk Tinjauan Konstruksi Komposit	120
J3. DOKUMEN BADAN PENJAMIN KUALITAS	121
J4. PERSONEL INSPEKSI DAN PENGUJIAN NON-DESTRUKTIF	121
J5. TUGAS PEMERIKSAAN.....	121
1. Observasi (O)	122
2. Kinerja (K)	122
3. Dokumen (D)	122
4. Inspeksi Terkoordinasi.....	122
J6. INSPEKSI PENGELASAN DAN PENGUJIAN NONDESTRUKTIF	122
1. Inspeksi Pengelasan Visual.....	122
2. UND Joint Las	124
2a. UND Las gruv PJK	124
2b. UND Las gruv PJK Splais Kolom dan Kolom ke Pelat Dasar	124
2c. UND Logam Dasar untuk Penyobekan Lamelar dan Laminasi	125
2d. UND Coakan Balok dan Lubang Akses	125
2e. UND Perbaikan Profil Balok Tereduksi	125
2f. Lokasi Penghapusan Tab Las	125
2g. Pengurangan Persentase Pengujian Ultrasonik.....	125
2h. Pengurangan Persentase Pengujian Partikel Magnetik	125
J7. INSPEKSI PEMBAUTAN KEKUATAN TINGGI.....	126
J8. INSPEKSI STRUKTUR BAJA LAINNYA.....	126
J9. PEMERIKSAAN STRUKTUR KOMPOSIT	127
J10. INSPEKSI FONDASI TIANG	128
BAB K KETENTUAN PENGUJIAN PRAKUALIFIKASI DAN KUALIFIKASI SIKLIK	129
K1. PRAKUALIFIKASI SAMBUNGAN BALOK KE KOLOM DAN ELEMEN PERANGKAI KE KOLOM	129
1. Ruang Lingkup	129
2. Persyaratan Umum.....	129
2a. Dasar untuk Prakualifikasi	129
2b. Otoritas untuk Prakualifikasi	129
3. Persyaratan Pengujian	130
4. Variabel Prakualifikasi	130
4a. Parameter Balok dan Kolom untuk RMK dan RMT, Parameter Elemen Perangkai dan Kolom untuk RBE	130
4b. Parameter Balok dan Kolom untuk RMK-K dan RMT-K.....	130
4c. Hubungan Balok ke Kolom atau Elemen Perangkai ke Kolom	131
4d. Pelat Penerus dan Pelat Diafragma.....	131
4e. Las	131
4f. Baut.....	131

4g.	Tulangan dalam RMK-K dan RMT-K	132
4h.	Pengendalian Kualitas dan Penjaminan Kualitas	132
4i.	Detail Sambungan Tambahan	132
5.	Prosedur Desain	132
6.	Catatan Prakuifikasi	132
K2.	PENGUJIAN SIKLIK UNTUK KUALIFIKASI SAMBUNGAN BALOK KE KOLOM DAN ELEMEN PERANGKAI KE KOLOM	133
1.	Ruang Lingkup	133
2.	Persyaratan Subrakitan Uji	133
3.	Variabel Pengujian Penting	133
3a.	Sumber Rotasi Inelastis	133
3b.	Komponen Struktur	134
3c.	Jumlah, ukuran dan detail baja tulangan	135
3d.	Detail Sambungan	135
3e.	Pelat Penerus	135
3f.	Kekuatan Baja untuk Komponen Struktur dan Elemen Sambungan Baja	135
3g.	Kekuatan dan Mutu Baja untuk Baja Tulangan	136
3h.	Kekuatan dan Densitas Beton	136
3i.	Joint Las	136
3j.	Joint Baut	137
4.	Riwayat Pembebanan	138
4a.	Persyaratan Umum	138
4b.	Urutan Pembebanan untuk Sambungan Momen Balok ke Kolom	138
4c.	Urutan Pembebanan untuk Sambungan Elemen Perangkai ke Kolom ..	138
5.	Instrumentasi	139
6.	Persyaratan Pengujian untuk Spesimen Material	139
6a.	Persyaratan Pengujian Tarik untuk Spesimen Material Baja Struktural ..	139
6b.	Persyaratan Pengujian Tarik untuk Spesimen Material Baja Tulangan ..	139
6c.	Metode Pengujian Tarik untuk Spesimen Material Baja Struktural dan Tulangan	140
6d.	Persyaratan Pengujian untuk Beton	140
6e.	Persyaratan Pengujian untuk Spesimen Material Logam Las	140
7.	Persyaratan Pelaporan Uji	140
8.	Kriteria Penerimaan	142
K3.	PENGUJIAN SIKLIK UNTUK KUALIFIKASI BREIS TERKEKANG TEKUK	142
1.	Ruang Lingkup	142
2.	Spesimen Uji Subrakitan	142
3.	Spesimen Uji Breis	143
3a.	Desain Spesimen Uji Breis	143
3b.	Manufaktur Spesimen Uji Breis	143
3c.	Similaritas Spesimen Uji Breis dan Prototipe	143
3d.	Detail Sambungan	144
3e.	Material	144
3f.	Sambungan	144
4.	Riwayat Pembebanan	144
4a.	Persyaratan Umum	144
4b.	Kontrol Pengujian	144
4c.	Urutan Pembebanan	144
5.	Instrumentasi	145
6.	Persyaratan Pengujian Material	145
6a.	Persyaratan Pengujian Tarik	145
6b.	Metode Pengujian Tarik	145
7.	Persyaratan Pelaporan Uji	146
8.	Kriteria Penerimaan	146

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) 7860:2020 dengan judul *Ketentuan seismik untuk bangunan gedung baja struktural* merupakan revisi dari SNI 7860:2015 *Ketentuan Seismik Untuk Struktur Baja Bangunan Gedung* dan merupakan adopsi identik dengan metode terjemahan dari AISC 341-16 *Specification for Structural Steel Buildings* yang digunakan untuk memberikan persyaratan umum, persyaratan desain, analisis, persyaratan desain komponen struktur dan sambungan, sistem rangka momen, sistem rangka terbreis dan dinding-geser, sistem rangka momen komposit, rangka terbreis komposit dan sistem dinding geser, fabrikasi dan ereksi, pengendalian kualitas dan penjaminan kualitas, ketentuan pengujian prakualifikasi dan kualifikasi siklik. Persyaratan tersebut dimaksudkan untuk menjamin agar bangunan gedung baja yang didesain sesuai standar ini tidak akan runtuh akibat gempa kuat.

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 13 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 341-16 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.

Simbol

Simbol yang tertera di bawah ini digunakan sebagai tambahan atau pengganti untuk simbol pada *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jika terjadi duplikasi penggunaan simbol antara Ketentuan Desain Tahan Gempa untuk Struktur Gedung Baja dan *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, simbol yang tertera di tabel ini harus digunakan. Nomor pasal atau nomor tabel pada kolom sebelah kanan mengacu pada tempat di mana simbol pertama digunakan.

Simbol	Definisi	Referensi
A_p	Luas penampang elemen batas horizontal, in. ² (mm ²)	F5.5b
A_c	Luas penampang elemen batas vertikal, in. ² (mm ²)	F5.5b
A_{cw}	Luas beton di antara pelat-pelat badan, in. ² (mm ²)	H7.5b
A_f	Luas bruto sayap, in. ² (mm ²)	E4.4b
A_g	Luas bruto, in. ² (mm ²)	E3.4a
A_{lw}	Luas badan elemen perangkai (tidak termasuk sayap), in. ² (mm ²)	F3.5b
A_s	Luas penampang inti baja struktural, in. ² (mm ²)	D1.4b
A_{sc}	Luas penampang segmen leleh inti baja, in. ² (mm ²)	F4.5b
A_{sh}	Luas minimum tulangan pengikat, in. ² (mm ²)	D1.4b
A_{sp}	Luas horizontal pelat baja yang diperkaku pada dinding geser pelat komposit, in. ² (mm ²)	H6.3b
A_{sr}	Luas tulangan transversal balok kopel, in. ² (mm ²)	H4.5b
A_{sr}	Luas tulangan dinding longitudinal yang disediakan di sepanjang panjang penanaman, L_e , in. ² (mm ²)	H5.5c
A_{st}	Luas penampang horizontal pengaku elemen perangkai, in. ² (mm ²)	F3.5b
A_{sw}	Luas pelat badan baja, in. ² (mm ²)	H7.5b
A_{tb}	Luas tulangan transfer yang diperlukan pada masing-masing dari daerah pertama dan kedua yang diikatkan ke sayap atas dan bawah, in. ² (mm ²)	H5.5c
A_{tw}	Luas badan balok baja, in. ² (mm ²)	H5.5c
A_w	Luas badan balok baja, in. ² (mm ²)	H4.5b
C_a	Rasio dari kekuatan perlu terhadap kekuatan leleh aksial tersedia	Tabel D1.1
C_d	Koefisien sehubungan dengan kekakuan dan kurvatur breis relatif	D1.2a
D	Beban mati akibat berat elemen struktur dan bagian tetap bangunan gedung, kips (N)	D1.4b
D	Diameter luar HSS bundar, in. (mm)	Tabel D1.1
D	Diameter lubang, in. (mm)	F5.7a
E	Efek beban seismik, kips (N)	F1.4a
E	Modulus elastis baja = 29 000 ksi (200 000 MPa)	Tabel D1.1
E_{cl}	Efek beban seismik horizontal terbatas kapasitas	B2
E_{mh}	Efek beban seismik horizontal, termasuk faktor kekuatan lebih, kips (N) atau kip-in. (N-mm)	B2
F_{cr}	Tegangan kritis, ksi (MPa)	F1.6a
F_{cre}	Tegangan kritis yang dihitung dari <i>Spesifikasi</i> Bab E menggunakan tegangan leleh terekspektasi, ksi (MPa)	F1.6a
F_y	Tegangan leleh minimum terspesifikasi, ksi (MPa). Seperti yang digunakan dalam <i>Spesifikasi</i> , "tegangan leleh" menunjuk titik	A3.2

Simbol	Definisi	Referensi
	leleh terspesifikasi minimum (untuk baja yang memiliki titik leleh) atau kekuatan leleh terspesifikasi (untuk baja yang tidak memiliki titik leleh)	
F_{yb}	Tegangan leleh balok minimum terspesifikasi, ksi (MPa)	E3.4a
F_{yc}	Tegangan leleh kolom minimum terspesifikasi, ksi (MPa)	E3.4a
F_{ysc}	Tegangan leleh inti baja minimum terspesifikasi, atau tegangan leleh inti baja aktual yang ditentukan dari uji kupon, ksi (MPa)	F4.5b
F_{ysr}	Tegangan leleh pengikat minimum terspesifikasi, ksi (MPa)	D1.4b
F_{ysr}	Tegangan leleh tulangan transversal minimum terspesifikasi, ksi (MPa)	H4.5b
F_{ysr}	Tegangan leleh tulangan transfer minimum terspesifikasi, ksi (MPa)	H5.5c
F_{yw}	Tegangan leleh pelat selubung badan minimum terspesifikasi, ksi (MPa)	H7.5b
F_u	Kekuatan tarik minimum terspesifikasi, ksi (MPa)	A3.2
H	Tinggi tingkat, in. (mm)	D2.5c
H_c	Tinggi bersih kolom antara sambungan-sambungan balok, termasuk slab struktur, jika ada, in. (mm)	F2.6d
H_c	Tinggi bersih kolom (dan pelat badan) antara sayap-sayap balok, in. (mm)	F5.7a.3
I	Momen inersia, in. ⁴ (mm ⁴)	E4.5c
I_b	Momen inersia elemen batas horizontal diambil tegak lurus terhadap bidang pelat badan, in. ⁴ (mm ⁴)	F5.4a
I_c	Momen inersia elemen batas vertikal diambil tegak lurus terhadap bidang pelat badan, in. ⁴ (mm ⁴)	F5.4a
I_x	Momen inersia terhadap sumbu tegak lurus bidang RBE, in. ⁴ (mm ⁴)	F3.5b.1
I_y	Momen inersia terhadap sumbu dalam bidang EBF, in. ⁴ (mm ⁴)	F3.5b
I_y	Momen inersia pelat terhadap sumbu-y, in. ⁴ (mm ⁴)	F5.7b
K	Faktor panjang efektif	F1.5b
L	Beban hidup akibat hunian dan peralatan yang bisa dipindahkan, kips (kN)	D1.4b
L	Panjang kolom, in. (mm)	E3.4c
L	Panjang bentang rangka batang, in. (mm)	E4.5c
L	Panjang breis, in. (mm)	F1.5b
L	Jarak antara sumbu pusat ke pusat elemen batas vertikal, in. (mm)	F5.4a
L_b	Panjang antara titik-titik yang terbreis terhadap perpindahan lateral sayap tekan atau terbreis terhadap puntir penampang, in. (mm)	D1.2a
L_c	Panjang efektif = KL , in. (mm)	F1.5b
L_{cf}	Panjang bersih balok, in. (mm)	E1.6b
L_{cf}	Jarak bersih antara sayap-sayap kolom, in. (mm)	F5.5b
L_e	Panjang penanaman balok kopel, in. (mm)	H4.5b
L_h	Jarak antara lokasi sendi plastis balok, seperti didefinisikan dalam laporan uji atau ANSI/AISC 358, in. (mm)	E2.6d
L_s	Panjang dari segmen khusus, in. (mm)	E4.5c
M_a	Kekuatan lentur perlu, menggunakan kombinasi beban DKI, kip-in. (N-mm)	D1.2c
M_f	Momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom, kip-in. (N-mm)	E3.6f.1

Simbol	Definisi	Referensi
M_{nc}	Kekuatan lentur nominal komponen struktur kord segmen khusus, kip-in (N-mm)	E4.5b
$M_{n,PR}$	Kekuatan lentur nominal sambungan KB, kip-in (N-mm)	E1.6c
M_p	Kekuatan lentur plastis, kip-in. (N-mm)	E1.6b
M_p	Kekuatan lentur plastis perangkai, kip-in. (N-mm)	F3.4a
M_p	Kekuatan lentur plastis balok baja, terbungkus beton, atau komposit, kip-in. (N-mm)	G2.6b
M_p	Momen yang sesuai distribusi tegangan plastis di seluruh penampang komposit, kip-in. (N-mm)	G4.6c
M_{pc}	Momen lentur plastis kolom, kip-in. (N-mm)	D2.5c
M_{pcc}	Kekuatan lentur plastis kolom komposit, kip-in. (N-mm)	G2.6f
$M_{p,exp}$	Kekuatan lentur terekspektasi, kip-in. (N-mm)	D1.2c
M_{pr}	Momen maksimum yang mungkin terjadi pada lokasi sendi plastis, seperti ditentukan menurut ANSI/AISC 358, atau ditentukan lain dalam sambungan terpraktualifikasi sesuai Pasal K1, atau dalam program pengujian kualifikasi sesuai Pasal K2, kip-in. (N-mm)	E3.4a
M_r	Kekuatan lentur perlu, kip-in. (N-mm)	D1.2a
M_u	Kekuatan lentur perlu, menggunakan kombinasi beban DFBT, kip-in. (N-mm)	D1.2c
M_{uv}	Momen tambahan akibat amplifikasi geser dari lokasi sendi plastis ke sumbu kolom, kip-in. (N-mm)	G3.4a
M_v	Momen akibat amplifikasi geser dari lokasi sendi plastis ke sumbu kolom berdasarkan kombinasi beban DFBT atau DKI, kip-in. (N-mm)	E3.4a
M_y	Momen leleh sesuai pelelehan pelat baja dalam kondisi tarik lentur dan leleh pertama dalam kondisi tekan lentur, kip-in. (N-mm)	H7.5a
M_{pb}^*	Proyeksi kekuatan lentur terekspektasi balok seperti didefinisikan dalam Pasal E3.4a, kip-in. (N-mm)	E3.4a
M_{pc}^*	Proyeksi kekuatan lentur nominal kolom seperti didefinisikan dalam Pasal E3.4a, kip-in. (N-mm)	E3.4a
M_{pcc}^*	Proyeksi kekuatan lentur nominal kolom komposit atau beton bertulang seperti didefinisikan dalam Pasal G3.4a, kip-in. (N-mm)	G3.4a
$M_{p,exp}^*$	Proyeksi kekuatan lentur terekspektasi balok baja atau komposit seperti didefinisikan dalam Pasal G3.4a, kip-in. (N-mm)	G3.4a
N_r	Jumlah baris horizontal perforasi	F5.7a
P_a	Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DKI, kips (N)	Tabel D1.1
P_{ac}	Kekuatan tekan perlu menggunakan kombinasi beban DKI, kips (N)	E3.4a
P_b	Kekuatan desain aksial dinding pada kondisi seimbang, kips (N)	H5.4
P_c	Kekuatan aksial tersedia, kips (N)	E3.4a
P_n	Kekuatan tekan aksial nominal, kips (N)	D1.4b
P_{nc}	Kekuatan tekan aksial nominal komponen struktur kord pada ujung-ujung, kips (N)	E4.4c
P_{nc}	Kekuatan tekan aksial nominal komponen struktur diagonal segmen khusus, kips (N)	E4.5c
P_{nt}	Kekuatan tarik aksial nominal komponen struktur diagonal segmen khusus, kips (N)	E4.5c
P_r	Kekuatan tekan aksial perlu, kips (N)	E3.4a

Simbol	Definisi	Referensi
P_{rc}	Kekuatan aksial perlu, kips (N)	E5.4a
P_u	Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBT, kips (N)	Tabel D1.1
P_{uc}	Kekuatan tekan perlu menggunakan kombinasi beban DFBT, kips (N)	E3.4a
P_y	Kekuatan leleh aksial, kips (N)	Tabel D1.1
$P_{y_{sc}}$	Kekuatan leleh aksial inti baja, kips (N)	F4.2a
$P_{y_{sc-max}}$	Kekuatan leleh aksial terspesifikasi maksimum inti baja, kips (N)	F4.4d
$P_{y_{sc-min}}$	Kekuatan leleh aksial terspesifikasi minimum inti baja, kips (N)	F4.4d
R	Koefisien modifikasi respon seismik	A1
R	Radius pemotongan, in. (mm)	F5.7b
R_c	Faktor untuk memperhitungkan kekuatan beton terekspektasi = 1,5	Tabel H5-5d
R_n	Kekuatan nominal, kips (N)	A3.2
R_t	Rasio kekuatan tarik terekspektasi terhadap kekuatan tarik minimum terspesifikasi, F_u	A3.2
R_y	Rasio kekuatan leleh terekspektasi terhadap kekuatan leleh minimum terspesifikasi, F_y	A3.2
R_{yr}	Rasio kekuatan leleh material tulangan transversal terekspektasi terhadap kekuatan leleh minimum terspesifikasi	H5.5d
S_{diag}	Jarak pusat ke pusat terdekat di antara lubang-lubang, in. (mm)	F5.7a
T_1	Gaya tarik yang dihasilkan dari pelat badan tertekuk lokal yang mengembangkan sendi plastis pada garis leleh horizontal di sepanjang batang-batang pengikat dan pada jarak vertikal tengah di antara batang-batang pengikat	H7.4e
T_2	Gaya tarik yang mengembang untuk mencegah pembelahan elemen beton pada bidang sejajar pelat baja	H7.4e
V_a	Kekuatan geser perlu menggunakan kombinasi beban DKI, kips (N)	E1.6b
V_{comp}	Kekuatan geser terekspektasi yang membatasi pada balok kopel komposit terbungkus beton, kips (N)	H4.5b
V_n	Kekuatan geser nominal elemen perangkai, kips (N)	F3.3
V_n	Kekuatan geser terekspektasi balok kopel baja, kips (N)	H5.5c
$V_{n,comp}$	Kekuatan geser terekspektasi balok kopel komposit terbungkus beton	H4.5b
$V_{n,connection}$	Kekuatan geser nominal sambungan balok kopel komposit terbungkus beton ke pier beton	H4.5b
V_{ne}	Kekuatan geser vertikal terekspektasi segmen khusus, kips (N)	E4.5c
V_p	Kekuatan geser plastis elemen perangkai, kips (N)	F3.4a
V_r	Kekuatan geser perlu menggunakan kombinasi beban DFBT atau DKI, kips (N)	F3.5b
V_u	Kekuatan geser perlu menggunakan beban kombinasi DFBT, kips (N)	E1.6b
V_y	Kekuatan leleh geser nominal, kips (N)	F3.5b
Y_{con}	Jarak sisi atas balok baja ke sisi atas slab atau pembungkus beton, in. (mm)	G3.5a
Y_{PNA}	Jarak serat tekan terluar beton ke sumbu netral plastis, in. (mm)	G3.5a
Z	Modulus penampang plastis terhadap sumbu lentur, in. ³ (mm ³)	D1.2a

Simbol	Definisi	Referensi
Z_c	Modulus penampang plastis kolom terhadap sumbu lentur, in. ³ (mm ³)	E3.4a
Z_x	Modulus penampang plastis terhadap sumbu x, in. ³ (mm ³)	E2.6g
a	Jarak antar konektor, in. (mm)	F2.5b
b	Lebar elemen dalam kondisi tertekan seperti didefinisikan dalam <i>Spesifikasi Pasal B4.1</i> , in. (mm)	Tabel D1.1
b	Lebar bagian dalam penampang kotak, in. (mm)	F3.5b
b_{bf}	Lebar sayap balok, in. (mm)	E3.6f
b_f	Lebar sayap, in. (mm)	D2.5b
b_w	Tebal dinding pier, in. (mm)	H4.5b
b_w	Lebar dinding, in. (mm)	H5.5c
b_{wc}	Lebar pembungkus beton, in. (mm)	H4.5b
d	Tinggi keseluruhan balok, in. (mm)	Tabel D1.1
d	Diameter baut nominal, in. (mm)	D2.2
d	Tinggi elemen perangkai keseluruhan	F3.5b
d_c	Tebal efektif pembungkus beton, in. (mm)	H4.5b
d_z	$d - 2t_f$ balok tertinggi pada sambungan, in. (mm)	E3.6e
d^*	Jarak antar pusat sayap balok atau antara sambungan sayap balok ke muka kolom, in. (mm)	E3.6f
e	Panjang elemen perangkai RBE, didefinisikan sebagai jarak bersih antara ujung-ujung dua breis diagonal atau breis diagonal ke muka kolom, in. (mm)	F3.5b
f'_c	Kekuatan tekan beton terspesifikasi, ksi. (MPa)	D1.4b
g	Bentang bersih balok kopel, in. (mm)	H4.5b
h	Jarak bersih antara sayap-sayap dikurangi radius filet atau sudut profil gilas; dan untuk penampang tersusun, jarak antara alat penyambung yang bersebelahan atau jarak bersih antara sayap-sayap bila las digunakan; untuk profil T, tinggi total profil; dan untuk PSR persegi, jarak bersih antara sayap-sayap dikurangi radius sudut dalam pada masing-masing sisi, in. (mm)	Tabel D1.1
h	Jarak antara sumbu pusat ke pusat elemen batas horizontal, in. (mm)	F5.4a
h	Tinggi keseluruhan komponen struktur batas pada bidang dinding, in. (mm)	H5.5b
h_{cc}	Dimensi penampang melintang daerah inti terkekang pada kolom komposit yang diukur dari pusat ke pusat tulangan pengikat, in. (mm)	D1.4b
h_o	Jarak pusat ke pusat sayap, in. (mm)	D1.2c
r	Radius girasi yang menentukan, in. (mm)	E3.4c
r_i	Radius girasi minimum dari komponen individual, in. (mm)	F2.5b
r_y	Radius girasi terhadap sumbu y, in. (mm)	D1.2a
r_y	Radius girasi komponen individual terhadap sumbu lemah, in. (mm)	E4.5e
s	Spasi tulangan transversal, in. (mm)	D1.4b
t	Tebal elemen, in. (mm)	Tabel D1.1
t	Tebal pelat badan kolom atau pelat pengganda individual, in. (mm)	E3.6e
t	Tebal pelat badan baja, in. (mm)	H7.4a
t	Tebal bagian yang dikenakan regangan dalam arah tebal, in. (mm)	J6.2c
t_{HSS}	Tebal PSR	H7.4c

Simbol	Definisi	Referensi
t_{bf}	Tebal sayap balok, in. (mm)	E3.4c
t_{eff}	Tebal pelat badan efektif, in. (mm)	F5.7a
t_f	Tebal sayap, in. (mm)	D2.5b
t_{lim}	Tebal sayap kolom yang membatasi, in. (mm)	E3.6f
t_p	Tebal pelat <i>gusset</i> , in. (mm)	F2.6C.4
t_s	Tebal badan pelat baja, in. (mm)	H7.4e
t_w	Tebal badan, in. (mm)	F3.5b
t_w	Tebal pelat badan, in. (mm)	F5.7a
t_w	Tebal total dinding, in. (mm)	H7.4e
w_{min}	Minimum dari w_1 dan w_2 , in. (mm)	H7.4e
w_1	Spasi maksimum batang pengikat dalam arah vertikal dan horizontal, in. (mm)	H7.4a
w_1	Spasi maksimum batang pengikat atau stad geser dalam arah vertikal dan horizontal, in. (mm)	H7.4b
w_1, w_2	Spasi batang pengikat dalam arah vertikal dan horizontal, in. (mm)	H7.4e
w_z	Lebar zona panel antara sayap kolom, in. (mm)	E3.6e
Δ	Drift tingkat desain, in. (mm)	F3.4a
Δ_b	Kuantitas deformasi yang digunakan untuk mengontrol pembebanan spesimen uji (rotasi total ujung breis untuk spesimen uji subrakitan; deformasi aksial total breis untuk spesimen uji breis), in. (mm)	K3.4b
Δ_{bm}	Nilai kuantitas deformasi, Δ_b , paling sedikit sama dengan yang berkaitan dengan drift tingkat desain, in. (mm)	K3.4c
Δ_{by}	Nilai kuantitas deformasi, Δ_b , pada pelelehan pertama spesimen uji, in. (mm)	K3.4c
Ω	Faktor keamanan	B3.2
Ω_c	Faktor keamanan untuk tekan	Tabel D1.1
Ω_o	Faktor kekuatan lebih sistem	B2
Ω_v	Faktor keamanan untuk kekuatan geser zona panel sambungan balok ke kolom	E3.6e
α	Sudut antara komponen struktur diagonal terhadap garis horizontal, derajat	E4.5b
α	Sudut pelelehan badan, diukur relatif terhadap garis vertikal, derajat	F5.5b
α	Sudut garis pusat ke pusat terpendek pada deretan bukaan terhadap garis vertikal, derajat	F5.7a
α_s	Faktor penyesuaian tingkat gaya DFBT-DKI = 1,0 untuk DFBT dan 1,5 untuk DKI	D1.2a
β	Faktor penyesuai kekuatan tekan	F4.2a
β_1	Faktor yang menghubungkan tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen terhadap tinggi garis netral, seperti didefinisikan dalam ACI 318	H4.5b
γ_{total}	Sudut rotasi total elemen perangkai, radian	K2.4c
θ	Sudut drift tingkat, radian	K2.4b
$\lambda_{hd}, \lambda_{md}$	Parameter kelangsingan pembatas untuk elemen tekan daktail tinggi dan sedang	D1.1b
ϕ	Faktor ketahanan	B3.2
ϕ_c	Faktor ketahanan untuk tekan	Tabel D1.1
ϕ_v	Faktor ketahanan untuk geser	E3.6e
$\bar{\rho}$	Rasio tulangan yang disesuaikan kekuatan	H7.5b

Simbol	Definisi	Referensi
ω	Faktor penyesuaian pengerasan regangan	F4.2a

Daftar Istilah

Istilah yang tercantum di bawah ini digunakan sebagai tambahan untuk yang ada di dalam *AISC Specification for Structural Steel Buildings / SNI Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Untuk kemudahan, beberapa istilah yang umum dipakai kembali dicantumkan di sini.

Catatan :

- (1) Istilah yang ditandai dengan † adalah istilah-istilah umum AISI-AISC yang telah dikoordinasikan antara kedua lembaga.
- (2) Istilah yang ditandai dengan tanda * biasanya dikualifikasikan dengan tipe efek beban, misalnya, kekuatan tarik nominal, kekuatan tekan tersedia, dan kekuatan lentur desain.

Adjusted brace strength / Kekuatan breis tersesuaikan. Kekuatan suatu breis dalam suatu rangka terbreis terkekang tekuk pada deformasi yang sesuai dengan 2,0 kali drift tingkat desain.

Adjusted link shear strength / Kekuatan geser elemen perangkai tersesuaikan. Kekuatan geser elemen perangkai yang memperhitungkan kekuatan lebih dan pengerasan regangan material.

Allowable strength† / Kekuatan izin*†.* Kekuatan nominal dibagi dengan faktor keamanan, R_n/Ω .

Amplified seismic load / Beban seismik teramplifikasi. Efek beban seismik yang sudah mengandung faktor kekuatan lebih.

Applicable building code† / Peraturan bangunan yang berlaku†. Peraturan bangunan yang digunakan untuk mendesain gedung.

ASD (allowable strength design)† / DKI (desain kekuatan izin)†. Metode yang memproporsikan komponen struktural sedemikian rupa sehingga kekuatan izin sama dengan atau melebihi kekuatan perlu dari komponen akibat aksi kombinasi beban DKI.

ASD load combination† / Kombinasi beban DKI†. Kombinasi beban dalam peraturan bangunan yang berlaku untuk desain kekuatan izin (desain tegangan izin).

Authority having jurisdiction (AHJ) / Pihak yang berwenang (PYB). Organisasi, subdivisi politis, kantor atau individu yang diberi tanggung jawab melaksanakan dan menegakkan ketentuan Standar ini.

Available strength† / Kekuatan tersedia*†.* Kekuatan desain atau kekuatan izin, yang sesuai.

Boundary member / Komponen struktur pembatas. Bagian di sepanjang dinding atau tepi diafragma yang diperkuat dengan profil baja struktur dan/atau tulangan memanjang dan tulangan melintang.

Brace test specimen / Spesimen uji breis. Elemen breis terkekang tekuk tunggal yang digunakan dalam pengujian di laboratorium untuk memodelkan breis dalam prototipe.

Braced frame† / Rangka terbreis†. Sistem rangka batang vertikal yang secara esensial memberikan ketahanan terhadap gaya lateral dan memberikan stabilitas untuk sistem struktur.

SNI 7860:2020

Buckling-restrained brace / Breis terkekang tekuk. Suatu elemen breis, terprafabrikasi, atau termanufaktur, yang terdiri dari inti baja dan sistem pengekang tekuk seperti dijelaskan dalam Pasal F4 dan dinyatakan memenuhi syarat lewat pengujian yang disyaratkan Pasal K3.

Buckling-restrained braced frame (BRBF) / Rangka terbreis terkekang tekuk (RBKT). Suatu rangka terbreis diagonal yang menggunakan breis terkekang tekuk dan memenuhi persyaratan Pasal F4.

Buckling-restraining system / Sistem pengekang tekuk. Sistem pengekang yang membatasi tekuk inti baja pada RBKT. Sistem ini termasuk pembungkus di sekeliling inti baja dan elemen-elemen struktural yang membentuk sambungannya. Sistem pengekang tekuk dimaksudkan untuk memperkenankan ekspansi melintang dan kontraksi memanjang dari inti baja untuk deformasi yang sesuai dengan 2,0 kali *drift antar tingkat desain*.

Casing. Elemen yang menahan gaya-gaya yang tegak lurus sumbu breis diagonal sehingga mengekang tekuk bagian inti. *Casing* memerlukan suatu sarana untuk menyampaikan gaya ini kepada sistem penahan-tekuk lainnya. *Casing* menahan hanya sedikit atau bahkan tidak ada sama sekali gaya di sepanjang sumbu breis diagonal.

Capacity-limited seismic load / Beban seismik yang dibatasi kapasitas. Efek beban seismik horizontal yang dibatasi kapasitas, E_{cl} , yang ditentukan menurut Ketentuan ini, menggantikan E_{mh} , dan diterapkan sebagaimana ditentukan oleh kombinasi beban dalam peraturan bangunan yang berlaku.

Collector / Kolektor. Juga dikenal sebagai *drag strut*; komponen struktur yang bekerja untuk menyalurkan beban antara diafragma lantai dan komponen struktur pada elemen penahan gaya vertikal dalam sistem penahan gaya seismik.

Column base / Dasar kolom. Rakitan profil struktural, pelat, konektor, baut dan batang pada dasar suatu kolom yang digunakan untuk menyalurkan gaya antara struktur atas baja dan fondasi.

Complete loading cycle / Siklus pembebanan komplet. Suatu siklus rotasi mulai dari kondisi gaya sama dengan nol sampai kembali ke gaya sama dengan nol, termasuk satu puncak positif dan satu puncak negatif.

Composite beam / Balok komposit. Balok baja struktur yang bersentuhan langsung dan bekerja secara komposit dengan slab beton bertulang yang didesain untuk bekerja secara komposit untuk gaya-gaya seismik.

Composite brace / Breis komposit. Profil baja struktur (gilas atau tersusun) terbungkus beton, atau profil baja terisi beton yang digunakan sebagai breis diagonal.

Composite column / Kolom komposit. Profil baja struktur (gilas atau tersusun) terbungkus beton, atau profil baja terisi beton digunakan sebagai kolom.

Composite eccentrically braced frame (C-EBF) / Rangka terbreis eksentris komposit (RBE-K). Rangka terbreis komposit yang memenuhi persyaratan Pasal H3.

Composite intermediate moment frame (C-IMF) / Rangka momen menengah komposit (RMT-K). Rangka momen komposit yang memenuhi persyaratan Pasal G2.

Composite ordinary braced frame (C-OBF) / Rangka terbreis biasa komposit (RBB-K). Rangka terbreis komposit yang memenuhi persyaratan Pasal H1.

Composite ordinary moment frame (C-OMF) / Rangka momen biasa komposit (RMB-K). Rangka momen komposit yang memenuhi persyaratan Pasal G1.

Composite ordinary shear wall (C-OSW) / Dinding geser biasa komposit (DGB-K). Dinding geser komposit yang memenuhi persyaratan Pasal H4.

Composite partially restrained moment frame (C-PRMF) / Rangka momen terkekang sebagian komposit (RMKB-K). Rangka momen komposit yang memenuhi persyaratan Pasal G4.

Composite plate shear wall – concrete encased (C-PSW/CE) / Dinding geser pelat komposit – terbungkus beton (DGP-K/BB). Dinding yang terdiri dari pelat baja terbungkus beton bertulang pada salah satu atau kedua sisinya yang memperkaku keluar bidang untuk mencegah tekuk pada pelat baja dan memenuhi persyaratan Pasal H6.

Composite plate shear wall – concrete filled (C-PSW/CF) / Dinding geser pelat komposit – terisi beton (DGP-K/IB). Dinding yang terdiri dari dua pelat badan baja planar dengan pengisi beton di antara pelat-pelat tersebut, dengan atau tanpa elemen batas, dan memenuhi persyaratan Pasal H7.

Composite shear wall / Dinding geser komposit. Panel dinding pelat baja yang komposit dengan panel dinding beton bertulang atau dinding beton bertulang yang memiliki profil baja atau profil baja struktur terbungkus beton sebagai komponen struktur batas.

Composite slab / Slab komposit. Slab beton bertulang yang bertumpu pada dan melekat dengan dek baja lekuk yang bekerja sebagai diafragma untuk menyalurkan beban ke dan antara elemen-elemen sistem penahan gaya seismik.

Composite special concentrically braced frame (C-SCBF) / Rangka terbreis konsentris khusus komposit (RBKK-K). Rangka terbreis komposit yang memenuhi persyaratan Pasal H2.

Composite special moment frame (C-SMF) / Rangka momen khusus komposit (RMK-K). Rangka momen komposit yang memenuhi persyaratan Pasal G3.

Composite special shear wall (C-SSW) / Dinding geser khusus komposit (DGK-K). Dinding geser komposit yang memenuhi persyaratan Pasal H5.

Concrete-encased shapes / Profil terbungkus-beton. Profil-profil baja struktur yang terbungkus dalam beton.

Continuity plates / Pelat penerus. Pengaku kolom pada bagian atas dan bawah zona panel; dikenal juga sebagai pengaku transversal.

Coupling beam / Balok kopel. Baja struktural atau balok komposit yang menghubungkan elemen-elemen dinding beton bertulang yang berdekatan sehingga dapat bekerja sama untuk menahan beban lateral.

Demand critical weld / Las kritis perlu. Las sebagaimana ditunjukkan dalam Ketentuan ini.

Design earthquake ground motion / Pergerakan tanah gempa desain. Pergerakan tanah yang diwakili dengan respons spektra desain seperti disyaratkan dalam peraturan bangunan yang berlaku.

Design story drift / Drift antar tingkat desain. Drift antar tingkat yang dihitung, termasuk efek aksi inelastis terekspektasi, akibat gaya-gaya gempa level desain seperti yang ditentukan dalam peraturan bangunan yang berlaku.

SNI 7860:2020

Design strength^{*†} / *Kekuatan desain*^{*†}. Faktor ketahanan dikalikan dengan kekuatan nominal, ϕR_n .

Diagonal brace / Breis diagonal. Komponen struktur miring yang fungsinya terutama menerima gaya axial pada suatu rangka terbreis.

Ductile limit state / Kondisi batas daktail. Kondisi batas daktail termasuk pelelehan komponen struktur dan sambungan, deformasi tumpu pada lubang baut, dan juga tekuk komponen struktur yang memenuhi batasan kekompakan seismik pada Tabel D1.1. Ruptur komponen struktur dan sambungan, atau tekuk elemen sambungan, tidak termasuk kondisi batas daktail.

Eccentrically braced frame (EBF) / Rangka terbreis eksentris (RBE). Rangka terbreis diagonal yang memenuhi persyaratan Pasal F3 yang memiliki paling tidak salah satu ujung dari breis diagonal tersambung pada sebuah balok dengan suatu eksentrisitas terdefinisi dari sambungan balok ke breis atau sambungan balok ke kolom yang lain.

Encased composite beam / Balok komposit terbungkus. Balok komposit yang seluruhnya tertutup oleh beton bertulang.

Encased composite column / Kolom komposit terbungkus. Kolom baja struktur yang seluruhnya tertutup oleh beton bertulang.

Engineer of record / penanggungjawab perancangan (EOR). Profesional berlisensi yang bertanggung jawab untuk mengesahkan dokumen kontrak.

Exempted column / Kolom yang dikecualikan. Kolom yang tidak memenuhi persyaratan Persamaan E3-1 untuk RMK.

Expected tensile strength^{*} / *Kekuatan tarik terekspektasi*^{*}. Kekuatan tarik komponen struktur, yang sama dengan kekuatan tarik minimum terspesifikasi, F_u , dikalikan dengan R_t .

Expected yield strength^{*} / *Kekuatan leleh terekspektasi*^{*}. Kekuatan leleh dalam kondisi tarik dari suatu komponen struktur, sama dengan tegangan leleh terekspektasi dikalikan dengan A_g .

Expected yield stress / Tegangan leleh terekspektasi. Tegangan leleh material, sama dengan tegangan leleh terspesifikasi, F_y , dikalikan dengan R_y .

Face bearing plates / Pelat penahan muka. Pengaku yang menempel pada balok baja struktur yang tertanam dalam dinding atau kolom beton bertulang. Pelat tersebut ditempatkan pada muka beton bertulang untuk menyediakan kekangan dan untuk menyalurkan beban ke beton melalui tumpuan langsung.

Filled composite column / Kolom komposit terisi. PSR terisi dengan beton struktur.

Fully composite beam / Balok komposit penuh. Balok komposit yang memiliki jumlah angkur berkepala baja yang cukup untuk mengembangkan kekuatan lentur plastis nominal dari penampang komposit.

Highly ductile member / Komponen struktur daktail tinggi. Komponen struktur yang memenuhi persyaratan untuk komponen struktur daktail tinggi dalam Pasal D1.

Horizontal boundary element (HBE) / Elemen pembatas horizontal (EBH). Balok dengan sambungan ke satu atau lebih pelat badan dalam suatu DGPK.

Intermediate boundary element (IBE) / Elemen pembatas menengah (EBT). Komponen struktur, selain balok atau kolom, yang menyediakan tahanan terhadap tarik pelat badan di dekat suatu bukaan dalam suatu DGPK.

Intermediate moment frame (IMF) / Rangka momen menengah (RMT). Sistem rangka momen yang memenuhi persyaratan Pasal E2.

Inverted-V-braced frame / Rangka terbreis V terbalik. Lihat rangka terbreis V.

k-area / Daerah-k. Daerah dari badan yang membentang dari titik singgung badan dan filet antara sayap dan badan (dimensi k AISC) sebesar $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm) ke dalam badan di luar dimensi k .

K-braced frame / Rangka terbreis K. Suatu konfigurasi rangka terbreis dengan breis tersambung ke kolom pada suatu titik selain sambungan balok ke kolom atau strat ke kolom.

Link / Elemen perangkai. Pada RBE, segmen balok yang berada di antara ujung-ujung sambungan dari dua breis diagonal atau di antara ujung breis diagonal dengan kolom. Panjang elemen perangkai didefinisikan sebagai jarak bersih di antara ujung-ujung dua breis diagonal atau di antara breis diagonal dengan muka kolom.

Link intermediate web stiffeners / Pengaku badan tengah elemen perangkai. Pengaku badan vertikal yang ditempatkan di dalam elemen perangkai dalam RBE.

Link rotation angle / Sudut rotasi elemen perangkai. Sudut inelastis di antara elemen perangkai dengan balok di luar elemen perangkai pada saat drift antar tingkat total sama dengan drift antar tingkat desain.

Link rotation angle, total / Sudut rotasi elemen perangkai, total. Perpindahan relatif dari salah satu ujung elemen perangkai terhadap ujung lainnya (diukur tegak lurus terhadap sumbu longitudinal elemen perangkai yang tidak berdeformasi), dibagi dengan panjang elemen perangkai. Sudut rotasi elemen perangkai total termasuk baik komponen elastis maupun inelastis deformasi elemen perangkai dan komponen struktur yang menempel pada ujung-ujung elemen perangkai.

Link design shear strength / Kekuatan geser desain elemen perangkai. Yang terkecil dari kekuatan geser elemen perangkai yang tersedia berdasarkan kekuatan lentur atau geser dari komponen elemen perangkai.

Load-carrying reinforcement / Tulangan penerima beban. Tulangan pada komponen struktur komposit yang didesain dan didetail untuk menahan beban yang disyaratkan.

Lowest anticipated service temperature (LAST) / Temperatur layan terantisipasi terendah (TLAR). Temperatur minimum harian terendah, atau temperatur lainnya yang sesuai, seperti yang ditetapkan oleh penanggungjawab perancangan.

LRFD (load and resistance factor design)[†] / DFBT (Desain Faktor Beban dan Ketahanan)[†]. Metode yang memproporsikan komponen struktural sedemikian sehingga kekuatan desain sama atau melebihi kekuatan perlu komponen akibat aksi kombinasi beban DFBT.

LRFD load combination[†] / Kombinasi beban DFBT[†]. Kombinasi beban pada peraturan bangunan gedung yang berlaku yang dimaksudkan untuk desain kekuatan (desain faktor beban dan ketahanan).

SNI 7860:2020

Material test plate / Pelat uji material. Suatu spesimen uji dari mana sampel baja atau sampel logam las diambil dengan mesin untuk pengujian lanjutan untuk menentukan properti mekanis.

Member brace / Breis komponen struktur. Komponen struktur yang menyediakan kekakuan dan kekuatan untuk mengendalikan gerakan komponen struktur lain keluar bidang rangka pada titik-titik terbreis.

Moderately ductile member / Komponen struktur daktail sedang. Komponen struktur yang memenuhi persyaratan untuk komponen struktur daktail sedang pada Pasal D1.

Multi-tiered braced frame (MTBF) / Rangka terbreis bertingkat banyak (RBTB). Konfigurasi rangka terbreis dengan dua atau lebih level pembreisan di antara level-level diafragma atau lokasi pembreisan keluar bidang.

Nominal strength[†] / Kekuatan nominal*[†].* Kekuatan struktur atau komponen (tanpa penerapan faktor ketahanan atau faktor keamanan) untuk menahan efek beban, seperti ditentukan menurut *Spesifikasi*.

Ordinary cantilever column system (OCCS) / Sistem kolom kantilever biasa (SKKB). Sistem penahan gaya seismik di mana gaya-gaya seismik ditahan oleh satu atau lebih kolom yang mengkantilever dari fondasi atau dari level diafragma di bawahnya dan memenuhi persyaratan Pasal E5.

Ordinary concentrically braced frame (OCBF) / Rangka terbreis konsentris biasa (RBKB). Rangka dengan breis diagonal yang memenuhi persyaratan Pasal F1 di mana seluruh komponen struktur dari sistem rangka terbreis didesain terutama menahan gaya-gaya aksial.

Ordinary moment frame (OMF) / Rangka momen biasa (RMB). Sistem rangka momen yang memenuhi persyaratan Pasal E1.

Overstrength factor / Faktor kekuatan lebih, Ω_o . Faktor yang dispesifikasikan oleh peraturan bangunan yang berlaku untuk menentukan beban seismik kekuatan lebih, jika disyaratkan oleh Ketentuan ini.

Overstrength seismic load / Beban seismik kekuatan lebih. Efek beban seismik horizontal yang memperhitungkan kekuatan lebih yang ditentukan dengan faktor kekuatan lebih, Ω_o , dan diterapkan sebagaimana ditentukan oleh kombinasi beban dalam peraturan bangunan yang berlaku.

Partially composite beam / Balok komposit sebagian. Balok baja dengan slab komposit dengan kekuatan nominal lentur dikendalikan oleh kekuatan angkur stad berkepala baja.

Partially restrained composite connection / Sambungan komposit terkekang parsial. Sambungan terkekang parsial (KP) sebagaimana didefinisikan dalam *Spesifikasi* yang menyambungkan balok komposit parsial atau balok komposit penuh ke kolom baja dengan ketahanan lentur disediakan oleh suatu gaya kopel yang didapat dengan tulangan baja dalam slab dan siku dudukan baja atau sambungan sejenis pada sayap bawah.

Plastic hinge / Sendi plastis. Zona pelelehan yang terbentuk dalam komponen struktur pada saat momen plastis tercapai. Komponen struktur tersebut diasumsikan berotasi lebih lanjut hingga menyerupai sendi, kecuali rotasi tersebut tertahan oleh momen plastis.

Power-actuated fastener / Alat pengencang yang digerakkan daya. Alat pengencang seperti paku yang dipasang dengan serbuk eksplosif, pembakaran gas, atau udara atau gas lain yang bertekanan untuk menanam alat pengencang tersebut ke dalam baja struktur.

Prequalified connection / Sambungan terprakualifikasi. Sambungan yang memenuhi persyaratan Pasal K1 atau ANSI/AISC 358.

Protected zone / Zona terlindung. Daerah komponen struktur atau sambungan komponen struktur di mana batasan-batasan diberlakukan untuk fabrikasi dan tempelan.

Prototype / Prototipe. Sambungan atau breis diagonal yang digunakan pada bangunan (RMK, RMT, RBE, RBKT, RMT-K, RMK-K dan RMKB-K).

Provisions / Ketentuan. Mengacu pada dokumen ini, AISC *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings* (ANSI/AISC 341) / *Ketentuan Seismik untuk Struktur Baja Bangunan Gedung* (SNI 7860).

Quality assurance plan / Rencana penjaminan kualitas (RJK). Deskripsi tertulis atas kualifikasi, prosedur, inspeksi kualitas, sumber daya, dan catatan yang digunakan untuk menyediakan penjaminan bahwa struktur memenuhi persyaratan kualitas, spesifikasi dan dokumen kontrak engineer.

Reduced beam section / Profil balok tereduksi. Pengurangan pada penampang melintang dalam suatu panjang tertentu yang mengembangkan zona inelastisitas pada komponen struktur.

Required strength / Kekuatan perlu*.* Gaya, tegangan dan deformasi yang bekerja pada komponen struktur, ditentukan baik oleh analisis struktur, untuk kombinasi beban DFBT atau DKI, yang sesuai, ataupun disyaratkan oleh *Spesifikasi* dan *Ketentuan* ini.

Resistance factor, ϕ^ / Faktor ketahanan, ϕ^* .* Faktor yang memperhitungkan deviasi kekuatan nominal yang tidak dapat dihindari pada kekuatan aktual dan demi cara serta konsekuensi kegagalan.

Risk category / Kategori risiko. Klasifikasi yang diberikan pada struktur berdasarkan kegunaannya seperti yang disyaratkan oleh peraturan bangunan yang berlaku.

Safety factor, Ω^{\dagger} / Faktor keamanan Ω^{\dagger} . Faktor yang memperhitungkan deviasi kekuatan aktual terhadap kekuatan nominal, deviasi beban aktual terhadap beban nominal, ketidakpastian dalam analisis yang mengubah beban menjadi efek beban, dan demi cara dan konsekuensi kegagalan.

Seismic design category / Kategori desain seismik. Klasifikasi yang diberikan pada struktur berdasarkan kategori risikonya dan keparahan pergerakan tanah gempa desain pada lokasinya.

Seismic force-resisting system (SFRS) / Sistem penahan gaya seismik (STGS). Bagian dari sistem struktur yang dipertimbangkan dalam desain untuk menyediakan ketahanan terhadap gaya seismik seperti yang disyaratkan dalam peraturan bangunan yang berlaku.

Seismic response modification coefficient, R / Koefisien modifikasi respons seismik, R . Faktor yang mereduksi efek beban seismik terhadap level kekuatan seperti disyaratkan oleh peraturan bangunan yang berlaku.

Special cantilever column system (SCCS) / Sistem kolom kantilever khusus (SKKK). Sistem penahan gaya seismik di mana gaya seismik ditahan oleh satu atau lebih kolom yang mengkantilever dari fondasi atau dari level diafragma di bawahnya dan memenuhi persyaratan Pasal E6.

SNI 7860:2020

Special concentrically braced frame (SCBF) / Rangka terbreis konsentris khusus (RBKK). Rangka terbreis diagonal yang memenuhi persyaratan Pasal F2 di mana seluruh komponen struktur dari sistem rangka terbreis dikenakan terutama gaya aksial.

Special moment frame (SMF) / Rangka momen khusus (RMK). Sistem rangka momen yang memenuhi persyaratan Pasal E3.

Special plate shear wall (SPSW) / Dinding geser pelat khusus (DGPK). Sistem dinding geser pelat yang memenuhi persyaratan Pasal F5.

Special truss moment frame (STMF) / Rangka momen rangka batang khusus (RMRBK). Sistem rangka momen rangka batang yang memenuhi persyaratan Pasal E4.

Specification / Spesifikasi. Mengacu pada AISC *Specification for Structural Steel Building* (ANSI/AISC 360) / *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* (SNI 1729)

Steel core / Inti baja. Elemen penahan gaya aksial dari suatu breis terkekang tekuk. Inti baja mengandung segmen leleh dan sambungan untuk menyalurkan gaya aksialnya ke elemen-elemen yang berdekatan; diizinkan juga mengandung proyeksi di luar casing dan segmen transisi di antara proyeksi dan segmen leleh.

Story drift angle / Sudut drift antar tingkat. Perpindahan antar tingkat dibagi tinggi tingkat.

Strut / Strat. Komponen struktur horizontal dalam rangka terbreis bertingkat banyak yang saling menghubungkan titik-titik sambungan breis pada kolom.

Subassembly test specimen / Spesimen uji rakitan. Kombinasi dari komponen struktur, sambungan, dan peralatan uji yang mereplikasi sedekat mungkin secara praktis kondisi pembatas, pembebanan dan deformasi dalam prototipe.

Test setup / Setup uji. Perlengkapan-perengkapan tumpuan, peralatan pembebanan dan pembebanan lateral yang digunakan untuk menopang dan membebani spesimen uji.

Test specimen / Spesimen uji. Suatu komponen struktur, sambungan atau rakitan spesimen uji.

Test subassembly / Rakitan uji. Kombinasi dari spesimen uji dan bagian-bagian yang berhubungan dengan setup uji.

V-braced frame / Rangka terbreis V. Rangka terbreis konsentris (RBKK, RBKB, RBKT, RBB-K atau RBKK-K) di mana sepasang breis diagonal yang terletak di atas atau di bawah balok disambung ke satu titik tunggal dalam bentang bersih balok. Bila breis diagonal berada di bawah balok, sistem tersebut dikenal juga sebagai rangka terbreis V terbalik.

Vertical boundary element (VBE) / Elemen pembatas vertikal (EBV). Suatu kolom dengan sambungan ke satu atau lebih pelat badan pada suatu DGPK

X-braced frame / Rangka terbreis X. Rangka terbreis konsentris (RBKB, RBKK, RBB-K atau RBKK-K) di mana sepasang breis diagonal bersilangan di dekat pertengahan bentang breis diagonal.

Yield length ratio / Rasio panjang pelelehan. Dalam breis terkekang tekuk, rasio panjang di mana luas inti sebesar A_{sc} , terhadap panjang dari titik perpotongan garis pusat breis dan garis pusat balok atau kolom di setiap ujung.

Singkatan

Singkatan yang berikut terdapat pada AISC *Seismic Provision for Structural Steel Buildings*. Singkatan tersebut ditulis di mana mereka pertama kali muncul dalam suatu pasal.

ACI (American Concrete Institute)
AISC (American Institute of Steel Construction)
ANSI (American National Standard Institute)
ASCE (American Society of Civil Engineers)
ASD (allowable strength design) / DKI (Desain Kekuatan Izin)
AWS (American Welding Society)
BRBF (buckling-restrained braced frame) / RBKT (rangka terbreis terkekang tekuk)
C-EBF (composite eccentrically braced frame) / RBE-K (rangka terbreis eksentris komposit)
C-IMF (composite intermediate moment frame) / RMT-K (rangka momen menengah komposit)
CJP (complete joint penetration) / PJK (Penetrasi joint komplet)
C-OBF (composite ordinary braced frame) / RBB-K (rangka terbreis biasa komposit)
C-OMF (composite ordinary moment frame) / RMB-K (rangka momen biasa komposit)
C-OSW (composite ordinary shear wall) / DGB-K (dinding geser biasa komposit)
C-PRMF (composite partially restrained moment frame) / RMKB-K (Rangka Momen Terkekang Sebagian Komposit)
CPRP (connection prequalification review panel) / PBPS (panel pembahas prakualifikasi sambungan)
C-PSW (composite plate shear walls) / DGP-K (dinding geser pelat komposit)
C-SCBF (composite special concentrically braced frame) / RBKK-K (rangka terbreis konsentris khusus komposit)
C-SMF (composite special moment frame) / RMK-K (rangka momen khusus komposit)
C-SSW (composite special shear walls) / DGK-K (dinding geser khusus komposit)
CVN (Charpy V-notch) / TCV (takik Charpy V)
EBF (eccentrically braced frame) / RBE (rangka terbreis eksentris)
FCAW (flux cored arc welding) / LBIF (pengelasan busur berintikan fluks)
FEMA (Federal Emergency Management Agency)
FR (fully restrained) / KP (terkekang penuh)
GMAW (gas metal arc welding) / LBMG (pengelasan busur metal gas)
HBE (horizontal boundary element) / EBH (elemen batas horizontal)
HSS (hollow structural section) / PSR (profil struktur berongga)
IBE (intermediate boundary element) / EBT (elemen batas menengah)
IMF (intermediate moment frame) / RMT (rangka momen menengah)
LAST (lowest anticipated service temperature) / TLAR (temperatur layan terantisipasi terendah)
LRFD (load and resistance factor design) / DFBT (desain faktor beban dan ketahanan)
MT (magnetic particle testing) / UPM (pengujian partikel magnetik)
MT-OCBF (multi-tiered ordinary concentrically braced frame) / RBKB-TB (rangka terbreis konsentris biasa bertingkat banyak)
MT-SCBF (multi-tiered special concentrically braced frame) / RBKK-TB (rangka terbreis konsentris khusus bertingkat banyak)
MT-BRBF (multi-tiered buckling-restrained braced frame) / RBKT-TB (rangka terbreis terkekang tekuk bertingkat banyak)
NDT (nondestructive testing) / UND (pengujian non destruktif)
OCBF (ordinary concentrically braced frame) / RBKB (rangka terbreis konsentris biasa)
OCCS (ordinary cantilever column system) / SKKB (sistem kolom kantilever biasa)
OMF (ordinary moment frame) / RMB (rangka momen biasa)
OVS (oversized) / UL (ukuran berlebih)
PJP (partial joint penetration) / PJP (penetrasi joint parsial)

SNI 7860:2020

PR (partially restrained) / KB (terkekang sebagian)
QA (quality assurance) / JK (penjaminan kualitas)
QC (quality control) / KK (pengendalian kualitas)
RBS (reduced beam section) / PBR (profil balok tereduksi)
RCSC (Research Council on Structural Connections)
SCBF (special concentrically braced frame) / RBKK (rangka terbreis konsentris khusus)
SCCS (special cantilever column system) / SKKK (sistem kolom kantilever khusus)
SDC (seismic design category) / KDS (kategori desain seismik)
SEI (Structural Engineering Institute)
SFRS (seismic force resisting system) / STGS (sistem penahan gaya seismik)
SMAW (shielded metal arc welding) / LBML (pengelasan busur metal terlindung)
SMF (special moment frame) / RMK (rangka momen khusus)
SPSPW (special perforated steel plate wall) / DPBPK (dinding pelat baja berperforasi khusus)
SPSW (special plate shear wall) / DGPK (dinding geser pelat khusus)
SRC (steel-reinforced concrete) / BTB (beton bertulang baja)
STMF (special truss moment frame) / RMRBK (rangka momen rangka batang khusus)
UT (ultrasonic testing) / UU (pengujian ultrasonik)
VBE (vertical boundary element) / EBV (elemen batas vertikal)
WPQR (welder performance qualification records) / CKKTL (catatan kualifikasi kinerja tukang las)
WPS (welding procedure specification) / SPL (spesifikasi prosedur pengelasan)

Ketentuan seismik untuk bangunan gedung baja struktural

BAB A PERSYARATAN UMUM

Bab ini menyatakan ruang lingkup Ketentuan ini, meringkas spesifikasi yang diacu, peraturan dan dokumen standar, dan memberi persyaratan untuk material dan dokumen kontrak.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- A1. Ruang Lingkup
- A2. Spesifikasi, Peraturan dan Standar yang diacu
- A3. Material
- A4. Gambar Desain Struktural dan Spesifikasi

A1. RUANG LINGKUP

Ketentuan seismik untuk struktur bangunan gedung baja, selanjutnya disebut sebagai Ketentuan ini, harus digunakan untuk mendesain, memfabrikasi, dan mengereksi komponen struktur dan sambungan baja struktural dalam *Sistem Penahan Gaya Seismik (STGS)*, splais dan dasar dari kolom pada sistem rangka gravitasi bangunan gedung dan struktur lainnya dengan rangka momen, *rangka terbreis* dan *dinding geser*. Struktur-struktur lainnya yang didefinisikan sebagai struktur ini dirancang, difabrikasi dan direksi dalam suatu cara yang serupa dengan bangunan gedung, dengan elemen-elemen bangunan yang menahan gaya vertikal dan lateral. Ketentuan ini harus berlaku untuk desain sistem penahan gaya seismik baja struktural atau baja struktural yang bekerja komposit dengan beton bertulang, kecuali secara khusus dikecualikan oleh *standar bangunan gedung yang berlaku*.

Ketentuan ini harus mengacu pada peraturan bangunan gedung yang berlaku dan dalam hal tidak ada, beban, *kombinasi beban*, pembatasan sistem, dan persyaratan desain umum, maka beban harus diambil sesuai ASCE/SEI 7 .

Catatan Pengguna: ASCE/SEI 7 (Tabel 12.2-1, Butir H) secara khusus mengecualikan sistem baja struktural, dari Standar ini dalam *kategori desain seismik (KDS)* B dan C jika mereka didesain menurut *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* dan beban seismik yang dihitung dengan menggunakan sebuah koefisien modifikasi respon, R , sebesar 3; sistem komposit tidak diatur dalam pengecualian ini. Ketentuan ini tidak berlaku dalam kategori desain seismik A.

Catatan Pengguna: ASCE/SEI 7 (Tabel 15.4-1) mengizinkan struktur nonbangunan tertentu didesain menurut *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* sebagai pengganti dari Standar ini dengan faktor R tereduksi yang sesuai.

Catatan Pengguna: Sistem penahan gaya seismik komposit mencakup sistem dengan komponen struktur dari baja struktural yang bekerja sebagai komposit dengan beton bertulang, serta sistem di mana komponen struktur baja struktural dan komponen struktur beton bertulang bekerja bersama-sama membentuk sistem penahan gaya seismik.

Ketentuan ini harus diterapkan dalam hubungannya dengan *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, selanjutnya disebut sebagai *Spesifikasi*. Semua persyaratan dari *Spesifikasi* harus diterapkan kecuali dinyatakan lain dalam Ketentuan ini. Komponen struktur dan sambungan-sambungan dari STGS harus memenuhi persyaratan peraturan

SNI 7860:2020

bangunan gedung yang berlaku, *Spesifikasi*, dan Ketentuan ini. Frasa-frasa "diizinkan" dalam Ketentuan ini mengidentifikasi ketentuan yang sesuai dengan *Spesifikasi*, tetapi tidak wajib diikuti.

Dalam Ketentuan ini, *Building Code Requirements for Structural Concrete* (ACI 318) dan *Metric Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary* (ACI 318M), dirujuk sebagai ACI 318. ACI 318, seperti dimodifikasi dalam Ketentuan ini, harus digunakan untuk desain dan konstruksi dari komponen beton bertulang pada konstruksi komposit. Untuk STGS pada konstruksi komposit yang digabungkan komponen beton bertulang harus didesain menurut ACI 318, persyaratan *Spesifikasi* Pasal B3.1, Desain untuk Kekuatan Menggunakan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBT).

A2. SPESIFIKASI, PERATURAN DAN STANDAR YANG DIACU

Dokumen yang diacu dalam Standar ini harus mencakup yang dijelaskan dalam *Spesifikasi* Pasal A2 dengan tambahan sebagai berikut:

American Institute of Steel Construction (AISC)
 ANSI/AISC 360-10 *Specification for Structural Steel Buildings*
 ANSI/AISC 358-10 *Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications*

American Welding Society (AWS)
 AWS D1.8/D1.8M:2009 *Structural Welding Code-Seismic Supplement*
 AWS B4.0:2007 *Standard Methods for Mechanical Testing of Welds* (U.S. Customary Units)
 AWS B4.0M:2000 *Standard methods for mechanical testing of welds* (Metric Customary Units)
 AWS D1.4/D1.4M:2005 *Structural Welding Code-Reinforcing Steel*

A3. MATERIAL

1. Spesifikasi Material

Baja struktural yang digunakan dalam sistem penahan gaya seismik (STGS) harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Pasal A3.1, kecuali dimodifikasi dalam Ketentuan ini. Tegangan leleh baja minimum terspesifikasi yang digunakan untuk komponen struktur yang berperilaku inelastis tidak boleh melampaui 50 ksi (345 MPa) untuk sistem yang ditentukan dalam Bab E, F, G dan H kecuali untuk sistem yang ditentukan dalam Pasal E1, F1, G1, H1 dan H4, batas ini tidak boleh melampaui 55 ksi (380 MPa). Salah satu dari batas tegangan leleh minimum terspesifikasi, diizinkan dilampaui apabila material yang sesuai ditentukan oleh pengujian atau kriteria rasional lainnya.

Pengecualian: Tegangan leleh minimum terspesifikasi dari baja struktural tidak boleh melampaui 70 ksi (485 MPa) untuk kolom dalam sistem yang dijelaskan pada Pasal E3, E4, G3, H1, H2 dan H3, dan untuk kolom-kolom dalam semua sistem pada Bab F.

Baja struktural yang digunakan dalam STGS dijelaskan pada Bab E, F, G dan H harus memenuhi satu dari Spesifikasi ASTM berikut:

- (a) Profil gilas panas
 ASTM A36/A36M
 ASTM A529/A529M

ASTM A572/A572M [Grade 42 (290), 50 (345) or 55 (380)]
 ASTM A588/A588M
 ASTM A913/A913M [Grade 50 (345), 60 (415), 65 (450) or 70 (485)]
 ASTM A992/A992M

- (b) Penampang struktur berongga (PSR)
 ASTM A500/A500M (Grade B or C)
 ASTM A501/A501M
 ASTM A1085/A1085M
 ASTM A53/A53M
- (c) Pelat
 ASTM A36/A36M
 ASTM A529/A529M
 ASTM A572/A572M [Grade 42 (290), 50 (345) or 55 (380)]
 ASTM A588/A588M
 ASTM A1011/A1011M HSLAS Grade 55 (380)
 ASTM A1043/A1043M
- (d) Batangan
 ASTM A36/A36M
 ASTM A529/A529M
 ASTM A572/A572M [Grade 42 (290), 50 (345) or 55 (380)]
 ASTM A588/A588M
- (e) Lembaran
 ASTM A1011/A1011M HSLAS Gr. 55 (380)

Baja struktural yang digunakan untuk pelat dasar kolom harus memenuhi satu dari spesifikasi ASTM sebelumnya atau Mutu D ASTM A283/A283M. Baja-baja lainnya dan material nonbaja pada rangka terbreis tahan tekuk, boleh digunakan sesuai persyaratan Pasal F4 dan K3.

Catatan Pengguna: Pasal ini hanya mencakup properti material untuk baja struktural yang digunakan dalam STGS dan termasuk dalam definisi baja struktural yang dijelaskan dalam Pasal 2.1 dari AISC *Code of Standard Practice*. Baja lainnya, seperti kabel untuk pembreisan permanen, tidak dicakup. Tulangan baja yang digunakan pada komponen komposit dalam STGS komposit tercakup dalam Pasal A3.5.

2. Kekuatan Material Terekspektasi

Apabila disyaratkan dalam Ketentuan ini, kekuatan perlu suatu elemen (suatu komponen struktur atau sambungan dari komponen struktur) harus ditentukan dari tegangan leleh terekspektasi, $R_y F_y$, dari komponen struktur atau komponen struktur yang berdekatan, sesuai yang berlaku, dengan F_y adalah tegangan leleh baja minimum terspesifikasi yang digunakan pada komponen struktur dan R_y adalah rasio tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum terspesifikasi, F_y , dari material tersebut.

Apabila disyaratkan untuk menentukan kekuatan nominal, R_n , untuk keadaan batas di komponen struktur yang sama dari kekuatan perlu yang ditentukan, tegangan leleh terekspektasi, $R_y F_y$, dan kekuatan tarik terekspektasi, $R_t F_u$, boleh digunakan sebagai pengganti F_y dan F_u , dengan F_u adalah kekuatan tarik minimum terspesifikasi dan R_t adalah rasio kekuatan tarik terekspektasi terhadap kekuatan tarik minimum terspesifikasi, F_u dari material tersebut.

Catatan Pengguna: Dalam beberapa kasus, keadaan batas komponen struktur atau sambungan pada komponen struktur tersebut, perlu didesain terhadap gaya-gaya yang sesuai dengan kekuatan terekspektasi dari komponen struktur itu sendiri. Kasus-kasus demikian mencakup penentuan kekuatan nominal, R_n , dari balok di luar elemen perangkai dalam Rangka Terbreis Eksentris (RBE), keadaan batas runtuh breis diagonal (keruntuhan blok geser dan keruntuhan penampang bersih pada breis diagonal dalam Rangka Terbreis Konsentris Khusus (RBKK), dan sebagainya. Dalam kasus seperti itu, diperkenankan untuk menggunakan kekuatan material yang ideal (yang diharapkan) dalam menentukan kekuatan komponen struktur yang tersedia. Untuk menghubungkan elemen dan untuk komponen struktur lainnya, kekuatan material terspesifikasi harus digunakan.

Nilai R_y dan R_t untuk berbagai macam material baja dan material tulangan baja, dicantumkan dalam Tabel A3.1. Nilai-nilai R_y dan R_t lainnya diizinkan jika nilai-nilai tersebut ditentukan dengan melakukan uji spesimen, dengan ukuran dan sumber material serupa dengan yang digunakan, serta dilakukan menurut persyaratan uji berdasarkan spesifikasi ASTM untuk mutu baja terspesifikasi.

Catatan Pengguna: Kekuatan tekan beton terekspektasi boleh diperkirakan menggunakan nilai-nilai dari *Seismic Rehabilitation of Existing Building*, ASCE/SEI 41-13.

Tabel A3.1 - Nilai R_y dan R_t untuk Material Baja dan Material Tulangan Baja

Aplikasi	R_y	R_t
Profil baja gilas panas dan batangan: <ul style="list-style-type: none"> • ASTM A36/A36M • ASTM A1043/A1043M Gr. 36 (250) • ASTM A992/A992M • ASTM A572/A572M Gr. 50 (345) or 55 (380) • ASTM A913/A913M Gr. 50 (345), 60 (415), 65 (450), atau 70 (485) • ASTM A588/A588M • ASTM A1043/A1043M Gr. 50 (345) • ASTM A529 Gr. 50 (345) • ASTM A529 Gr. 55 (380) 	1,5 1,3 1,1 1,1 1,1 1,1 1,2 1,2 1,1	1,2 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,2 1,2
Penampang Struktur Berongga (PSR): <ul style="list-style-type: none"> • ASTM A500/A500M Gr. B • ASTM A500/A500M Gr. C • ASTM A501/A501M • ASTM A53/A53M • ASTM A1085/A1085M 	1,4 1,3 1,4 1,6 1,25	1,3 1,2 1,3 1,2 1,15
Pelat, Pelat strip dan Lembaran baja: <ul style="list-style-type: none"> • ASTM A36/A36M • ASTM A1043/A1043M Gr. 36 (250) • ASTM A1011/A1011M HSLAS Gr. 55 (380) • ASTM A572/A572M Gr. 42 (290) • ASTM A572/A572M Gr. 50 (345), Gr. 55 (380) • ASTM A588/A588M • ASTM A1043/A1043M Gr. 50 (345) 	1,3 1,3 1,1 1,3 1,1 1,1 1,2	1,2 1,1 1,1 1,0 1,2 1,2 1,1
Tulangan Baja: <ul style="list-style-type: none"> • ASTM A615/A615M Gr. 60 (420) • ASTM A615/A615M Gr. 75 (520) and Gr. 80 (550) • ASTM A706/A706M Gr. 60 (420) and Gr. 80 (550) 	1,2 1,1 1,2	1,2 1,2 1,2

3. Profil Berat

Untuk baja struktural dalam STGS, selain persyaratan dalam *Spesifikasi Pasal A3.1c*, profil gilas panas dengan tebal sayap 1½ in. (38 mm) atau lebih harus memiliki keteguhan *Charpy V-notch* minimum dari 20 ft-lbs (27 J) pada 70 °F (21 °C), diuji pada pengganti lokasi inti seperti yang dijelaskan dalam *ASTM A6 Supplementary Requirement S30*. Tebal pelat 2 in. (50 mm) atau lebih tebal harus memiliki keteguhan *Charpy V-notch* minimum dari 20 ft-lbs (27 J) pada 70 °F (21 °C), diukur pada setiap lokasi yang diperkenankan oleh *ASTM A673*, Frekuensi P, di mana pelat tersebut digunakan untuk:

- (a) Komponen struktur yang tersusun dari pelat
- (b) Pelat penyambung di mana regangan inelastis diharapkan terjadi akibat beban gempa
- (c) Inti baja breis terkekang tekuk

4. Bahan Habis Pakai untuk Pengelasan

4a. Las Sistem Penahan Gaya Seismik

Semua las yang digunakan pada komponen struktur dan sambungan pada STGS harus dibuat dengan logam pengisi yang memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam *Pasal 6.1, 6.2 dan 6.3 Structural Welding Code-Seismic Supplement (AWS D1.8/D1.8M)*, selanjutnya dirujuk sebagai *AWS D1.8/D1.8M*.

Catatan Pengguna: *AWS D1.8/D1.8M* ayat 6.2.1, 6.2.2, 6.2.3 dan 6.3.1 hanya berlaku pada las kritis perlu.

4b. Las Kritis Perlu

Las-las yang ditentukan sebagai las kritis perlu harus dibuat dengan logam pengisi memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam *AWS D1.8/D1.8M Pasal 6.1, 6.2 dan 6.3*.

Catatan Pengguna: *AWS D1.8/D1.8M* mensyaratkan bahwa semua las sistem penahan gaya seismik harus dibuat dengan logam pengisi yang diklasifikasikan berdasarkan *AWS A5* yang memenuhi properti mekanis yang berikut:

Properti Klasifikasi Logam Pengisi untuk Las Sistem Penahan Gaya Seismik			
Properti	Klasifikasi		
	70 ksi (480 MPa)	80 ksi (550 MPa)	90 ksi (620 MPa)
Kekuatan leleh, ksi (MPa)	Minimum 58 (400)	Minimum 68 (470)	Minimum 78 (540)
Kekuatan tarik, ksi (MPa)	Minimum 70 (480)	Minimum 80 (550)	Minimum 90 (620)
Elongasi, (%)	Minimum 22	Minimum 19	Minimum 17
Keteguhan takik <i>charpy V</i> , ft-lbf (J)	Minimum 20 (27) @ 0°F (-18°C) ^a		Minimum 25 (34) @ -20°F (-30°C)
^a Logam pengisi yang diklasifikasikan memenuhi minimum 20 ft-lbf (27 J) pada suatu temperatur lebih rendah dari 0 °F (-18 °C) juga memenuhi persyaratan ini			

Sebagai tambahan persyaratan di atas, *AWS D1.8/D1.8M* mensyaratkan, kecuali bilamana dibebaskan dari pengujian, semua las kritis perlu harus dibuat dari logam pengisi yang diuji *Heat Input Envelope Testing* yang memenuhi properti mekanis logam las sebagai berikut:

SNI 7860:2020

Properti mekanis untuk las kritis perlu			
Properti	Klasifikasi		
	70 ksi (480 MPa)	80 ksi (550 MPa)	90 ksi (620 MPa)
Kekuatan leleh, ksi (MPa)	Minimum 58 (400)	Minimum 68 (470)	Minimum 78 (540)
Kekuatan tarik, ksi (MPa)	Minimum 70 (480)	Minimum 80 (550)	Minimum 90 (620)
Elongasi, (%)	Minimum 22	Minimum 19	Minimum 17
Keteguhan takik <i>charpy V</i> , ft-lbf (J)	Minimum 40 (54) @ 70°F (20°C) ^{b, c}		Minimum 40 (54) @ 50°F (10°C) ^{b, c}
^b Untuk TLRA pada +50°F (+10°C). Untuk TLRA kurang dari +50°F (+0°C), lihat AWS D1.8/D1.8M Clause 6.2.2 ^c Pengujian dilakukan menurut AWS D1.8/D1.8M Annex A dan memenuhi minimum 40 ft-lbf (54 J) pada temperatur lebih rendah dari +70°F (20°C) juga memenuhi persyaratan ini.			

5. Beton dan Tulangan Baja

Beton dan tulangan baja yang digunakan pada komponen komposit dalam STGS komposit menengah atau khusus dari Pasal G2, G3, G4, H2, H3, H5, H6, dan H7 harus memenuhi persyaratan ACI 318 Bab 18. Beton dan tulangan baja yang digunakan pada komponen komposit dalam STGS komposit biasa dari Pasal G1, H1, dan H4 harus memenuhi persyaratan ACI 318 Pasal 18.2.1.4.

A4. GAMBAR DESAIN DAN SPESIFIKASI STRUKTUR

1. Umum

Gambar desain dan spesifikasi struktur harus menunjukkan pekerjaan yang dilakukan, dan mencakup bagian-bagian yang disyaratkan oleh *Spesifikasi, AISC Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges*, peraturan bangunan gedung yang berlaku, dan yang berikut, yang sesuai:

- (a) Penentuan STGS.
- (b) Identifikasi komponen struktur dan sambungan yang merupakan bagian STGS.
- (c) Lokasi dan dimensi zona terlindung.
- (d) Detail sambungan antara diafragma lantai beton dan elemen baja struktural STGS.
- (e) Persyaratan gambar kerja dan gambar ereksi yang tidak dibahas dalam Pasal I1.

Catatan Pengguna: *Code of Standard Practice* menggunakan istilah “dokumen desain” sebagai pengganti “gambar desain” untuk menggeneralisasikan istilah tersebut dan untuk mencakup baik gambar-gambar cetak dan model elektronik. Demikian pula, istilah “dokumen fabrikasi” digunakan sebagai pengganti “gambar kerja” dan “dokumen ereksi” digunakan sebagai pengganti “gambar ereksi”. Penggunaan istilah “gambar” dalam standar ini tidak bermaksud mengakibatkan konflik.

2. Konstruksi Baja

Sebagai tambahan persyaratan Pasal A4.1, gambar desain dan spesifikasi struktur untuk konstruksi baja harus menunjukkan butir-butir berikut, yang sesuai:

- (a) Konfigurasi sambungan
- (b) Spesifikasi dan ukuran material sambungan
- (c) Lokasi las kritis perlu

- (d) Lokasi di mana pelat buhul didetail untuk mengakomodasi rotasi inelastis
- (e) Lokasi pelat penyambung yang mensyaratkan keteguhan Charpy V-notch (CVN) menurut Pasal A3.3(b)
- (f) Temperatur layan terendah terantisipasi, jika struktur baja tidak tertutup dan dijaga pada temperatur 50 °F (10 °C) atau lebih tinggi
- (g) Lokasi di mana penyangga las harus dihilangkan
- (h) Lokasi di mana las filet diperlukan ketika penyangga las boleh dipertahankan
- (i) Lokasi di mana las filet diperlukan untuk memperkuat las gruv atau untuk memperbaiki geometri sambungan
- (j) Lokasi di mana tab las perlu dihilangkan
- (k) Lokasi splais di mana transisi dimensi penampang diperlukan
- (l) Bentuk lubang akses las, jika disyaratkan bentuk selain dari yang diberikan *Spesifikasi*
- (m) Joint atau kelompok joint di mana urutan perakitan, urutan pengelasan, teknik pengelasan atau tindakan khusus lainnya yang spesifik diperlukan, yang harus disampaikan kepada *penanggungjawab perancangan (TR)*.

3. Konstruksi Komposit

Sebagai tambahan persyaratan Pasal A4.1 dan persyaratan Pasal A4.2, yang sesuai, untuk komponen baja dari beton bertulang atau elemen komposit, gambar desain dan spesifikasi struktur untuk konstruksi komposit harus menunjukkan butir-butir berikut:

- (a) Penempatan baja tulangan, batas potong, sambungan lewatan dan sambungan mekanis, kait dan angkur mekanis, penempatan sengkang dan tulangan transversal lainnya
- (b) Persyaratan untuk perubahan dimensi akibat dari perubahan temperatur, rangkai dan susut
- (c) Lokasi, besaran dan urutan pemberian gaya prategang atau pascatarik
- (d) Lokasi angkur stad baja berkepala dan angkur baja tulangan yang dilas

BAB B PERSYARATAN DESAIN UMUM

Bab ini membahas persyaratan umum untuk desain seismik struktur baja yang berlaku pada semua bab dari Ketentuan ini.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- B1. Persyaratan Umum Desain Seismik
- B2. Beban dan Kombinasi Beban
- B3. Dasar Desain
- B4. Tipe Sistem
- B5. Diafragma, Kord dan Kolektor

B1. PERSYARATAN UMUM DESAIN SEISMIK

Kekuatan perlu dan persyaratan desain seismik lainnya untuk kategori desain seismik (KDS), kategori risiko, dan batasan terhadap tinggi dan ketidakteraturan harus seperti disyaratkan dalam peraturan bangunan gedung yang berlaku.

Drift tingkat desain dan batasan-batasan drift tingkat harus ditentukan seperti disyaratkan dalam peraturan bangunan gedung yang berlaku.

B2. BEBAN DAN KOMBINASI BEBAN

Jika kekuatan perlu yang didefinisikan dalam Ketentuan ini mengacu pada beban seismik yang dibatasi kapasitas, efek beban seismik horizontal yang dibatasi kapasitas, E_{cl} , harus ditentukan sesuai Ketentuan ini, menggantikan E_{mh} , dan diterapkan sebagaimana ditentukan oleh kombinasi beban berdasarkan peraturan bangunan gedung yang berlaku.

Jika kekuatan perlu yang didefinisikan dalam Ketentuan ini mengacu pada beban seismik dengan kekuatan lebih, efek beban seismik horizontal yang memperhitungkan kekuatan lebih, E_{mh} , harus ditentukan menggunakan faktor kekuatan lebih, Ω_o , dan diterapkan sebagaimana ditentukan oleh kombinasi beban berdasarkan peraturan bangunan gedung yang berlaku. Jika kekuatan perlu mengacu pada beban seismik dengan kekuatan lebih, beban seismik yang dibatasi kapasitas boleh digunakan.

Catatan Pengguna: Efek beban seismik termasuk kekuatan lebih ditentukan dalam ASCE/SEI 7 Pasal 12.4.3. Dalam ASCE/SEI 7 Pasal 12.4.3.1, efek beban seismik horizontal, E_{mh} , ditentukan menggunakan Persamaan 12.4-7: $E_{mh} = \Omega_o Q_E$. Ada batas atas nilai E_{mh} : tidak perlu diambil lebih besar dari E_{cl} . Jadi, sebagai akibatnya, jika Ketentuan ini mengacu pada beban seismik kekuatan lebih, E_{mh} diizinkan berdasarkan pada faktor kekuatan lebih, Ω_o , atau E_{cl} . Akan tetapi, jika beban seismik yang dibatasi kapasitas disyaratkan, E_{cl} dimaksudkan untuk menggantikan E_{mh} sebagaimana disyaratkan dalam ASCE/SEI 7 Pasal 12.4.3.2 dan penggunaan Persamaan 12.4-7 ASCE/SEI 7 tidak diizinkan.

Pada konstruksi komposit, penggabungan komponen beton bertulang yang didesain menurut persyaratan ACI 318, persyaratan dari *Spesifikasi* Pasal B3.1, Desain Kekuatan menggunakan Desain Faktor Beban dan Ketahanan, harus digunakan untuk sistem penahan gaya seismik (STGS).

B3. DASAR DESAIN

1. Kekuatan Perlu

Kekuatan perlu komponen struktur dan sambungan harus yang lebih besar antara:

- (a) Kekuatan perlu seperti ditentukan oleh analisis struktur untuk kombinasi beban yang berlaku, seperti ditetapkan dalam peraturan bangunan gedung yang berlaku, dan dalam Bab C.
- (b) Kekuatan perlu yang ditetapkan dalam Bab D, E, F, G dan H.

2. Kekuatan Tersedia

Kekuatan tersedia ditetapkan sebagai kekuatan desain, ϕR_n , untuk desain menurut ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (DFBT) dan kekuatan izin, R_n/Ω , untuk desain menurut ketentuan untuk desain kekuatan izin (DKI). Kekuatan tersedia dari sistem, komponen struktur, dan sambungan harus ditentukan menurut *Spesifikasi*, kecuali sebagaimana dimodifikasi dalam Ketentuan ini.

B4. TIPE SISTEM

Sistem penahan gaya seismik (STGS) harus terdiri dari satu atau lebih rangka momen, rangka terbreis atau sistem dinding geser sesuai dengan persyaratan dari salah satu sistem seismik yang ditetapkan dalam Bab E, F, G dan H.

B5. DIAFRAGMA, KORD DAN KOLEKTOR

1. Umum

Diafragma dan kord harus didesain terhadap beban-beban dan kombinasi beban berdasarkan peraturan bangunan gedung yang digunakan. Kolektor harus didesain terhadap kombinasi beban berdasarkan peraturan bangunan gedung yang berlaku, termasuk faktor kekuatan lebih.

2. Diafragma Rangka Batang

Jika rangka batang digunakan sebagai diafragma, semua komponen rangka batang dan sambungan-sambungannya harus didesain terhadap gaya-gaya yang dihitung menggunakan kombinasi beban berdasarkan peraturan bangunan gedung yang berlaku, termasuk faktor kekuatan lebih.

Pengecualian:

- (a) Gaya-gaya terspesifikasi dalam pasal ini tidak perlu diterapkan pada komponen struktur diagonal diafragma rangka batang, jika komponen-komponen struktur tersebut memenuhi persyaratan dalam Pasal F2.4a, F2.5a, F2.5b dan F2.6c. Breis dengan konfigurasi K atau V dan breis yang menyokong beban-beban gravitasi selain berat sendiri tidak termasuk dalam pengecualian ini.

Catatan Pengguna: Fungsi kord pada diafragma rangka batang analog dengan kolom pada rangka terbreis konsentris khusus vertikal, dan harus memenuhi persyaratan komponen struktur daktail tinggi sebagaimana disyaratkan untuk kolom-kolom dalam Pasal F2.5a.

SNI 7860:2020

- (b) Gaya-gaya terspesifikasi dalam pasal ini tidak perlu diterapkan pada diafragma rangka batang yang didesain sebagai bagian dari sistem struktur tiga dimensi yang sistem penahan gaya seismiknya terdiri dari rangka momen biasa, rangka terbreis konsentris biasa, atau kombinasi keduanya, dan komponen struktur diagonal rangka batang mengacu pada Pasal F1.4b dan F1.5 dan sambungan-sambungan yang mengacu pada Pasal F1.6.

BAB C ANALISIS

Bab ini membahas persyaratan analisis sehubungan dengan perancangan. Bab ini disusun sebagai berikut:

- C1. Persyaratan Umum
- C2. Persyaratan Tambahan
- C3. Analisis Nonlinier

C1. PERSYARATAN UMUM

Analisis yang sesuai dengan persyaratan peraturan bangunan gedung yang berlaku dan *Spesifikasi* harus dilakukan untuk desain sistem.

Apabila desain didasarkan pada analisis elastis, properti kekakuan komponen struktur sistem baja harus berdasarkan pada penampang elastis dan untuk sistem komposit harus mencakup efek penampang retak.

C2. PERSYARATAN TAMBAHAN

Analisis tambahan harus dilakukan seperti yang disyaratkan dalam Bab E, F, G, dan H dari Ketentuan ini.

C3. ANALISIS NONLINIER

Apabila analisis nonlinier digunakan untuk memenuhi persyaratan Ketentuan ini, maka harus dilakukan menurut peraturan bangunan yang berlaku.

Catatan Pengguna: ASCE/SEI 7 mengizinkan analisis nonlinier dengan prosedur riwayat respons. Nonlinearitas material dan geometri harus diperhitungkan dalam model analisis. Tujuannya adalah untuk menentukan deformasi inelastis komponen dan drift tingkat terekspektasi akibat gerakan tanah yang sesuai. Hasil analisis juga menghasilkan nilai maksimum gaya-gaya dalam terekspektasi di lokasi-lokasi seperti splais kolom, yang dapat digunakan sebagai batas atas kekuatan perlu untuk desain.

BAB D PERSYARATAN UMUM PERANCANGAN KOMPONEN STRUKTUR DAN SAMBUNGAN

Bab ini membahas persyaratan umum untuk perancangan komponen struktur dan sambungan.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- D1. Persyaratan Komponen Struktur
- D2. Sambungan
- D3. Kompatibilitas Deformasi dari Komponen Struktur dan Sambungan Non-STGS
- D4. Fondasi Tiang H

D1. PERSYARATAN KOMPONEN STRUKTUR

Komponen struktur rangka momen, rangka terbreis dan dinding geser pada sistem penahan gaya seismik (STGS) harus memenuhi *Spesifikasi* dan Pasal ini.

1. Klasifikasi Profil untuk Daktilitas

Apabila disyaratkan untuk sistem yang dijelaskan dalam Bab E, F, G, H dan Pasal D4, komponen-komponen struktur yang ditunjuk sebagai komponen struktur daktail sedang atau komponen struktur daktail tinggi harus memenuhi ketentuan pasal ini.

1a. Persyaratan Profil untuk Komponen Struktur Daktail

Profil baja struktural untuk komponen struktur daktail sedang dan komponen struktur daktail tinggi harus memiliki sayap tersambung secara menerus ke badan atau badan-badan.

Kolom komposit terbungkus beton harus memenuhi persyaratan Pasal D1.4b.1 untuk komponen struktur daktail sedang dan Pasal D1.4b.2 untuk komponen struktur daktail tinggi.

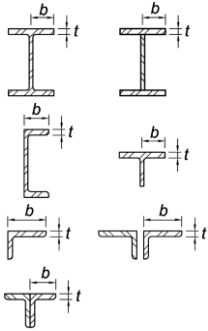
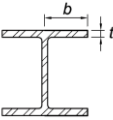
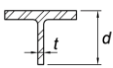
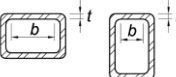


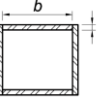
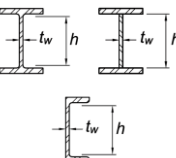
Kolom komposit terisi beton harus memenuhi persyaratan Pasal D1.4c untuk komponen struktur daktail sedang dan tinggi.

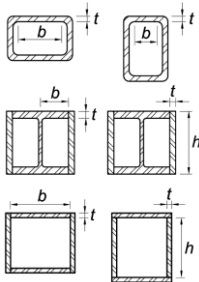
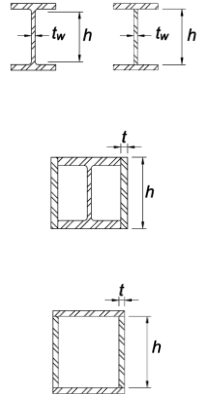
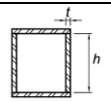
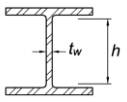
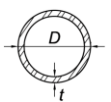
Penampang beton harus memenuhi persyaratan ACI 318 Pasal 18.4 untuk komponen struktur daktail sedang dan ACI 318 Pasal 18.6 dan 18.7 untuk komponen struktur daktail tinggi.

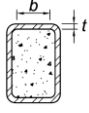
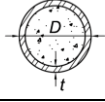
1b. Pembatasan Lebar terhadap Tebal Profil Baja dan Penampang Komposit

Untuk komponen struktur yang didesain sebagai komponen struktur daktail sedang, rasio lebar terhadap tebal elemen tekan tidak boleh melampaui batasan rasio lebar terhadap tebal, λ_{md} , dari Tabel D1.1.

Untuk komponen struktur yang ditunjuk sebagai komponen struktur daktail tinggi, rasio lebar terhadap tebal elemen tekan tidak boleh melampaui batasan rasio lebar terhadap tebal, λ_{nd} , dari Tabel D1.1.

TABEL D1.1 Batasan Rasio Lebar terhadap Tebal untuk Elemen Tekan Untuk Komponen Struktur Daktil Sedang dan Daktil Tinggi					
	Deskripsi dari Elemen	Rasio Lebar terhadap Tebal	Batasan Rasio Lebar terhadap Tebal		Contoh
			λ_{hd} Komponen Struktur Daktil Tinggi	λ_{md} Komponen Struktur Daktil Sedang	
Elemen tak diperkaku	Sayap profil I, Kanal, dan T gilas atau tersusun; kaki profil siku tunggal atau ganda dengan pemisah; kaki bebas sepasang profil siku terhubung menerus	b/t	$0,32 \sqrt{E/F_y}$	$0,40 \sqrt{E/F_y}$	
	Sayap profil fondasi tiang H menurut Pasal D4	b/t	tidak berlaku	$0,48 \sqrt{E/F_y}$	
	Badan profil T	d/t	$0,32 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ [a]	$0,40 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$	
Elemen diperkaku	Dinding PSR persegi	b/t	$0,65 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ [a]	$0,76 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$	
	Sayap dari profil I kotak tersusun	b/t			
	Pelat samping profil I kotak tersusun dan dinding profil kotak tersusun yang digunakan sebagai breis diagonal	h/t			
	Sayap profil kotak tersusun yang digunakan sebagai balok perangkai	b/t			
	Badan profil I gilas atau tersusun dan kanal yang digunakan sebagai breis diagonal	h/t_w	$1,57 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$	$1,57 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$	

TABEL D1.1 (LANJUTAN)					
Batasan Rasio Lebar terhadap Tebal untuk Elemen Tekan					
Untuk Komponen Struktur Daktilil Sedang dan Daktilil Tinggi					
	Deskripsi dari Elemen	Rasio Lebar terhadap Tebal	Batasan Rasio Lebar terhadap Tebal		Contoh
			λ_{hd} Komponen Struktur Daktilil Tinggi	λ_{md} Komponen Struktur Daktilil Sedang	
Elemen diperkaku	Jika digunakan pada balok atau kolom dan mengalami tegangan tekan seragam akibat aksial, lentur dan kombinasi aksial-lentur:				
	1) Dinding PSR persegi	b/t	$0,65 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$	$1,18 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$	
	2) Sayap dan pelat samping profil I kotak, badan dan sayap profil kotak tersusun	h/t			
Elemen diperkaku	Jika digunakan pada balok, kolom atau perangkai, sebagai pelat badan yang mengalami lentur atau kombinasi aksial-lentur:		Untuk $C_a \leq 0,114$ $2,57 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}} (1 - 1,04 C_a)$	Untuk $C_a \leq 0,114$ $3,96 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}} (1 - 3,04 C_a)$	
	1) Badan profil I gelas atau tersusun	h/t_w	Untuk $C_a > 0,114$ $0,88 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}} (2,68 - C_a)$ $\geq 1,57 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$	Untuk $C_a > 0,114$ $1,29 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}} (2,12 - C_a)$ $\geq 1,57 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$	
	2) Pelat samping profil I kotak	h/t	dengan $C_a = \frac{P_u}{\phi_c P_y}$ (DFBT) $C_a = \frac{\Omega_c P_a}{P_y}$ (DKI) $P_y = R_y F_y A_g$	dengan $C_a = \frac{P_u}{\phi_c P_y}$ (DFBT) $C_a = \frac{\Omega_c P_a}{P_y}$ (DKI) $P_y = R_y F_y A_g$	
	3) Badan profil kotak	h/t			
Elemen diperkaku	Badan profil kotak tersusun	h/t	$0,67 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$	$1,75 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$	
	Badan profil fondasi tiang H	h/t_w	tidak berlaku	$1,57 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$	
	Dinding PSR bulat	D/t	$0,053 \frac{E}{R_y F_y}$	$0,062 \frac{E}{R_y F_y}$	

TABEL D1.1 (LANJUTAN)					
Batasan Rasio Lebar terhadap Tebal untuk Elemen Tekan					
Untuk Komponen Struktur Daktil Sedang dan Daktil Tinggi					
Komposit	Dinding komponen struktur komposit terisi beton persegi	b/t	$1,48 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$	$2,37 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$	
	Dinding komponen struktur komposit terisi beton bundar	d/t	$0,085 \frac{E}{R_y F_y}$	$0,17 \frac{E}{R_y F_y}$	
<p>^[a] Untuk komponen struktur tekan profil T, pembatasan rasio lebar terhadap tebal untuk komponen struktur daktil tinggi untuk badan profil T sebesar $0,40 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ jika salah satu dari kondisi berikut dipenuhi:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Pada komponen struktur tekan terjadi tekuk disekitar bidang bagian badan. (2) Beban tekan aksial yang disalurkan pada ujung sambungan ke hanya muka terluar dari sayap profil T yang menghasilkan sebuah sambungan eksentris yang memperkecil tegangan tekan pada ujung dari bagian badan. <p>^[b] Untuk balok profil I dalam sistem RMK, dengan C_a kurang dari atau sama dengan 0,114, pembatasan rasio h/t_w tidak boleh melampaui $2,57 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$. Untuk balok profil I dalam sistem Rangka Momen Menengah (RMT), dengan C_a kurang dari atau sama dengan 0,114, pembatasan rasio lebar terhadap tebal tidak boleh melampaui $3,96 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$.</p> <p>^[c] Pembatasan rasio diameter terhadap ketebalan pada komponen struktur Profil Struktur Berongga (PSR) bundar digunakan sebagai balok atau kolom tidak boleh melampaui $0,077 \frac{E}{R_y F_y}$.</p> <p>Dimana: E = Modulus elastis baja = 29 000 ksi (200 000 MPa) F_y = Tegangan leleh minimum terspesifikasi, ksi (MPa) P_a = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DKI, kips (N) P_u = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBT, kips (N) R_y = Rasio kekuatan leleh terekspektasi terhadap kekuatan leleh minimum terspesifikasi, F_y ϕ_c = Faktor ketahanan untuk tekan Ω_c = Faktor keamanan untuk tekan</p>					

2. Pembreisan Stabilitas Balok

Apabila disyaratkan dalam Bab E, F, G, dan H, pembreisan stabilitas harus disediakan seperti disyaratkan dalam pasal ini untuk menahan tekuk torsi lateral baja struktural atau balok terbungkus beton yang memikul lentur dan ditunjuk sebagai komponen struktur daktil sedang atau komponen struktur daktil tinggi.

Catatan Pengguna: Selain persyaratan dalam Bab E, F, G, dan H yang memberikan pembreisan stabilitas untuk berbagai komponen struktur balok seperti balok rangka momen menengah dan balok rangka momen khusus, pembreisan stabilitas juga disyaratkan untuk kolom dalam sistem kolom kantilever khusus (SKKK) dalam Pasal E6.

2a. Komponen Struktur Daktil Sedang

1. Balok baja

Pembreisan balok baja daktil sedang harus memenuhi persyaratan berikut:

- (a) Kedua sayap balok harus terbreis lateral atau penampang melintang harus terbreis dengan pembreisan torsional titik.
- (b) Pembreisan balok harus memenuhi persyaratan Lampiran 6 *Spesifikasi* untuk pembreisan lateral atau pembreisan torsional dari balok, dengan

dengan C_d sama dengan 1,0 dan kekuatan lentur perlu komponen struktur harus:

$$M_r = R_y F_y Z / \alpha_s \quad (D1-1)$$

dengan

R_y = rasio dari tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum terspesifikasi
 Z = modulus penampang plastis, in.³ (mm³)
 α_s = faktor penyesuaian tingkat beban DFBT-DKI
 = 1,0 untuk DFBT dan 1,5 untuk DKI

- (c) Pembreisan balok harus memiliki jarak maksimum

$$L_b = 0,19 r_y E / (R_y F_y) \quad (D1-2)$$

dengan

r_y = jari-jari girasi terhadap sumbu-y, in. (mm)

2. Balok komposit terbungkus beton

Pembreisan dari balok komposit terbungkus beton daktail sedang harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (a) Kedua sayap dari komponen struktur harus terbreis lateral atau profil melintang balok harus terbreis dengan pembreisan torsional titik .
- (b) Pembreisan lateral harus memenuhi persyaratan Lampiran 6 *Spesifikasi* untuk pembreisan lateral atau pembreisan torsional dari balok, dengan $M_r = M_{p,exp}$ balok seperti disyaratkan dalam Pasal G2.6d, dan $C_d = 1,0$.
- (c) Pembreisan komponen struktur harus memiliki jarak maksimum

$$L_b = 0,19 r_y E / (R_y F_y) \quad (D1-3)$$

dengan menggunakan properti material profil baja dan r_y dalam bidang tekuk yang dihitung berdasarkan penampang tertransformasi elastis.

2b. Komponen Struktur Daktail Tinggi

Selain persyaratan Pasal D1.2a.1(a) dan (b), dan D1.2a.2(a) dan (b), pembreisan komponen struktur balok daktail tinggi harus memiliki spasi maksimum $L_b = 0,095 r_y E / (R_y F_y)$. Untuk balok komposit terbungkus beton, properti material penampang baja harus digunakan dan perhitungan r_y dalam bidang tekuk harus berdasarkan profil tertransformasi elastis.

2c. Pembreisan Khusus pada Lokasi Sendi Plastis

Pembreisan khusus harus ditempatkan berdekatan dengan lokasi sendi plastis terekspektasi seperti disyaratkan oleh Bab E, F, G atau H.

1. Balok baja

Untuk balok baja struktural, pembreisan tersebut harus memenuhi persyaratan berikut:

- (a) Kedua sayap balok harus terbreis lateral atau penampang melintang komponen struktur harus terbreis dengan pembreisan torsional titik.
- (b) Kekuatan perlu pembreisan lateral dari masing-masing sayap yang disediakan berdekatan dengan sendi plastis harus:

$$P_r = 0,06R_yF_yZ/(\alpha_s h_o) \quad (D1-4)$$

dengan

$$h_o = \text{jarak antara titik berat sayap, in. (mm)}$$

Kekuatan perlu pembreisan torsional yang tersedia berdekatan dengan sendi plastis harus:

$$M_r = 0,06R_yF_yZ/\alpha_s \quad (D1-5)$$

- (c) Kekakuan pembreisan yang diperlukan harus memenuhi persyaratan Lampiran 6 *Spesifikasi* untuk pembreisan lateral atau pembreisan torsional balok dengan $C_d = 1,0$ dan dengan kekuatan lentur balok yang diperlukan harus:

$$M_r = R_yF_yZ/\alpha_s \quad (D1-6)$$

2. Balok komposit terbungkus beton

Untuk balok komposit terbungkus beton, pembreisan tersebut harus memenuhi persyaratan berikut:

- (a) Kedua sayap balok harus terbreis lateral atau penampang melintang balok harus terbreis dengan pembreisan torsional titik.
- (b) Kekuatan perlu pembreisan lateral yang disediakan berdekatan dengan sendi plastis harus

$$P_u = 0,06M_{p,exp}/h_o \quad (D1-7)$$

dari balok tersebut, dengan

$$M_{p,exp} = \text{kekakuan lentur terekspektasi balok baja, terbungkus beton, atau komposit, kip-in (N-mm), ditentukan menurut Pasal G2.6d.}$$

Kekuatan perlu untuk pembreisan torsional yang tersedia berdekatan dengan sendi plastis harus sebesar $M_u = 0,06M_{p,exp}$ dari balok tersebut.

- (c) Kekakuan pembreisan yang diperlukan harus memenuhi persyaratan Lampiran 6 *Spesifikasi* untuk pembreisan lateral atau pembreisan torsional balok dengan $M_r = M_u = M_{p,exp}$ dari balok ditentukan menurut Pasal G2.6d, dan $C_d = 1,0$.

3. Zona Terlindung

Diskontinuitas seperti diatur Pasal I2.1, sebagai hasil prosedur fabrikasi dan ereksi dan dari pengikatan lainnya dilarang berada dalam daerah komponen struktur atau elemen sambungan yang ditunjuk sebagai zona terlindung sesuai Ketentuan ini atau ANSI/AISC 358.

Pengecualian: Angkur baja stad berkepala yang dilas dan sambungan lainnya diizinkan pada zona terlindung bila ditunjuk dalam ANSI/AISC 358, atau dengan cara lain ditentukan dengan sambungan terprakualifikasi menurut Pasal K1, atau seperti yang ditentukan dalam program pengujian kualifikasi menurut Pasal K2 dan K3.

4. Kolom

Kolom-kolom pada rangka momen, rangka terbreis dan dinding geser harus memenuhi persyaratan pasal ini.

4a. Kekuatan Perlu

Kekuatan perlu kolom-kolom dalam STGS harus ditentukan berdasarkan nilai terbesar dari:

- (a) Efek beban yang dihasilkan dari persyaratan analisis untuk sistem yang berlaku sesuai Pasal E, F, G dan H.
- (b) Kekuatan aksial tekan dan tarik seperti yang ditentukan menggunakan beban seismik dengan kekuatan lebih. Momen-momen yang diterapkan boleh diabaikan kecuali momen yang dihasilkan dari beban yang diberikan pada kolom di antara titik-titik sokongan lateral.

Untuk kolom-kolom yang berada di persilangan portal-portal, penentuan kekuatan aksial perlu, termasuk beban seismik dengan kekuatan lebih atau beban seismik terbatas-kapasitas, yang sesuai, harus mempertimbangkan potensi inelastisitas simultan dari portal-portal tersebut. Arah pemberian beban pada setiap portal tersebut dipilih agar menghasilkan efek beban yang paling besar terhadap kolom tersebut.

Pengecualian:

- (a) Kekuatan aksial perlu kolom-kolom tersebut boleh dibatasi berdasarkan analisis nonlinier tiga dimensi di mana gerakan tanah diterapkan secara simultan dalam dua arah ortogonal, menurut Pasal C3.
- (b) Kolom-kolom yang merupakan bagian dari portal-portal yang bersilangan sesuai Pasal E1, F1, G1, H1, H4 atau kombinasinya tidak perlu didesain terhadap beban-beban tersebut.

4b. Kolom Komposit Terbungkus Beton

Kolom komposit terbungkus beton harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Bab I, selain persyaratan dari pasal ini. Persyaratan tambahan, seperti disyaratkan untuk komponen struktur daktail sedang dan komponen struktur daktail tinggi dalam Pasal D1.4b.1 dan 2 harus diterapkan seperti Bab G dan Bab H.

1. Komponen Struktur Daktail Sedang

Kolom komposit terbungkus beton yang digunakan sebagai komponen struktur daktail sedang harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (a) Spasi maksimum tulangan transversal pada bagian atas dan bawah harus diambil dari nilai terkecil berikut:
 - (1) $\frac{1}{2}$ dimensi terkecil penampang
 - (2) 8 diameter batang tulangan longitudinal
 - (3) 24 diameter batang tulangan sengkang pengikat
 - (4) 12 in. (300 mm)
- (b) Spasi ini harus dipertahankan sepanjang jarak vertikal yang sama dengan nilai terbesar dari panjang berikut ini, diukur dari setiap muka joint dan pada kedua sisi penampang di mana pelelehan lentur diharapkan terjadi:
 - (1) $\frac{1}{6}$ tinggi bersih vertikal kolom
 - (2) Dimensi penampang melintang maksimum
 - (3) 18 in. (450 mm)
- (c) Spasi sengkang sepanjang tinggi kolom yang tersisa tidak boleh melebihi dua kali spasi yang ditentukan Pasal D1.4b.1(a)
- (d) Splais dan detail tumpuan ujung untuk kolom komposit terbungkus beton dalam STGS komposit biasa Pasal G1, H1 dan H4 harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi* dan ACI 318 Pasal 10.7.5.3. Desain harus memenuhi ACI 318 Pasal 18.2.7 dan 18.2.8. Desain harus memperhitungkan setiap efek perilaku yang merugikan akibat perubahan mendadak dalam kekakuan komponen struktur atau kekuatan tarik nominal. Transisi pada penampang beton bertulang tanpa komponen struktur baja struktural yang ditanam, transisi pada profil baja struktur terbuka, dan dasar kolom harus dipertimbangkan terhadap perubahan mendadak.
- (e) Anyaman kawat yang dilas tidak boleh dipakai sebagai tulangan transversal.

2. Komponen Struktur Daktail Tinggi

Kolom komposit terbungkus beton yang digunakan sebagai komponen struktur daktail tinggi harus memenuhi Pasal D1.4b.1 selain persyaratan berikut:

- (a) Tulangan pemikul beban longitudinal harus memenuhi persyaratan ACI 318 Pasal 18.7.4.
- (b) Tulangan transversal harus berupa tulangan sengkang tertutup seperti ditetapkan dalam ACI 318 Bab 18 dan harus memenuhi persyaratan berikut:
 - (1) Luas minimum dari tulangan sengkang, A_{sh} , harus:

$$A_{sh} = 0,09h_{cc}s \left(1 - \frac{F_y A_s}{P_n} \right) \left(\frac{f'_c}{F_{ysr}} \right) \quad (D1-8)$$

dengan

- A_s = luas penampang inti baja struktural, in.² (mm²)
- F_y = tegangan leleh inti baja struktural minimum terspesifikasi, ksi (MPa)
- F_{ysr} = tegangan leleh sengkang minimum terspesifikasi, ksi (MPa)
- P_n = kekuatan tekan nominal kolom komposit yang dihitung menurut *Spesifikasi*, kips (N)
- h_{cc} = dimensi penampang melintang inti terkekang diukur pusat ke pusat tulangan sengkang, in. (mm)
- f'_c = kekuatan tekan beton terspesifikasi, ksi (MPa)
- s = spasi tulangan transversal diukur sepanjang sumbu longitudinal komponen struktural, in. (mm)

Persamaan D1-8 tidak perlu dipenuhi jika kekuatan nominal penampang baja struktural terbungkus beton saja lebih besar dari efek beban kombinasi beban $1,0D + 0,5L$,

dengan

D = beban mati akibat berat elemen struktural dan fitur permanen pada bangunan gedung, kips (N)

L = beban hidup akibat hunian dan peralatan yang dapat dipindahkan, kips (N)

- (2) Spasi maksimum tulangan transversal sepanjang tinggi kolom harus diambil sebagai nilai terkecil dari enam diameter batang tulangan longitudinal penahan beban atau 6 in. (150 mm)
- (3) Apabila disyaratkan Pasal D1.4b.1(c), D1.4b.1(d) atau D1.4b.1(e) , spasi maksimum tulangan transversal sepanjang panjang komponen struktur tersebut harus diambil sebagai nilai terkecil dari seperempat dimensi komponen struktur terkecil atau 4 in. (100 mm). Tulangan pengekang harus berjarak tidak lebih dari 14 in. (350 mm) pada pusat dalam arah transversal.
- (c) Kolom komposit terbungkus beton dalam rangka terbreis dengan kekuatan tekan perlu lebih besar daripada $0,2P_n$, tanpa memperhitungkan beban seismik kekuatan lebih, harus memiliki tulangan transversal seperti disyaratkan Pasal D1.4b.2(b)(3) sepanjang panjang elemen total. Persyaratan ini tidak perlu dipenuhi jika kekuatan nominal penampang baja terbungkus beton saja lebih besar daripada efek beban dari kombinasi beban $1,0D + 0,5L$.
- (d) Kolom komposit yang mendukung reaksi dari komponen struktur kaku diskontinu, seperti dinding atau rangka terbreis, harus memiliki tulangan transversal seperti yang disyaratkan Pasal D1.4b.2(b)(3) sepanjang tinggi kolom di bawah tingkat di mana diskontinuitas terjadi jika kekuatan tekan perlu, tanpa memperhitungkan beban seismik kekuatan lebih melebihi $0,1P_n$. Tulangan transversal harus diteruskan ke komponen struktur diskontinu paling sedikit sepanjang yang diperlukan untuk menyalurkan pelelehan penuh penampang baja terbungkus beton dan tulangan longitudinal. Persyaratan ini tidak perlu dipenuhi jika kekuatan nominal penampang baja terbungkus beton saja lebih besar dari efek beban dari kombinasi beban $1,0D + 0,5L$.

- (e) Kolom komposit terbungkus beton yang digunakan dalam RMK-K harus memenuhi persyaratan yang berikut:
 - (1) Tulangan transversal harus memenuhi persyaratan Pasal D1.4b.2(2) pada daerah sepanjang kolom bagian atas dan bawah yang disyaratkan Pasal D1.4b.1(b).
 - (2) Persyaratan desain kolom-kuat/balok-lemah dalam Pasal G3.4a harus dipenuhi. Dasar kolom harus didetail untuk menopang persendian lentur inelastis.
 - (3) Kekuatan geser perlu kolom harus memenuhi persyaratan ACI 318 Pasal 18.7.6.1.1.
- (f) Jika kolom berakhir pada fondasi atau fondasi rakit, tulangan transversal seperti yang disyaratkan pada pasal ini harus diteruskan hingga ke dalam fondasi atau fondasi rakit paling sedikit sepanjang 12 in. (300 mm). Jika kolom berakhir pada dinding, tulangan transversal harus diteruskan hingga ke dalam dinding paling sedikit sebesar panjang yang diperlukan untuk menyalurkan pelelehan penuh pada profil terbungkus beton dan tulangan longitudinal.

4c. Kolom Komposit Terisi Beton

Pasal ini berlaku untuk kolom yang memenuhi batasan dalam *Spesifikasi* Pasal I2.2. Kolom komposit terisi beton tersebut harus didesain memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Bab I, kecuali kekuatan geser nominal kolom komposit harus sebesar kekuatan geser nominal dari penampang baja struktur saja, berdasarkan luas geser efektifnya.

5. Diafragma Pelat Komposit

Desain diafragma lantai komposit dan pelat atap untuk efek gempa harus memenuhi persyaratan yang berikut.

5a. Transfer Beban

Harus ada pendetailan untuk menyalurkan beban antara diafragma dan komponen struktur batas, elemen kolektor, serta elemen dari sistem rangka horizontal.

5b. Kekuatan Geser Nominal

Kekuatan geser nominal dalam bidang diafragma komposit dan diafragma pelat beton pada dek baja harus diambil sebagai kekuatan geser nominal beton bertulang di atas bagian teratas dari pelat baja berusuk menurut ACI 318 tidak termasuk Bab 14. Sebagai alternatif, kekuatan geser nominal diafragma komposit harus ditentukan dengan pengujian geser dalam bidang diafragma terisi beton.

6. Komponen Baja Struktural Tersusun

Pasal ini mengatur sambungan-sambungan antara komponen-komponen struktur tersusun jika persyaratan khusus tidak diatur dalam pasal-pasal sistem struktur dalam Ketentuan ini atau dalam ANSI/AISC 358.

Sambungan-sambungan antara komponen-komponen struktur tersusun yang diharapkan mengalami perilaku inelastis harus didesain terhadap gaya-gaya yang dapat ditimbulkan dari perilaku inelastis tersebut.

Sambungan-sambungan antara komponen-komponen struktur tersusun yang tidak diharapkan mengalami perilaku inelastis harus didesain terhadap efek beban termasuk beban seismik dengan kekuatan lebih.

Jika sambungan-sambungan antara elemen-elemen komponen struktur tersusun diperlukan pada suatu zona terlindungi, sambungan-sambungan tersebut harus memiliki kekuatan tarik tersedia sebesar $R_y F_y t_p / \alpha_s$ elemen terlemah sepanjang zona terlindungi. Komponen struktur tersusun dapat digunakan pada sambungan-sambungan yang memerlukan pengujian sesuai Ketentuan ini, jika mereka memenuhi persyaratan ANSI/AISC 358 untuk digunakan dalam joint terpraktualifikasi atau sudah diverifikasi melalui pengujian.

D2. SAMBUNGAN

1. Umum

Sambungan, joint dan alat penyambung yang merupakan bagian dari STGS harus memenuhi *Spesifikasi* Bab J, dan dengan persyaratan tambahan dari pasal ini.

Splais dan dasar kolom yang tidak ditunjuk sebagai bagian dari STGS harus memenuhi persyaratan Pasal D2.5a, D2.5c dan D2.6.

Bila *zona terlindung* ditunjuk dalam elemen sambungan oleh Ketentuan ini atau ANSI/AISC 358, maka mereka harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3 dan I2.1.

2. Joint dengan Baut

Joint dengan baut harus memenuhi persyaratan berikut:

- (a) Kekuatan geser tersedia dari joint baut yang menggunakan lubang standar atau lubang slot pendek tegak lurus arah beban harus dihitung sebagai joint tipe tumpu menurut *Spesifikasi* Pasal J3.6 dan J3.10. Kekuatan tumpu dan sobek nominal pada lubang-lubang sesuai *Spesifikasi* Pasal J3.10 di mana deformasi lubang baut pada beban layan merupakan salah satu kriteria desain yang digunakan.

Pengecualian: Jika kekuatan perlu suatu sambungan didasarkan kekuatan terekspektasi suatu komponen atau elemen struktur, persamaan tumpu dan sobek lubang baut boleh digunakan sesuai *Spesifikasi* Pasal J3.10 tanpa memperhitungkan deformasi lubang.

- (b) Baut dan las tidak boleh didesain menahan gaya secara bersama-sama dalam suatu joint atau komponen gaya yang sama dalam suatu sambungan.

Catatan Pengguna: Suatu gaya komponen struktur, seperti gaya aksial breis diagonal, pada suatu sambungan harus ditahan seluruhnya oleh satu tipe joint (dengan kata lain, seluruhnya dengan baut atau seluruhnya dengan las). Suatu sambungan di mana baut menahan gaya tegak lurus terhadap gaya yang ditahan oleh las, seperti sambungan momen di mana sayap yang dilas menyalurkan lentur dan badan yang dibaut menyalurkan geser, tidak dianggap berbagi gaya.

- (c) Lubang-lubang baut harus berupa lubang-lubang standar atau lubang slot-pendek tegak lurus terhadap beban yang diterapkan di mana efek beban seismik disalurkan menjadi gaya geser pada baut-baut. Lubang-lubang berukuran lebih atau lubang-lubang slot pendek dapat digunakan dalam sambungan yang efek

beban seismiknya disalurkan menjadi gaya tarik baut tetapi tidak melalui gaya geser baut.

Pengecualian:

- (1) Untuk breis diagonal, lubang-lubang berukuran lebih diizinkan dalam satu lapisan sambungan hanya jika sambungan tersebut didesain sebagai joint kritis selip.
- (2) Jenis-jenis lubang alternatif diizinkan jika ditunjuk dalam ANSI/AISC 358, atau jika ditentukan lain dalam suatu sambungan prakualifikasi sesuai Pasal K1, atau jika ditentukan dalam suatu program pengujian kualifikasi sesuai Pasal K2 atau Pasal K3.

Catatan Pengguna: sambungan breis diagonal dengan lubang ukuran berlebih juga harus memenuhi keadaan batas lainnya termasuk tumpu baut dan geser baut untuk kekuatan perlu dari sambungan sebagaimana dijelaskan dalam Pasal F1, F2, F3 dan F4.

- (d) Semua baut harus dipasang sebagai baut kekuatan tinggi pratarik. Permukaan lekatan harus memenuhi persyaratan untuk sambungan kritis selip menurut *Spesifikasi* Pasal J3.8 dengan permukaan lekatan yang memiliki koefisien slip Kelas A atau lebih tinggi.

Pengecualian: Permukaan sambungan boleh memiliki pelapis dengan koefisien slip kurang dari yang permukaan lekatan Kelas A untuk yang berikut:

- (1) Sambungan momen pelat ujung sesuai dengan persyaratan Pasal E1, atau ANSI/AISC 358
- (2) Joint yang dibaut di mana efek beban akibat seismik disalurkan, baik melalui gaya tarik dalam baut atau melalui gaya tekan tumpuan tetapi tidak melalui geser dalam baut.

3. Joint yang Dilas

Joint yang dilas harus didesain menurut *Spesifikasi* Bab J.

4. Pelat Penerus dan Pengaku

Desain pelat penerus dan pengaku yang berada pada badan profil gilss harus memungkinkan untuk panjang kontak tereduksi pada sayap dan badan komponen struktur berdasarkan ukuran-ukuran klip sudut dalam Pasal I2.4.

5. Splais Kolom

5a. Lokasi Splais

Untuk semua kolom bangunan gedung, termasuk yang tidak ditunjuk sebagai bagian dari STGS, splais kolom harus berada 4 ft (1,2 m) atau lebih diukur dari sambungan sayap balok ke kolom.

Pengecualian:

- (1) Apabila tinggi bersih kolom antara sambungan sayap balok ke kolom lebih kecil dari 8 ft (2,4 m), splais harus berada pada setengah tinggi bersih.

- (2) Splais kolom dengan badan dan sayap yang dihubungkan dengan las gruv penetrasi joint komplet diizinkan untuk berada lebih dekat dengan sambungan sayap balok ke kolom, tetapi tidak kurang dari tinggi penampang kolom.
- (3) Splais pada kolom-kolom komposit.

Catatan Pengguna: Bila memungkinkan, splais harus berada paling sedikit 4 ft (1,2 m) di atas ketinggian *finishing* lantai untuk memungkinkan pemasangan kabel keamanan perimeter sebelum ereksi tingkatan berikutnya dan untuk memperbaiki aksesibilitas.

5b. Kekuatan Perlu

- (1) Kekuatan perlu splais kolom dalam STGS harus lebih besar dari:
 - (a) Kekuatan perlu kolom, termasuk yang ditentukan dari Bab E, F, G, dan H, dan Pasal D1.4a; atau,
 - (b) Kekuatan perlu yang ditentukan menggunakan beban seismik kekuatan lebih.
- (2) Sebagai tambahan, splais kolom yang dilas di mana setiap bagian kolom menahan efek beban tarik neto terhitung yang ditentukan menggunakan beban seismik kekuatan lebih, harus memenuhi semua persyaratan berikut:
 - (a) Kekuatan tersedia joint dengan las gruv penetrasi joint parsial (PJP), jika digunakan, harus paling sedikit sama dengan 200% kekuatan perlu. Pengecualian: Las gruv penetrasi joint parsial (PJP) tidak termasuk dalam persyaratan ini jika Pengecualian di Pasal E2.6g, E3.6g atau E4.6c berlaku.
 - (b) Kekuatan tersedia untuk setiap splais sayap harus paling sedikit sama dengan $0,5R_yF_yb_f t_f / \alpha_s$, dengan
 - F_y = tegangan leleh minimum terspesifikasi, ksi (MPa)
 - R_y = rasio dari tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum terspesifikasi
 - b_f = lebar sayap, in. (mm) dari kolom terkecil yang disambung
 - t_f = tebal sayap, in. (mm) dari kolom terkecil yang disambung
 - (c) Bila joint *butt* dalam splais kolom dibuat dengan las gruv penetrasi joint komplet (PJK), dengan tegangan tarik pada lokasi manapun dalam sayap terkecil melampaui $0,30F_y / \alpha_s$, maka transisi miring diperlukan di antara sayap-sayap yang tebal atau lebarnya berbeda. Transisi tersebut harus sesuai dengan AWS D1.8/D1.8M Pasal 4.2.

5c. Kekuatan Geser Perlu

Untuk semua kolom bangunan gedung termasuk yang tidak ditunjuk sebagai bagian dari STGS, kekuatan geser perlu splais kolom terhadap kedua sumbu ortogonal kolom harus dihitung sebesar $M_{pc} / (\alpha_s H)$, dengan M_{pc} adalah kekuatan lentur plastis nominal terkecil dari penampang kolom untuk arah yang ditinjau, dan H adalah tinggi tingkat, yang dapat diambil sebagai jarak antar garis pusat lantai-lantai yang merangkai pada tingkat di atas dan di bawahnya, atau jarak antar sisi atas pelat-pelat lantai pada tingkat di atas dan di bawahnya.

Kekuatan geser perlu dari splais kolom pada STGS harus lebih besar dari persyaratan di atas atau kekuatan geser perlu yang ditentukan Pasal D2.5b(1).

5d. Konfigurasi Splais Baja Struktural

Splais kolom baja struktural boleh menggunakan baut atau las, atau dengan las pada satu kolom dan dengan baut pada kolom lainnya. Konfigurasi splais harus memenuhi semua persyaratan spesifik dalam Bab E, F, G atau H.

Splais pelat atau kanal yang digunakan untuk membuat splais badan kolom STGS harus berada pada kedua sisi dari badan kolom.

Untuk splais joint *butt* dilas yang dibuat dengan las gruv, tab las harus dihilangkan menurut AWS D1.8/D1.8M Pasal 6.16. Penyangga las gruv tidak perlu dihilangkan.

5e. Splais pada Kolom Komposit Terbungkus Beton

Untuk kolom komposit terbungkus beton, splais kolom harus memenuhi Pasal D1.4b dan ACI 318 Pasal 18.7.4.2.

6. Dasar Kolom

Kekuatan perlu dasar kolom, termasuk yang tidak ditunjuk sebagai bagian dari STGS, harus dihitung menurut pasal ini.

Kekuatan tersedia elemen baja pada dasar kolom, termasuk pelat dasar, batang angkur, pelat-pelat pengaku, dan tonjolan penahan geser harus sesuai dengan *Spesifikasi*.

Jika kolom dilas pada pelat dasar dengan las gruv, tab las dan penyangga las harus dihilangkan, kecuali penyangga las yang berada sisi dalam dari sayap dan panyangga las pada badan dari profil I tidak perlu dihilangkan jika panyangga disambungkan ke pelat dasar kolom dengan las filet menerus 5/16 in. (8 mm). Las filet pada penyangga ke bagian dalam dari sayap kolom tidak diperbolehkan. Penyangga las yang berada di sisi dalam kolom PSR dan profil kotak tidak perlu dihilangkan.

Kekuatan tersedia elemen beton dan baja tulangan pada dasar kolom harus sesuai dengan ACI 318. Jika desain batang angkur mengasumsikan kebutuhan daktilitas disediakan oleh deformasi batang angkur dan pengangkuran dalam beton bertulang, desain harus memenuhi persyaratan ACI 318 Bab 17. Sebagai alternatif, jika daktilitas disediakan di tempat lain, batang angkur dan pengangkuran dalam beton bertulang boleh didesain untuk beban-beban maksimum yang dihasilkan dari deformasi di tempat lainnya, termasuk efek kekuatan lebih material dan pengerasan regangan.

Catatan Pengguna: Apabila beton menggunakan baja tulangan sebagai bagian dari desain penanaman angkur, maka penting untuk mempertimbangkan moda kegagalan angkur dan menyediakan tulangan yang disalurkan di kedua sisi permukaan yang gagal tersebut. Lihat ACI 318, Pasal 17, termasuk Penjelasan.

6a. Kekuatan Aksial Perlu

Kekuatan aksial perlu dari dasar kolom yang ditunjuk sebagai bagian dari STGS, termasuk pengikatannya pada fondasi, harus merupakan penjumlahan komponen vertikal dari kekuatan sambungan perlu dari elemen baja yang disambungkan ke dasar kolom, tetapi tidak kurang dari yang terbesar dari:

- (a) Beban aksial kolom dihitung menggunakan beban seismik kekuatan lebih.
- (b) Kekuatan aksial perlu untuk splais kolom, seperti dijelaskan dalam Pasal D2.5.

Catatan Pengguna: Komponen vertikal dapat mencakup beban aksial kolom dan komponen vertikal beban aksial dari komponen struktur diagonal yang merangka ke dalam dasar kolom, Pasal D2.5 mencakup referensi untuk Pasal D1.4a dan Bab E, F, G dan H. Apabila breis diagonal merangka pada kedua sisi kolom, pengaruh tekuk breis tekan harus diperhitungkan dalam penjumlahan komponen vertikal. Lihat Pasal F2.3.

6b. Kekuatan Geser Perlu

Kekuatan geser perlu dasar kolom, termasuk yang tidak ditunjuk sebagai bagian dari STGS, dan pengikatannya pada fondasi, harus merupakan penjumlahan komponen horizontal dari kekuatan sambungan perlu dari elemen baja yang disambungkan ke dasar kolom sebagai berikut:

- (a) Untuk breis diagonal, komponen horizontal harus ditentukan dari kekuatan perlu sambungan breis diagonal untuk STGS.
- (b) Untuk kolom-kolom, komponen horizontal harus sama dengan nilai terkecil dari yang berikut ini:
 - (1) $2R_y F_y Z / (\alpha_s H)$ kolom
 - (2) Gaya geser yang dihitung menggunakan beban seismik kekuatan lebih
- (c) Jumlah kekuatan perlu dari komponen horizontal tidak boleh kurang dari $0,7R_y F_y Z / (\alpha_s H)$ kolom

Pengecualian:

- (a) Kolom-kolom bertingkat satu dengan sambungan-sambungan sederhana di kedua ujungnya tidak perlu mengikuti Pasal D2.6b(b) atau D2.6b(c)
- (b) Kolom-kolom yang merupakan bagian dari sistem yang dijelaskan dalam Pasal E1, F1, G1, H1, H4 atau kombinasi dari pasal-pasal tersebut tidak perlu mengikuti Pasal D2.6b(c)
- (c) Gaya geser perlu minimum menurut Pasal D2.6b(c) tidak perlu melebihi efek beban maksimum yang dapat disalurkan dari kolom ke fondasi sebagaimana ditentukan oleh salah satu daripada analisis nonlinier menurut Pasal C3, atau analisis yang memperhitungkan efek perilaku inelastis yang menghasilkan drift antar lantai $0,025H$ pada lantai pertama atau kedua, tetapi tidak pada keduanya.

Catatan Pengguna: Komponen horizontal dapat mencakup beban geser dari kolom dan komponen horizontal beban aksial dari komponen struktur diagonal yang merangka ke dasar kolom. Gaya-gaya horizontal untuk kolom-kolom yang bukan bagian dari STGS yang ditentukan berdasarkan pasal ini biasanya tidak menentukan dalam perhitungan menurut Pasal D2.6b(c).

6c. Kekuatan Lentur Perlu

Jika dasar kolom didesain sebagai sambungan momen pada fondasi, kekuatan lentur perlu dari dasar kolom yang ditunjuk sebagai bagian dari STGS, termasuk

pengikatannya terhadap fondasi, harus merupakan penjumlahan kekuatan sambungan perlu dari elemen baja yang disambungkan ke dasar kolom sebagai berikut:

- (a) Untuk breis diagonal, kekuatan lentur perlu harus diambil paling sedikit sama dengan kekuatan lentur perlu dari sambungan breis diagonal.
- (b) Untuk kolom-kolom, kekuatan lentur perlu harus diambil paling sedikit sama dengan terkecil dari yang berikut:
 - (1) $1,1R_yF_yZ/\alpha_s$ kolom, atau
 - (2) Momen yang dihitung menggunakan kombinasi beban seismik, jika kondisi batas daktail dari dasar kolom atau fondasi menentukan dalam desain.

Catatan Pengguna: Momen pada kolom ke sambungan dasar kolom yang didesain sebagai sambungan sederhana dapat diabaikan.

7. Sambungan Komposit

Pasal ini berlaku untuk sambungan dalam bangunan gedung yang menggunakan sistem komposit baja dan beton di mana beban seismik disalurkan antara baja struktural dan komponen beton bertulang. Metode untuk perhitungan kekuatan sambungan harus memenuhi persyaratan dalam pasal ini. Kecuali jika kekuatan sambungan ditentukan dengan analisis atau pengujian, model-model yang digunakan untuk desain sambungan harus memenuhi persyaratan berikut:

- (a) Gaya harus disalurkan antara baja struktural dan beton bertulang melalui:
 - (1) tumpuan langsung dari mekanisme tumpuan internal;
 - (2) sambungan geser;
 - (3) friksi geser dengan gaya penjepitan perlu yang disediakan dengan tulangan tegak lurus bidang penyaluran geser; atau
 - (4) kombinasi dari hal-hal di atas.

Kontribusi mekanisme yang berbeda boleh dikombinasikan hanya jika kekakuan dan kapasitas deformasi mekanisme kompatibel. Kekuatan lekatan potensial apapun antara baja struktur dan beton bertulang harus diabaikan untuk tujuan mekanisme penyaluran gaya sambungan.

- (b) Tumpuan nominal dan kekuatan friksi-geser harus memenuhi persyaratan ACI 318. Kecuali kekuatan lebih tinggi yang dibuktikan dengan pengujian siklik, kekuatan tumpu dan friksi-geser nominal harus dikurangi sebesar 25% untuk sistem seismik komposit yang dijelaskan Pasal G3, H2, H3, H5 dan H6.
- (c) Pelat tumpuan muka yang terdiri dari pengaku-pengaku antar sayap balok baja harus disediakan bila balok ditanam pada kolom atau dinding beton bertulang.
- (d) Kekuatan geser nominal zona panel baja terbungkus beton pada sambungan balok ke kolom harus dihitung sebagai jumlah kekuatan nominal baja struktural dan elemen geser beton bertulang terkekang seperti ditentukan pada Pasal E3.6e dan ACI 318 Pasal 18.8.

SNI 7860:2020

- (e) Penulangan harus disediakan untuk menahan semua gaya tarik komponen beton bertulang dari sambungan. Selain itu, beton harus dikekang dengan tulangan transversal. Semua penulangan harus disalurkan secara penuh dalam tarik atau tekan, yang sesuai, melampaui titik di mana tulangan tidak lagi diperlukan untuk menahan gaya. Panjang penyaluran harus ditentukan sesuai dengan ACI 318 Bab 25. Selain itu, panjang penyaluran untuk sistem yang dijelaskan dalam Pasal G3, H2, H3, H5 dan H6 harus memenuhi persyaratan ACI 318 Pasal 18.8.5.
- (f) Sambungan komposit harus memenuhi persyaratan tambahan yang berikut:
 - (1) Apabila pelat menyalurkan gaya diafragma horizontal, tulangan pelat harus didesain dan diangkurkan untuk menahan gaya tarik pada bidang di semua penampang kritis dalam pelat, termasuk sambungan ke balok kolektor, kolom-kolom, breis-breis diagonal dan dinding-dinding.
 - (2) Untuk sambungan antara balok baja struktural atau komposit dan kolom beton bertulang atau komposit terbungkus beton, tulangan sengkang tertutup transversal harus disediakan pada daerah sambungan kolom yang memenuhi persyaratan ACI 318 Pasal 18.8 kecuali untuk modifikasi berikut:
 - (i) Profil baja struktural yang merangka ke dalam sambungan diperhitungkan memberi pengekangan sepanjang lebar yang sama dengan yang dari pelat penumpu muka yang dilas ke balok di antara sayap-sayapnya.
 - (ii) Sambungan lewatan diizinkan untuk sengkang perimeter bila pengekangan splais disediakan dengan pelat penumpu muka atau lainnya yang mencegah pengelupasan selimut beton pada sistem di Pasal-pasal G1, G2, H1 dan H4.
 - (iii) Ukuran batang tulangan longitudinal dan tata letak dalam kolom beton bertulang dan komposit harus didetail untuk meminimumkan slip batang-batang tulangan melalui sambungan balok ke kolom akibat penyaluran gaya yang besar terkait dengan perubahan dalam momen kolom disepanjang tinggi sambungan.

Catatan Pengguna: *Penjelasan* memberikan panduan untuk menentukan kekuatan geser zona panel.

8. Angkur Baja

Apabila angkur paku geser berkepala baja atau angkur batang yang dilas merupakan bagian dari STGS menengah khusus sesuai Pasal G2, G3, G4, H2, H3, H5, dan H6, kekuatan geser dan kekuatan tariknya harus dikurangi 25% dari kekuatan yang disyaratkan *Spesifikasi* Bab I. Diameter angkur paku geser berkepala baja tidak boleh melebihi 3/4 in. (19 mm).

Catatan Pengguna: Pengurangan sebesar 25% tidak diperlukan untuk komponen gravitasi dan komponen kolektor pada struktur dengan sistem penahan gaya seismik menengah atau khusus yang dirancang untuk beban seismik kekuatan lebih.

D3. KOMPATIBILITAS DEFORMASI KOMPONEN STRUKTUR DAN SAMBUNGAN NON-STGS

Bila kompatibilitas deformasi komponen struktur dan sambungan yang bukan merupakan bagian dari sistem penahan gaya seismik (STGS) disyaratkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku, elemen-elemen ini harus didesain untuk menahan kombinasi efek beban gravitas dan efek deformasi yang terjadi pada drift tingkat desain yang dihitung menurut peraturan bangunan gedung yang berlaku.

Catatan Pengguna: ASCE/SEI 7 menetapkan persyaratan diatas untuk komponen struktur dan sambungan baja struktural dan komposit. Sambungan geser fleksibel yang memungkinkan rotasi ujung komponen struktur menurut *Spesifikasi* Pasal J1.2 harus diperhitungkan untuk memenuhi persyaratan ini. Deformasi inelastis diizinkan pada sambungan atau komponen struktur asalkan deformasi tersebut terbatas sendiri dan tidak mengakibatkan ketidakstabilan pada komponen struktur tersebut. Lihat Penjelasan untuk diskusi lebih lanjut.

D4. FONDASI TIANG H

1. Persyaratan Desain

Desain fondasi tiang H harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi* dengan memperhatikan desain komponen struktur yang menahan kombinasi beban. Fondasi tiang H yang berlokasi di kelas situs E atau F menurut ASCE/SEI 7 harus memenuhi persyaratan untuk komponen struktur daktail sedang menurut Pasal D1.1.

2. Fondasi Tiang H Miring

Jika tiang miring dan tiang vertikal digunakan dalam kelompok tiang, tiang vertikal harus didesain untuk mendukung efek kombinasi beban mati dan beban hidup tanpa partisipasi tiang miring.

3. Gaya Tarik

Gaya tarik pada setiap fondasi tiang harus disalurkan ke kepala tiang secara mekanis seperti kunci geser, batang tulangan atau paku geser yang dilas ke bagian yang tertanam dari tiang.

4. Zona Terlindung

Pada setiap tiang, panjang yang sama dengan tinggi dari penampang melintang tiang yang berada tepat di bagian bawah kepala fondasi tiang harus ditunjuk sebagai zona terlindung yang memenuhi persyaratan Pasal D1.3 dan I2.1.

BAB E SISTEM RANGKA MOMEN

Bab ini membahas dasar desain, persyaratan untuk analisis, dan persyaratan untuk sistem, komponen struktur dan sambungan untuk sistem rangka momen baja.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- E1. Rangka Momen Biasa (RMB)
- E2. Rangka Momen Menengah (RMT)
- E3. Rangka Momen Khusus (RMK)
- E4. Rangka Momen Rangka Batang Khusus (RMRBK)
- E5. Sistem Kolom Kantilever Biasa (SKKB)
- E6. Sistem Kolom Kantilever Khusus (SKKK)

Catatan Pengguna: Persyaratan bab ini adalah sebagai tambahan yang disyaratkan oleh *Spesifikasi* dan peraturan bangunan gedung yang berlaku.

E1. RANGKA MOMEN BIASA (RMB)

1. Ruang Lingkup

Rangka momen biasa (RMB) baja struktural harus didesain menurut pasal ini.

2. Dasar Desain

RMB yang dirancang menurut ketentuan ini diharapkan memberi kapasitas deformasi inelastis minimal dalam komponen struktur dan sambungannya.

3. Analisis

Tidak ada persyaratan khusus untuk sistem ini.

4. Persyaratan Sistem

Tidak ada persyaratan khusus untuk sistem ini .

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Tidak ada pembatasan pada rasio lebar terhadap tebal komponen struktur untuk RMB di luar yang disyaratkan di *Spesifikasi*. Tidak ada persyaratan untuk pembreisan stabilitas balok atau joint dalam RMB, di luar yang disyaratkan di *Spesifikasi*. Balok-balok baja struktural dalam RMB boleh komposit dengan pelat beton bertulang untuk menahan beban gravitasi.

5b. Zona Terlindung

Tidak ada bagian yang ditunjuk sebagai zona terlindung untuk komponen struktur RMB.

6. Sambungan

Sambungan balok ke kolom diizinkan terkekang penuh (KP) atau sambungan momen terkekang sebagian (KB) menurut pasal ini.

6a. Las Kritis Perlu

Las gruv penetrasi joint komplet (PJK) sayap balok ke kolom adalah las kritis perlu, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3.

6b. Sambungan Momen KP

Sambungan momen KP yang merupakan bagian dari sistem penahan gaya seismik (STGS) harus memenuhi paling sedikit satu dari persyaratan yang berikut:

- (a) Sambungan momen KP harus didesain untuk kekuatan lentur perlu yang sama dengan kekuatan lentur balok terekspektasi, $R_y M_p$, dikalikan dengan 1,1 dan dibagi dengan α_s , dengan α_s = faktor penyesuaian tingkat gaya DFBT-DKI = 1,0 untuk DFBT dan 1,5 untuk DKI.

Kekuatan geser perlu sambungan, V_u atau V_a , yang sesuai, harus ditentukan menggunakan efek beban seismik terbatas-kapasitas. Beban seismik horizontal yang dibatasi kapasitas, E_{cl} , harus dihitung sebagai berikut:

$$E_{cl} = 2(1,1R_y M_p)/L_{cf} \quad (E1-1)$$

dengan

L_{cf} = panjang bersih dari balok, in. (mm)

M_p = momen lentur plastis, kip-in. (N-mm)

R_y = rasio tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum terspesifikasi, F_y

- (b) Sambungan momen KP harus didesain untuk kekuatan lentur perlu dan kekuatan geser perlu yang sama dengan momen maksimum dan gaya geser terkait yang dapat disalurkan ke sambungan melalui sistem tersebut, termasuk efek kekuatan lebih material dan pengerasan regangan.

Catatan Pengguna: Faktor yang mungkin membatasi momen maksimum dan gaya geser terkait yang dapat disalurkan ke sambungan mencakup pelelehan kolom, pelelehan zona panel, pengembangan kekuatan lentur balok pada suatu jarak dari sambungan jika komponen struktur meruncing digunakan dan yang lainnya. Lihat penjelasan untuk diskusi lebih lanjut

- (c) Sambungan momen KP antara balok-balok sayap lebar dan sayap kolom sayap lebar harus memenuhi persyaratan pada Pasal E2.6 atau E3.6, atau memenuhi persyaratan berikut:
- (1) Semua las pada sambungan balok ke kolom harus memenuhi persyaratan Bab 3 ANSI/AISC 358.
 - (2) Sayap balok harus disambung ke sayap kolom menggunakan las gruv penetrasi joint komplet (PJK).

SNI 7860:2020

- (3) Bentuk lubang akses las harus menurut pasal 6.11.1.2 AWS D1.8/D1.8M. Persyaratan kualitas lubang akses las harus menurut pasal 6.11.2 AWS D1.8/D1.8M.

- (4) Pelat penerus harus memenuhi persyaratan Pasal E3.6f.

Pengecualian: joint pelat penerus ke sayap-sayap kolom boleh menggunakan las gruv penetrasi joint komplet, las gruv penetrasi joint parsial dua-sisi dengan permukaan berkontur, atau kombinasi tumpul penetrasi joint parsial dan las filet. Kekuatan perlu joint ini tidak boleh kurang daripada kekuatan tersedia daerah kontak dari pelat dengan sayap kolom tersebut.

- (5) Badan balok harus disambungkan ke sayap kolom dengan menggunakan las gruv PJK yang diperpanjang antara lubang-lubang akses las, atau menggunakan sambungan geser pelat tunggal dengan baut yang ditunjuk untuk kekuatan geser perlu dalam Pasal E1.6b(a).

Untuk pilihan (a) dan (b) dalam Pasal E1.6b, pelat penerus harus disediakan sebagaimana disyaratkan oleh *Spesifikasi* Pasal J10.1, J10.2 dan J10.3. Momen lentur yang digunakan untuk memeriksa pelat penerus harus sama dengan momen lentur yang digunakan untuk mendesain sambungan balok ke kolom; dengan kata lain, $1,1R_y M_p / \alpha_s$ atau momen maksimum yang dapat disalurkan ke sambungan oleh sistem tersebut.

Catatan Pengguna: Untuk sambungan momen KP, kekuatan geser zona panel harus diperiksa menurut *Spesifikasi* Pasal J10.6. Kekuatan geser perlu zona panel harus berdasarkan momen-momen ujung balok yang dihitung dari kombinasi beban yang ditetapkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku, tidak termasuk beban seismik kekuatan lebih.

6c. Sambungan Momen KB

Sambungan momen KB harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (a) Sambungan harus didesain terhadap momen dan gaya geser maksimum dari kombinasi beban yang berlaku seperti dijelaskan dalam Pasal B2 dan B3.
- (b) Kekakuan, kekuatan dan kapasitas deformasi sambungan momen KB harus diperhitungkan dalam desain, termasuk efek stabilitas rangka keseluruhan.
- (c) Kekuatan lentur nominal dari sambungan, $M_{n,PR}$ tidak boleh kurang dari 50% M_p balok yang tersambung.

Pengecualian : Untuk struktur satu tingkat, $M_{n,PR}$ tidak boleh kurang dari 50% dari M_p kolom yang tersambung.

- (d) V_u atau V_a , yang sesuai, harus ditentukan sesuai Pasal E1.6b(a) dengan M_p dalam Persamaan E1-1 diambil sebesar $M_{n,PR}$.

E2. RANGKA MOMEN MENENGAH (RMT)

1. Ruang Lingkup

Rangka Momen Menengah (RMT) dari baja struktural harus didesain menurut pasal ini.

2. Dasar Desain

RMT yang didesain menurut ketentuan ini diharapkan menyediakan kapasitas deformasi inelastis terbatas melalui pelelehan lentur balok dan kolom RMT, dan pelelehan geser zona panel kolom. Desain sambungan dari balok ke kolom, termasuk zona panel dan pelat penerus, harus berdasarkan uji sambungan yang menghasilkan kinerja sesuai yang disyaratkan oleh Pasal E2.6b, dan membuktikan kesesuaian dengan persyaratan dalam Pasal E2.6c.

3. Analisis

Tidak ada persyaratan khusus untuk sistem ini.

4. Persyaratan Sistem

4a. Pembreisan Stabilitas Balok

Balok harus terbreis agar memenuhi persyaratan untuk komponen struktur daktail sedang dalam Pasal D1.2a.

Sebagai tambahan, kecuali dinyatakan lain melalui pengujian, breis balok harus ditempatkan berdekatan dengan gaya-gaya terpusat, perubahan penampang, dan lokasi-lokasi lainnya di mana analisis menunjukkan bahwa sendi plastis akan terbentuk selama deformasi inelastis RMT. Penempatan pembreisan stabilitas harus konsisten dengan yang didokumen untuk sambungan terprakualifikasi yang dijelaskan dalam ANSI/AISC 358, atau dinyatakan lain seperti ditentukan dalam prakualifikasi sambungan menurut Pasal K1, atau pada program pengujian kualifikasi menurut Pasal K2.

Kekuatan perlu pembreisan lateral yang dipasang berdekatan dengan sendi plastis harus sesuai Pasal D1.2c.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Komponen struktur balok dan kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D1 untuk komponen struktur daktail sedang, kecuali dinyatakan memenuhi syarat oleh pengujian.

Balok baja struktural dalam RMT boleh komposit dengan pelat beton bertulang untuk menahan beban gravitasi.

5b. Sayap Balok

Perubahan daerah sayap balok tidak boleh, sebagaimana dijelaskan dalam Pasal E2.5c, harus gradual. Pengeboran lubang pada sayap atau pengurangan lebar sayap balok tidak diizinkan kecuali pengujian atau kualifikasi membuktikan bahwa konfigurasi yang dihasilkan dapat mengembangkan sendi plastis stabil untuk mengakomodasi sudut drift tingkat yang disyaratkan. Konfigurasi tersebut harus konsisten dengan sambungan terprakualifikasi yang dijelaskan dalam ANSI/AISC 358, atau ditentukan dalam sambungan teruji menurut Pasal K1, atau dalam program pengujian kualifikasi menurut Pasal K2.

5c. Zona Terlindung

Daerah pada setiap ujung balok yang menahan regangan inelastis harus ditunjuk sebagai zona terlindung, dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3. Rentang zona terlindung harus seperti ditetapkan dalam ANSI/AISC 358, atau dengan cara lain ditentukan dalam sambungan terprakualifikasi menurut Pasal K1, atau seperti ditentukan dalam program pengujian kualifikasi menurut Pasal K2.

Catatan Pengguna: Zona sendi plastis pada ujung-ujung balok RMT harus diperlakukan sebagai zona terlindung. Zona sendi plastis harus dihasilkan sebagai bagian dari program prakualifikasi atau kualifikasi untuk sambungan, melalui Pasal E2.6c. Pada umumnya, untuk sambungan tanpa perkuatan, zona terlindung harus diperpanjang dari muka kolom ke setengah tinggi balok di luar titik sendi plastis.

6. Sambungan

6a. Las Kritis Perlu

Las-las berikut adalah las-las kritis perlu dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (a) Las-las gruv pada sambungan kolom.
- (b) Las-las pada sambungan pelat dasar ke kolom.

Pengecualian: Las tidak perlu dianggap kritis perlu jika semua kondisi berikut terpenuhi.

- (1) Pembentukan sendi pada kolom yang terjadi pada, atau dekat dengan, pelat dasar tidak dimungkinkan oleh kondisi tumpuan.
 - (2) Gaya tarik neto akibat kombinasi beban yang memperhitungkan beban seismik kekuatan lebih tidak terjadi.
- (c) Las-las gruv penetrasi joint komplet sayap balok dan badan balok ke kolom, kecuali dengan cara lain ditetapkan oleh ANSI/AISC 358, atau dengan cara lain ditentukan dalam sambungan terprakualifikasi menurut Pasal K1, atau seperti ditentukan dalam program pengujian kualifikasi menurut Pasal K2.

Catatan Pengguna: Untuk penunjukan las kritis perlu, standar-standar seperti ANSI/AISC 358 dan pengujian-pengujian yang mencakup sambungan dan joint spesifik harus digunakan sebagai pengganti dari istilah-istilah yang lebih umum dalam Ketentuan ini. Bila Ketentuan ini menyebutkan bahwa suatu las ditunjuk sebagai las kritis perlu, tetapi standar atau pengujian yang lebih spesifik tidak dilakukan seperti yang dijelaskan, standar atau pengujian yang lebih spesifik harus menentukan. Demikian juga, standar dan pengujian lain tersebut dapat menentukan suatu las sebagai las kritis perlu, di luar yang diidentifikasi oleh Standar ini.

6b. Persyaratan Sambungan Balok ke Kolom

Sambungan balok ke kolom yang digunakan dalam STGS harus memenuhi persyaratan berikut:

- (a) Sambungan harus mampu mengakomodasi sudut drift tingkat paling sedikit 0,02 rad.

- (b) Ketahanan lentur sambungan yang terukur, ditentukan pada muka kolom, harus paling sedikit sama dengan $0,80M_p$ balok yang disambung pada sudut drift tingkat sebesar 0,02 rad.

6c. Pembuktian Kesesuaian

Sambungan balok ke kolom yang digunakan dalam STGS harus memenuhi persyaratan pada Pasal E2.6b berdasarkan satu dari yang berikut:

- (a) Penggunaan sambungan RMT dirancang menurut ANSI/AISC 358.
- (b) Penggunaan prakualifikasi sambungan untuk RMT menurut Pasal K1.
- (c) Ketentuan hasil uji siklik kualifikasi menurut Pasal K2. Hasil dari paling sedikit dua siklus pengujian sambungan harus disediakan dan boleh berdasarkan satu dari yang berikut:
- (1) Pengujian yang dilaporkan dalam literatur penelitian atau pengujian yang didokumentasikan dilakukan untuk proyek lainnya yang mewakili kondisi proyek tersebut, dalam batas yang disyaratkan dalam Pasal K2.
 - (2) Pengujian yang dilakukan secara khusus untuk proyek tersebut dan merupakan representasi ukuran-ukuran komponen struktur, kekuatan material, konfigurasi sambungan, dan proses sambungan yang sesuai dengan proyek tersebut, dalam batas yang disyaratkan dalam Pasal K2.

6d. Kekuatan Geser Perlu

Kekuatan geser perlu sambungan harus berdasarkan efek beban seismik yang dibatasi kapasitas. Beban seismik horizontal yang dibatasi kapasitas, E_{cl} , harus dihitung sebagai berikut:

$$E_{cl} = 2(1,1R_yM_p)/L_h \quad (E2-1)$$

dengan

L_h = jarak antar lokasi-lokasi sendi plastis balok, sebagaimana didefinisikan dalam laporan pengujian atau ANSI/AISC 358, in. (mm)

M_p = momen lentur plastis, kip-in. (N-mm)

R_y = rasio tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum terspesifikasi, F_y

Pengecualian: Sebagai pengganti Persamaan E2-1, kekuatan geser perlu sambungan harus seperti disyaratkan dalam ANSI/AISC 358, atau dengan cara lain ditentukan dalam sambungan terprakualifikasi menurut Pasal K1, atau dalam program pengujian kualifikasi menurut Pasal K2.

6e. Zona Panel

Tidak ada persyaratan tambahan untuk zona panel.

Catatan Pengguna: Kekuatan geser zona panel harus diperiksa menurut Pasal J10.6 *Spesifikasi*. Kekuatan geser perlu zona panel harus berdasarkan momen-momen ujung balok yang dihitung dari beban kombinasi yang ditetapkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku, tidak termasuk beban seismik kekuatan lebih.

SNI 7860:2020

6f. Pelat Penerus

Pelat penerus harus disediakan sesuai dengan ketentuan Pasal E3.6f.

6g. Sambungan Kolom

Sambungan kolom harus memenuhi persyaratan Pasal E3.6g.

E3. RANGKA MOMEN KHUSUS

1. Ruang Lingkup

Rangka momen khusus (RMK) dari baja struktural harus didesain menurut pasal ini.

2. Dasar Desain

RMK yang dirancang menurut ketentuan ini diharapkan memberi kapasitas deformasi inelastis signifikan melalui pelelehan lentur balok RMK dan pelelehan terbatas zona panel kolom, atau, di mana kinerja ekuivalen sistem rangka momen dibuktikan dengan analisis dan pengujian pengganti, melalui pelelehan sambungan balok ke kolom. Kecuali jika dengan cara lain diizinkan dalam pasal ini, kolom harus didesain lebih kuat daripada balok atau gelagar yang mengalami pelelehan dan pengerasan regangan penuh. Pelelehan lentur dari kolom pada dasar diizinkan. Desain sambungan balok ke kolom, termasuk zona panel dan pelat penerus, harus berdasarkan pada uji sambungan yang menghasilkan kinerja yang disyaratkan Pasal E3.6b, dan membuktikan kesesuaian dengan persyaratan dalam Pasal E3.6c.

3. Analisis

Untuk sistem rangka momen khusus yang terdiri dari rangka bidang terisolasi, tidak ada persyaratan analisis tambahan.

Untuk sistem rangka momen yang meliputi kolom-kolom yang membentuk bagian dari dua rangka momen khusus yang bersilangan dalam arah ortogonal atau multi-aksial, analisis kolom pada Pasal E3.4a harus memperhitungkan potensi pelelehan balok dalam kedua arah ortogonal secara simultan.

Catatan Pengguna: Untuk kolom-kolom ini, beban aksial perlu didefinisikan dalam Pasal D1.4a(b).

4. Persyaratan Sistem

4a. Rasio Momen

Hubungan berikut ini harus dipenuhi pada sambungan balok ke kolom:

$$\frac{\sum M_{pc}^*}{\sum M_{pp}^*} > 1,0 \tag{E3-1}$$

dengan

$\sum M_{pc}^*$ = jumlah dari proyeksi kekuatan lentur nominal kolom (termasuk voute bila digunakan) di atas dan di bawah joint pada garis sumbu balok dengan

gaya aksial tereduksi kolom, kip-in. (N-mm). Diizinkan untuk menentukan $\sum M_{pc}^*$ sebagai berikut:

$$\sum M_{pc}^* = \sum Z_c(F_{yc} - \alpha_s P_r / A_g) \quad (E3-2)$$

Apabila garis sumbu balok-balok yang berlawanan pada joint yang sama tidak bertemu, garis tengah antar garis-garis sumbu harus digunakan.

$\sum M_{pb}^*$ = jumlah dari proyeksi kekuatan lentur terekspektasi dari balok pada lokasi sendi plastis pada sumbu kolom. Diizinkan untuk menentukan $\sum M_{pb}^*$ sebagai berikut:

$$\sum M_{pb}^* = \sum (M_{pr} + \alpha_s M_v) \quad (E3-3)$$

A_g = luas bruto kolom, in.² (mm²)

F_{yb} = tegangan leleh minimum balok terspesifikasi, ksi (MPa)

F_{yc} = tegangan leleh minimum kolom terspesifikasi, ksi (MPa)

M_{pr} = momen maksimum yang mungkin terjadi pada lokasi sendi plastis, sebagaimana ditentukan menurut ANSI/AISC 358, atau dengan cara lain ditentukan dalam prakualifikasi sambungan menurut Pasal K1, atau dalam program pengujian kualifikasi menurut Pasal K2, kip-in. (N-mm)

M_v = momen tambahan akibat perbesaran gaya geser dari lokasi sendi plastis hingga garis sumbu kolom berdasarkan kombinasi beban DFBT atau DKI, kip-in. (N-mm)

P_r = kekuatan tekan perlu menurut Pasal D1.4a, kips (N)

Z_c = modulus penampang plastis kolom terhadap sumbu lentur, in.³ (mm³)

Pengecualian: Persyaratan Persamaan E3-1 tidak perlu diterapkan jika kondisi (a) atau (b) dipenuhi.

- (a) Kolom dengan $P_{rc} < 0,3P_c$ untuk semua kombinasi beban selain dari yang ditentukan dengan menggunakan beban seismik kekuatan lebih memenuhi salah satu dari yang berikut:
- (1) Kolom yang digunakan pada bangunan gedung satu tingkat atau tingkat paling atas bangunan gedung bertingkat banyak.
 - (2) Kolom jika (i) jumlah kekuatan geser tersedia dari semua kolom yang dikecualikan dalam tingkat tersebut lebih kecil daripada 20% jumlah kekuatan geser tersedia dari semua kolom rangka momen pada tingkat tersebut yang bekerja pada arah yang sama; dan (ii) jumlah kekuatan geser tersedia dari setiap garis kolom rangka momen dalam tingkat tersebut kurang dari 33% dari kekuatan geser tersedia dari semua kolom rangka momen pada garis kolom tersebut. Untuk tujuan pengecualian ini, garis kolom didefinisikan sebagai garis tunggal kolom atau garis-garis sejajar

kolom-kolom yang terletak di 10% dari dimensi denah yang tegak lurus garis kolom-kolom tersebut.

Catatan Pengguna: Untuk tujuan pengecualian ini, kekuatan geser yang tersedia dari kolom harus dihitung sebagai kekuatan batas yang memperhitungkan kekuatan lentur pada setiap ujung yang dibatasi oleh kekuatan lentur balok yang terhubung, atau kekuatan lentur kolom itu sendiri, dibagi dengan H , dengan H adalah tinggi tingkat.

Kekuatan tekan nominal, P_c , harus ditentukan sebagai berikut:

$$P_c = F_{yc}A_g/\alpha_s \quad (E3-5)$$

Dan kekuatan aksial perlu adalah $P_{rc} = P_{uc}$ (DFBT), atau $P_{rc} = P_{ac}$ (DKI), yang sesuai

- (b) Kolom dalam suatu tingkat yang memiliki rasio kekuatan geser tersedia terhadap kekuatan geser perlu 50% lebih besar dari tingkat di atasnya.

4b. Pembreisan Stabilitas Balok

Balok harus terbreis agar memenuhi persyaratan untuk komponen struktur daktail tinggi dalam Pasal D1.2b.

Sebagai tambahan, kecuali jika ditunjukkan melalui pengujian, breis balok harus ditempatkan dekat gaya-gaya terpusat, perubahan penampang, dan lokasi-lokasi lainnya jika analisis menunjukkan bahwa sendi plastis akan terbentuk selama deformasi inelastis RMK. Penempatan pembreisan lateral harus konsisten dengan yang didokumentasikan untuk sambungan terpraktualifikasi yang ditetapkan dalam ANSI/AISC 358, atau sebaliknya ditentukan dalam sambungan terpraktualifikasi menurut Pasal K1, atau dalam program pengujian kualifikasi menurut Pasal K2.

Kekuatan dan kekakuan perlu pembreisan stabilitas yang tersedia yang berdekatan dengan sendi plastis harus seperti yang disyaratkan Pasal D1.2c.

4c. Pembreisan Stabilitas pada Sambungan Balok ke Kolom

1. Sambungan Terbreis

Apabila badan dari balok dan kolom adalah sebidang, dan kolom terbukti tetap elastis di luar dari zona panel, sayap kolom pada sambungan balok ke kolom hanya memerlukan pembreisan stabilitas pada level sayap atas balok. Diizinkan untuk mengasumsikan bahwa kolom tetap elastis bila rasio yang dihitung menggunakan Persamaan E3-1 lebih besar dari 2,0.

Apabila suatu kolom tidak terbukti tetap elastis di luar dari zona panel, persyaratan yang berikut berlaku:

- (a) Sayap kolom harus terbreis secara lateral pada level sayap atas dan bawah balok. Pembreisan stabilitas dapat langsung atau tidak langsung.

Catatan Pengguna: Pembreisan stabilitas langsung sayap kolom dapat menggunakan breis komponen struktur atau komponen struktur lainnya, dek dan slab, terhubung dengan sayap kolom atau dekat titik pembreisan yang diinginkan untuk menahan tekuk lateral. Pembreisan stabilitas tidak langsung adalah pembreisan yang dihasilkan dari kekakuan komponen struktur dan sambungan yang

tidak langsung terhubung dengan sayap kolom, melainkan bekerja melalui badan kolom atau pelat pengaku.

- (b) Setiap breis komponen struktur sayap-kolom harus didesain untuk kekuatan perlu yang sama dengan 2% kekuatan sayap balok yang tersedia, $F_y b_f t_{bf}$, dibagi dengan α_s .

dengan

b_f = lebar sayap balok, in. (mm)

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

2. Sambungan Tak Terbreis

Kolom yang memiliki sambungan balok ke kolom tanpa pembreisan komponen struktur yang tegak lurus rangka seismik pada sambungan harus didesain dengan menggunakan jarak antara breis komponen struktur yang berdekatan sebagai tinggi kolom untuk tekuk tegak lurus pada rangka seismik dan harus sesuai dengan *Spesifikasi* Bab H, kecuali bahwa:

- (a) Kekuatan kolom perlu harus ditentukan dari kombinasi beban dalam peraturan bangunan gedung yang berlaku yang mencakup beban seismik kekuatan lebih.
Beban seismik kekuatan lebih, E_{mh} , tidak perlu melampaui 125% kekuatan tersedia rangka berdasarkan kekuatan lentur tersedia balok atau kekuatan geser tersedia zona panel.
- (b) Kelangsingan L/r untuk kolom tidak boleh melampaui 60, dengan
 L = panjang kolom, in. (mm)
 r = radius girasi yang menentukan, in. (mm)
- (c) Kekuatan lentur perlu kolom yang tegak lurus rangka seismik harus mencakup momen yang diakibatkan oleh aplikasi dari gaya sayap balok yang disyaratkan Pasal E3.4c.1(b), sebagai tambahan pada momen orde kedua yang diakibatkan perpindahan lateral sayap kolom.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Komponen struktur balok dan kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktil tinggi, kecuali lolos uji kualifikasi.

Balok baja struktural pada RMK diizinkan komposit dengan slab beton bertulang untuk menahan beban gravitasi.

5b. Sayap Balok

Perubahan mendadak pada daerah sayap balok tidak diperbolehkan di dalam daerah sendi plastis. Pengeboran lubang pada sayap atau pengurangan lebar sayap balok tidak diizinkan kecuali pengujian atau kualifikasi membuktikan bahwa hasil konfigurasi dapat mengembangkan sendi plastis yang stabil untuk mengakomodasi sudut drift tingkat yang diperlukan. Konfigurasi tersebut harus konsisten dengan suatu sambungan terprakualifikasi yang ditetapkan dalam ANSI/AISC 358, atau dengan cara lain ditentukan dalam sambungan terprakualifikasi menurut Pasal K1, atau dalam suatu program uji kualifikasi menurut Pasal K2.

5c. Zona Terlindung

Daerah pada setiap ujung balok yang menahan regangan inelastis harus ditentukan sebagai suatu zona terlindung, dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3. Panjang zona terlindung harus seperti yang ditentukan dalam ANSI/AISC 358, atau dengan cara lain ditentukan dalam sambungan terpraktifikasi menurut Pasal K1, atau seperti ditentukan dalam suatu program uji kualifikasi menurut Pasal K2.

Catatan Pengguna: Zona sendi plastis pada ujung-ujung balok RMK harus diperlakukan sebagai zona terlindung. Zona sendi plastis harus ditetapkan sebagai bagian dari suatu program prakualifikasi atau kualifikasi untuk sambungan, sesuai Pasal E3.6c. Pada umumnya, untuk sambungan tanpa perkuatan, zona terlindung akan memanjang dari muka kolom sampai sejauh setengah tinggi balok melewati titik sendi plastis.

6. Sambungan

6a. Las Kritis Perlu

Las-las yang berikut adalah las-las kritis perlu, dan harus memenuhi persyaratan dari Pasal A3.4b dan I2.3:

- (a) Las-las gruv pada splais kolom
- (b) Las-las pada sambungan kolom ke pelat dasar

Pengecualian: Suatu las tidak perlu dianggap sebagai las kritis perlu jika semua kondisi berikut ini dipenuhi.

- (1) Pembentukan sendi plastis kolom yang berada di, atau dekat dengan, pelat dasar kolom tidak dimungkinkan oleh kondisi kekangan.
 - (2) Tidak terdapat tegangan tarik neto akibat kombinasi beban termasuk beban seismik kekuatan lebih.
- (c) Las gruv penetrasi joint komplet sayap balok dan badan balok ke kolom, kecuali jika ditentukan dengan ANSI/AISC 358 atau ditentukan dalam prakualifikasi sambungan menurut Pasal K1, atau seperti ditentukan dalam program uji kualifikasi menurut Pasal K2.

Catatan Pengguna: Untuk penentuan las kritis perlu, standar-standar seperti ANSI/AISC 358 dan pengujian-pengujian untuk sambungan dan joint khusus harus digunakan sebagai pengganti dari persyaratan yang lebih umum dari Ketentuan ini. Apabila Ketentuan ini menunjukkan bahwa suatu las tertentu dianggap kritis perlu, tetapi standar atau pengujian yang lebih spesifik tidak mensyaratkan, maka standar atau pengujian lebih spesifik yang konsisten dengan persyaratan-persyaratkan dalam Bab K yang menentukan. Demikian juga, standar dan pengujian tersebut dapat menetapkan las sebagai kritis perlu walaupun tidak teridentifikasi oleh Ketentuan ini.

6b. Sambungan Balok ke Kolom

Sambungan balok ke kolom yang digunakan pada sistem penahan gaya seismik (STGS) harus memenuhi persyaratan berikut:

- (a) Sambungan tersebut harus mampu mengakomodasi sudut drift tingkat paling sedikit 0,04 rad.

- (b) Ketahanan lentur terukur dari sambungan tersebut, ditentukan pada muka kolom, harus paling sedikit sama dengan $0,80M_p$ dari balok yang terhubung, pada sudut drift tingkat 0,04 rad, kecuali kinerja ekuivalen sistem rangka momen ditunjukkan melalui analisis pembuktian yang memenuhi ASCE/SEI 7 Pasal-pasal 12.2.1.1 atau 12.2.1.2,

dengan

$$M_p = \text{momen lentur plastis, kip-in. (N-mm)}$$

6c. Pembuktian Kesesuaian

Sambungan balok ke kolom yang digunakan pada STGS harus memenuhi persyaratan Pasal E3.6b dengan salah satu dari berikut ini:

- (a) Penggunaan sambungan RMK yang didesain menurut ANSI/AISC 358.
- (b) Penggunaan sambungan terpraktualifikasi untuk RMK menurut Pasal K1.
- (c) Ketentuan hasil uji siklik kualifikasi menurut Pasal K2. Hasil dari paling sedikit dua uji sambungan siklik harus tersedia dan harus berdasarkan salah satu dari yang berikut:
- (1) Pengujian yang dilaporkan dalam literatur penelitian atau pengujian terdokumentasi yang dilakukan untuk proyek lain yang mewakili kondisi proyek tersebut, di dalam batasan-batasan yang disyaratkan dalam Pasal K2.
 - (2) Pengujian yang dilakukan secara khusus untuk proyek tersebut dan yang mewakili ukuran komponen struktur proyek, kekuatan bahan, konfigurasi sambungan, dan proses sambungan yang sesuai, di dalam batasan-batasan yang disyaratkan dalam Pasal K2.

6d. Kekuatan Geser Perlu

Kekuatan geser perlu sambungan tersebut harus ditentukan menggunakan efek beban seismik yang dibatasi kapasitas. Efek beban seismik horizontal yang dibatasi kapasitas, E_{cl} , harus dihitung sebesar:

$$E_{cl} = 2M_{pr}/L_h \quad (E3-6)$$

dengan

L_h = jarak antar lokasi-lokasi sendi plastis sebagaimana didefinisikan dalam laporan uji atau dalam ANSI/AISC 358, in. (mm)

M_{pr} = momen maksimum yang mungkin terjadi di lokasi sendi plastis sebagaimana didefinisikan dalam Pasal E3.4a, kip-in. (N-mm)

Jika E_{cl} seperti dijelaskan dalam Persamaan E3-6 digunakan dalam kombinasi beban DKI yang menjumlah dengan beban-beban transien lainnya dan berdasarkan ASCE/SEI 7, faktor kombinasi 0,75 untuk beban-beban transien tidak boleh diterapkan pada E_{cl} .

Jika pengecualian-kecualian untuk Persamaan E3-1 dalam Pasal E3.4a berlaku, gaya geser, E_{cl} , boleh dihitung berdasarkan momen-momen ujung balok yang terkait dengan kekuatan lentur terekspektasi kolom dikalikan dengan 1.1.

6e. Zona Panel

1. Kekuatan Geser Perlu

Kekuatan geser perlu zona panel harus ditentukan dari penjumlahan momen-momen pada muka kolom seperti ditentukan dengan memproyeksikan momen-momen terekspektasi pada titik-titik sendi plastis ke muka-muka kolom. Kekuatan geser desain adalah $\phi_v R_n$ dan kekuatan geser izin adalah R_n/Ω_v dengan

$$\phi_v = 1,00 \text{ (DFBT)} \quad \Omega_v = 1,00 \text{ (DKI)}$$

dan kekuatan geser nominal, R_n , menurut kondisi batas pelelehan geser, ditentukan seperti disyaratkan dalam *Spesifikasi* Pasal J10.6.

Sebagai alternatif, ketebalan perlu zona panel harus ditentukan menurut metode yang digunakan dalam memproporsikan zona panel sambungan teruji atau terpraktualifikasi.

Jika pengecualian-kecualian untuk Persamaan E3-1 dalam Pasal E3.4a berlaku, momen-momen balok yang digunakan dalam menghitung kekuatan geser perlu zona panel tidak perlu melebihi yang terkait dengan kekuatan lentur terekspektasi kolom dikalikan 1.1.

2. Tebal Zona Panel

Ketebalan, t , masing-masing pelat badan kolom dan pelat pengganda, jika digunakan, harus sesuai dengan persyaratan berikut:

$$t \geq (d_z + w_z)/90 \tag{E3-7}$$

dengan

$$\begin{aligned} d_z &= d - 2t_f \text{ balok yang lebih tinggi pada sambungan, in. (mm)} \\ T &= \text{tebal badan kolom atau masing-masing pelat pengganda, in. (mm)} \\ w_z &= \text{lebar dari zona panel di antara sayap-sayap kolom, in. (mm)} \end{aligned}$$

Jika las sumbat digunakan untuk menyambungkan pelat pengganda ke pelat badan kolom, ketebalan zona panel total boleh digunakan untuk memenuhi Persamaan E3-7. Sebagai tambahan, masing-masing ketebalan pelat badan kolom dan pelat pengganda harus memenuhi Persamaan E3-7, jika d_z dan w_z dimodifikasi menjadi jarak antar las sumbat. Jika las sumbat diperlukan, sedikitnya empat las sumbat harus disediakan dan diberi ruang sesuai Persamaan E3-7.

3. Pelat Pengganda Zona Panel

Ketebalan pelat pengganda, jika digunakan, tidak boleh kurang dari $\frac{1}{4}$ in. (6 mm).

Jika digunakan, pelat pengganda harus memenuhi persyaratan berikut.

Jika kekuatan perlu zona panel melebihi kekuatan desain, atau jika zona panel tidak memenuhi Persamaan E3-7, pelat pengganda harus disediakan. Pelat pengganda harus ditempatkan menempel pada badan atau harus terpisah dari pelat badan. Pelat-pelat pengganda dengan celah sampai dengan $\frac{1}{16}$ in. (2 mm) antara pelat pengganda dan pelat badan kolom boleh didesain secara jika

menempel pada pelat badan. Jika pelat-pelat pengganda terpisah dari pelat badan, mereka harus ditempatkan secara simetris berpasangan pada sisi-sisi berlawanan pelat badan kolom.

Pelat pengganda yang menempel pada pelat badan harus dilas ke sayap kolom menggunakan las gruv penetrasi joint parsial (PJP) sesuai AWS D1.8/D1.8M pasal 4.3 yang membentang dari permukaan pelat pengganda ke sayap kolom, atau menggunakan las filet. Pelat pengganda yang terpisah harus dilas ke sayap kolom menggunakan las gruv penetrasi joint komplet (PJK), las gruv PJP, atau las filet. Kekuatan perlu las gruv penetrasi joint parsial atau las filet harus sama dengan kekuatan pelelehan geser ketebalan pelat pengganda.

Pelat pengganda harus diterapkan secara langsung pada badan kolom, bila badan tidak sesuai dengan Pasal E3.6e(2). Dengan cara lain, pelat pengganda boleh diterapkan secara langsung pada badan kolom, atau diberi jarak sepanjang dari badan.

(a) Pelat pengganda yang digunakan tanpa pelat penerus

Pelat-pelat pengganda dan las-las yang menyambungkan pelat pengganda ke sayap kolom harus diperpanjang hingga sedikitnya 6 in. (150 mm) di atas dan di bawah sisi atas dan sisi bawah balok rangka momen yang lebih tinggi. Untuk pelat-pelat pengganda yang menempel pada badan, jika ketebalan pelat pengganda saja dan ketebalan badan kolom saja memenuhi Persamaan E3-7, maka sepanjang sisi atas dan bawah pelat pengganda tidak perlu dilas. Jika salah satu dari ketebalan pelat pengganda dan ketebalan badan kolom tidak memenuhi Persamaan E3-7, maka las filet berukuran minimum, sebagaimana ditetapkan dalam *Spesifikasi* Tabel J2.4, harus disediakan sepanjang sisi atas dan bawah pelat pengganda tersebut. Las-las tersebut harus berhenti di 1.5 in. (38 mm) dari tepi filet kolom.

(b) Pelat pengganda yang digunakan dengan pelat penerus

Pelat pengganda boleh diperpanjang ke atas dan ke bawah pelat penerus atau di antara pelat-pelat penerus.

(1) Pelat pengganda yang diperpanjang

Pelat pengganda yang diperpanjang harus menempel pada pelat badan. Pelat pengganda yang diperpanjang dan las-las yang menyambungkan pelat pengganda ke sayap kolom harus diperpanjang hingga sedikitnya 6 in. (150 mm) di atas dan di bawah sisi atas dan sisi bawah balok rangka momen yang lebih tinggi. Pelat-pelat penerus harus dilas ke pelat-pelat pengganda yang diperpanjang tersebut sesuai persyaratan dalam Pasal E3.6f.2(c). Sepanjang sisi atas dan bawah pelat pengganda tidak perlu dilas.

(2) Pelat pengganda yang ditempatkan di antara pelat-pelat penerus

Pelat pengganda yang ditempatkan di antara pelat-pelat penerus boleh menempel pada pelat badan atau terpisah dari pelat badan. Las-las di antara pelat pengganda dan sayap kolom harus membentang di antara pelat-pelat penerus, tetapi boleh berhenti tidak lebih dari 1 in. (25 mm) dari pelat penerus. Sisi atas dan bawah pelat pengganda harus dilas ke pelat penerus di sepanjang pelat penerus yang menempel pada

badan kolom tersebut. Kekuatan perlu las penyambung pelat pengganda dan pelat penerus harus sebesar 75% kekuatan pelelehan geser yang tersedia dari ketebalan pelat pengganda penuh sepanjang garis kontak dengan pelat penerus.

Catatan Pengguna: Jika suatu balok yang tegak lurus pelat badan kolom menyambung ke suatu pelat pengganda, ukuran pelat pengganda tersebut harus ditentukan berdasarkan gaya geser dan reaksi ujung balok sebagai yang ditambahkan pada gaya geser zona panel. Jika dilakukan pengelasan antara pelat penerus dan pelat pengganda yang diperpanjang, penyaluran gaya antara pelat penerus dan pelat pengganda tersebut harus diperhitungkan. Lihat penjelasan untuk diskusi lebih lanjut.

6f. Pelat Penerus

Pelat penerus harus disediakan sebagaimana disyaratkan oleh pasal ini.

Pengecualian: Pasal ini tidak berlaku pada kasus-kasus berikut ini.

- (a) Jika pelat penerus dengan cara lain ditentukan dalam sambungan prakualifikasi menurut Pasal K1.
- (b) Jika suatu sambungan terqualifikasi berdasarkan Pasal K2 untuk kondisi-kondisi di mana rakitan uji tanpa pelat penerus dan sesuai dengan ukuran balok dan kolom prototipe dan bentang balok.

1. Kondisi-kondisi yang Memerlukan Pelat Penerus

Pelat penerus harus disediakan dalam kasus-kasus berikut ini:

- (a) Jika kekuatan perlu di muka kolom melebihi kekuatan kolom tersedia yang ditentukan menggunakan kondisi-kondisi batas setempat yang berlaku yang ditetapkan dalam *Spesifikasi* Pasal J10, jika sesuai. Jika diperlukan, pelat penerus harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Pasal J10.8 dan Pasal E3.6f.2.

Untuk sambungan-sambungan dengan sayap balok dilas ke sayap kolom, kolom tersebut harus memiliki kekuatan tersedia yang cukup untuk menahan gaya yang diterapkan konsisten dengan momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom, M_f .

Catatan Pengguna: Gaya pada sayap balok, P_f , sesuai momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom, M_f , dapat ditentukan sebagai berikut: Untuk sambungan-sambungan dengan badan balok yang dibaut ke kolom, P_f dapat ditentukan dengan mengasumsikan hanya sayap balok yang bekerja dalam menyalurkan momen M_f :

$$P_f = \frac{M_f}{\alpha_s d^*}$$

untuk sambungan-sambungan dengan badan balok yang dilas ke kolom, P_f dapat ditentukan dengan mengasumsikan sayap dan badan balok bekerja dalam menyalurkan momen M_f , sebagai berikut:

$$P_f = \frac{0,85M_f}{\alpha_s d^*}$$

dengan

M_f = momen maksimum yang mungkin terjadi pada muka kolom menurut ANSI/AISC 358 untuk suatu sambungan momen terpraktualifikasi atau ditentukan dari pengujian kualifikasi, kip-in. (N-mm)

P_f = kekuatan perlu pada muka kolom untuk kondisi batas setempat dalam kolom, kip. (N)

d^* = jarak antara pusat sayap balok atau pusat sambungan sayap balok ke muka kolom, in. (mm)

(b) Jika ketebalan sayap kolom kurang dari ketebalan yang membatasi, t_{lim} , yang ditentukan menurut ketentuan ini.

(1) Jika sayap balok dilas ke sayap kolom profil I atau profil I tersusun, ketebalan yang membatasi adalah:

$$t_{lim} = \frac{b_{bf}}{6} \quad (E3-8)$$

(2) Jika sayap balok dilas ke sayap kolom sayap lebar terboks, ketebalan yang membatasi adalah:

$$t_{lim} = \frac{b_{bf}}{12} \quad (E3-9)$$

Catatan Pengguna: Persyaratan pelat penerus berlaku hanya untuk kolom sayap lebar. Formula-formula detail untuk menentukan persyaratan pelat penerus untuk kolom-kolom profil kotak belum dikembangkan. Perlu dicatat bahwa kinerja sambungan momen tergantung kekakuan sayap kolom dalam mendistribusikan regangan sepanjang las balok ke sayap kolom. Perancang harus mempertimbangkan kekakuan relatif sayap kolom profil kotak terhadap rakitan yang diuji dalam menahan gaya sayap balok untuk menentukan kebutuhan pelat penerus.

2. Persyaratan Pelat Penerus

Jika pelat penerus diperlukan, persyaratan ini harus dipenuhi.

(a) Lebar Pelat Penerus

Lebar pelat penerus harus ditentukan berdasarkan yang berikut:

- (1) Untuk kolom profil I, pelat penerus harus, sedikitnya, memanjang dari badan kolom ke suatu titik yang berlawanan ujung sayap balok yang lebih lebar.
- (2) Untuk kolom profil kotak, pelat penerus harus memanjang selebar penuh dari badan kolom ke pelat samping kolom.

(b) Ketebalan Pelat Penerus

Ketebalan minimum pelat penerus harus ditentukan berdasarkan yang berikut:

- (1) Untuk sambungan satu sisi, ketebalan pelat penerus harus sedikitnya 50% ketebalan sayap kolom

- (2) Untuk sambungan dua sisi, ketebalan pelat penerus harus sedikitnya 75% ketebalan yang lebih tebal antara sayap-sayap balok di kedua sisi kolom.

(c) Pengelasan Pelat Penerus

Pelat penerus harus dilas ke sayap kolom dengan menggunakan las gruv PJK.

Pelat penerus harus di las ke badan kolom atau pelat pengganda yang diperpanjang dengan menggunakan las gruv atau las filet. Kekuatan perlu sambungan las pelat penerus ke badan kolom atau pelat pengganda yang diperpanjang harus terkecil dari yang berikut:

- (1) Jumlah kekuatan tarik tersedia luasan kontak pelat penerus ke sayap kolom yang terhubung dengan sayap balok
- (2) Kekuatan geser tersedia luasan kontak pelat tersebut dengan badan kolom atau pelat pengganda yang diperpanjang
- (3) Kekuatan geser tersedia badan kolom, jika pelat penerus dilas ke badan kolom, atau kekuatan geser tersedia pelat pengganda, jika pelat penerus dilas ke suatu pelat pengganda yang diperpanjang.

6g. Splais Kolom

Sambungan kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D2.5.

Pengecualian: Kekuatan perlu splais kolom, termasuk faktor konsentrasi tegangan atau faktor intensitas tegangan mekanika fraktur yang sesuai, tidak perlu melebihi yang ditentukan dengan suatu analisis nonlinier menurut Bab C.

1. Splais Sayap Kolom yang Dilas menggunakan Las gruv PJK

Jika las digunakan untuk membuat splais sayap, las tersebut harus berupa las filet PJK, kecuali diizinkan dalam Pasal E3.6g.2.

2. Splais Sayap Kolom yang Dilas menggunakan Las gruv PJP

Jika tegangan leleh minimum terspesifikasi profil *shaft* kolom tidak melebihi 60 ksi (415 MPa) dan sayap tertebal sedikitnya 5% lebih tebal dari sayap tertipis, las gruv PJP diperbolehkan untuk membuat splais kolom, dan harus memenuhi persyaratan berikut:

- (a) Las-las PJP kolom harus menyediakan tenggorok las sebesar 85% ketebalan sayap kolom tertipis.
- (b) Transisi berangsur dalam ketebalan las disediakan dari sisi luar sayap tertipis ke sisi luar sayap tertebal. Transisi tersebut harus memiliki kemiringan tidak lebih dari 1 berbanding 2,5, dan dapat dicapai dengan cara memiringkan permukaan las, dengan cara memangkas sayap tertebal ke suatu ketebalan yang kurang dari 5% lebih besar dari ketebalan sayap tertipis, atau dengan kombinasi kedua cara tersebut.

- (c) Transisi meruncing antara sayap-sayap kolom yang lebarnya berbeda harus disediakan menurut Pasal D2.5b(2).c.
- (d) Jika las sayap adalah las gruv bevel-ganda (yaitu pada kedua sisi sayap):
 - (1) Muka akar tak terlebur harus berada di tengah di dalam setengah bagian tengah sayap tertipis, dan
 - (2) Lubang akses las yang sesuai dengan Spesifikasi harus disediakan di penampang kolom yang mencakup persiapan las gruv.
- (e) Jika ketebalan sayap tertipis tidak lebih besar dari $2\frac{1}{2}$ in. (63 mm), dan las merupakan las gruv bevel-tunggal, lubang akses las tidak diperlukan.

3. Splais Badan Kolom yang Dilas menggunakan Las gruv PJK

Las-las badan harus dibuat dalam alur-alur di dalam badan kolom yang diperpanjang ke lubang-lubang akses. Ujung-ujung las boleh dimundurkan dari ujung bevel menggunakan suatu urutan blok sekitar satu ukuran las.

4. Splais Badan Kolom yang Dilas menggunakan Las gruv PJP

Jika las gruv PJP pada sayap kolom yang memenuhi Pasal E3.6g.2 digunakan, dan badan tertebal sedikitnya 5% lebih tebal dari badan tertipis, las gruv PJP boleh digunakan dalam badan kolom yang memenuhi persyaratan berikut:

- (a) Las-las gruv PJP badan memiliki leher efektif total minimum 85% ketebalan badan kolom tertipis.
- (b) Transisi berangsur dalam ketebalan las disediakan dari sisi luar badan tertipis ke sisi luar badan tertebal.
- (c) Jika las merupakan las gruv bevel tunggal, ketebalan badan tertipis tidak melebihi $2\frac{1}{2}$ in. (63 mm).
- (d) Jika tidak ada lubang akses, las badan dibuat dalam alur-alur yang disediakan di badan kolom yang memanjang penuh di badan di antara daerah k. Ujung-ujung las boleh dimundurkan dari ujung-ujung bevel menggunakan suatu urutan blok sekitar satu ukuran las.
- (e) Jika terdapat lubang akses, las badan dibuat dalam alur-alur yang disediakan di badan kolom yang menuju lubang akses. Ujung-ujung las boleh dimundurkan dari ujung-ujung bevel menggunakan suatu urutan blok sekitar satu ukuran las.

5. Splais Kolom yang Dibaut

Splais kolom yang dibaut harus memiliki kekuatan lentur perlu sedikitnya sama dengan $R_y F_y Z_x / \alpha_s$ kolom terkecil, dengan Z_x adalah modulus penampang plastis terhadap sumbu-x. Kekuatan geser perlu splais badan kolom harus sedikitnya sama dengan $\sum M_{pc} / (\alpha_s H_c)$, dengan $\sum M_{pc}$ adalah jumlah kekuatan lentur plastis di atas dan bawah kolom tersebut.

E4. RANGKA MOMEN RANGKA BATANG KHUSUS (RMRBK)

1. Ruang Lingkup

Rangka Momen Rangka Batang Khusus (RMRBK) dari baja struktural harus memenuhi persyaratan dalam Pasal ini.

2. Dasar Desain

RMRBK dirancang menurut ketentuan ini, diharapkan memberi kapasitas deformasi inelastis signifikan di dalam segmen khusus dari rangka batang. RMRBK harus dibatasi dengan panjang bentang antara kolom tidak melampaui 65 ft (20 m) dan tinggi kolom keseluruhan tidak melampaui 6 ft (1,8 m). Kolom dan segmen rangka batang di luar segmen khusus harus didesain untuk tetap elastis akibat gaya-gaya yang dapat dihasilkan oleh segmen khusus yang mengalami pelelehan penuh dan pengerasan regangan.

3. Analisis

Analisis RMRBK harus memenuhi persyaratan yang berikut.

3a. Segmen Khusus

Kekuatan geser vertikal perlu segmen khusus harus dihitung untuk kombinasi beban yang sesuai pada peraturan bangunan gedung yang berlaku.

3b. Segmen Non-Khusus

Kekuatan perlu komponen struktur dan sambungan segmen non-khusus, termasuk komponen struktur kolom, harus dihitung berdasarkan efek beban seismik horizontal yang dibatasi kapasitas. Efek beban seismik horizontal yang dibatasi kapasitas, E_{cl} , harus diambil sebagai gaya lateral perlu untuk mengembangkan kekuatan geser vertikal terekspektasi segmen khusus yang bekerja di tengah-panjang dan dijelaskan pada Pasal E4.5c. Efek orde kedua pada drift desain maksimum harus dicakup.

4. Persyaratan Sistem

4a. Segmen Khusus

Setiap rangka batang horizontal yang merupakan bagian STGS harus memiliki segmen khusus yang ditempatkan antara titik-titik di seperempat bentang rangka batang. Panjang dari segmen khusus harus antara 0,1 dan 0,5 kali panjang bentang rangka batang. Rasio tebal terhadap panjang dari panel apapun pada segmen khusus harus tidak melebihi 1,5 maupun tidak kurang dari 0,67.

Panel-panel di dalam suatu segmen khusus harus merupakan salah satu semua panel *Vierendeel* atau semua panel berbreis-X; kombinasi keduanya maupun penggunaan konfigurasi diagonal rangka batang lainnya tidak diizinkan. Bila komponen struktur diagonal digunakan dalam segmen khusus, komponen tersebut harus diatur dalam pola X terpisah dengan komponen struktur vertikal. Komponen struktur diagonal di dalam segmen khusus harus terbuat dari batang-batang rata gilas dengan penampang yang identik. Komponen struktur diagonal tersebut harus saling berhubungan satu sama lain pada titik persilangan. Interkoneksi harus memiliki kekuatan perlu sama dengan 0,25 kali kekuatan tarik nominal dari komponen struktur diagonal. Sambungan baut tidak boleh digunakan untuk komponen struktur diagonal di dalam segmen khusus.

Pensplaisan komponen kord tidak boleh berada pada segmen khusus, dan juga tidak boleh berada di dalam setengah panjang panel dari ujung segmen khusus.

Kekuatan aksial perlu dari komponen struktur badan diagonal dalam segmen khusus akibat beban mati dan beban hidup di dalam segmen khusus tidak boleh melampaui $0,03F_yA_g/\alpha_s$.

4b. Pembreisan Stabilitas Rangka Batang

Setiap sayap komponen kord harus terbreis lateral pada ujung segmen khusus. Kekuatan perlu breis lateral harus ditentukan sebagai berikut:

$$P_r = 0,06R_yF_yA_f/\alpha_s \quad (\text{E4-1})$$

dengan

$$A_f = \text{luas bruto sayap dari komponen struktur kord segmen khusus, in.}^2 \text{ (mm}^2\text{)}$$

4c. Pembreisan Stabilitas dari Sambungan Rangka Batang ke Kolom

Kolom harus terbreis lateral pada level kord bagian atas dan bawah dari rangka batang yang disambungkan ke kolom. Kekuatan perlu breis lateral harus ditentukan sebagai berikut:

$$P_r = 0,02R_yP_{nc}/\alpha_s \quad (\text{E4-2})$$

dengan

$$P_{nc} = \text{kekakuan tekan nominal komponen kord pada ujung-ujungnya, kips (N)}$$

4d. Kekakuan Pembreisan Stabilitas

Kekakuan breis perlu harus memenuhi ketentuan dalam *Spesifikasi* Lampiran 6, Pasal 6.2, dengan

$$P_r = R_yP_{nc}/\alpha_s \quad (\text{E4-3})$$

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Kolom-kolom harus memenuhi persyaratan dalam Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail tinggi.

5b. Komponen Struktur Segmen Khusus

Kekuatan geser tersedia dari segmen khusus harus dihitung sebagai jumlah kekuatan geser tersedia dari komponen kord akibat lentur, dan kekuatan geser sesuai dengan kekuatan tarik tersedia serta 0,3 kali kekuatan tekan tersedia dari komponen struktur diagonal, bila kekuatan geser tersebut digunakan. Komponen kord yang diatas dan di bawah pada segmen khusus harus dibuat dari penampang identik dan harus memberi paling sedikit 25% dari kekuatan geser vertikal perlu.

Kekuatan tersedia, ϕP_n (DFBT) atau P_n/Ω (DKI), ditentukan menurut kondisi batas dari pelelehan tarik, harus sama dengan atau lebih besar dari 2,2 kali kekuatan perlu, dengan

$$\phi = 1,00 \text{ (DFBT)} \quad \Omega = 1,00 \text{ (DKI)}$$

$$P_n = F_y A_g \tag{E4-4}$$

5c. Kekuatan Geser Vertikal Terekspektasi Segmen Khusus

Kekuatan geser vertikal terekspektasi segmen khusus, V_{ne} , pada tengah-panjang, harus ditentukan sebagai berikut:

$$V_{ne} = \frac{3.60R_y M_{nc}}{L_s} + 0.036EI \frac{L}{L_s^3} + R_y (P_{nt} + 0.3P_{nc}) \sin \alpha \tag{E4-5}$$

dengan

- E = modulus elastisitas komponen kord segmen khusus, 29.000 ksi (200.000 MPa)
- I = momen inersia komponen kord segmen khusus, in.⁴ (mm⁴)
- L = panjang bentang rangka batang, in. (mm)
- L_s = panjang segmen khusus, in. (mm)
- M_{nc} = kekuatan lentur nominal dari komponen kord segmen khusus, kip-in. (N-mm)
- P_{nt} = kekuatan tarik nominal dari komponen struktur diagonal segmen khusus, kips (N)
- P_{nc} = kekuatan tekan nominal dari komponen struktur diagonal segmen khusus, kips (N)
- α = sudut dari komponen struktur diagonal dengan horizontal, derajat

5d. Pembatasan Lebar terhadap Tebal

Komponen kord dan komponen struktur badan diagonal yang berada di segmen khusus harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1b untuk komponen struktur daktail tinggi. Rasio lebar terhadap tebal dari komponen struktur diagonal batang rata tidak boleh melampaui 2,5.

5e. Komponen Kord Tersusun

Spasi jahitan untuk komponen struktur kord tersusun dalam segmen khusus tidak boleh melampaui $0,04Er_y/F_y$, dengan r_y adalah radius girasi dari masing-masing komponen pada sumbu lemah.

5f. Zona Terlindung

Daerah pada setiap ujung dari komponen kord yang berada di segmen khusus harus ditunjuk sebagai zona terlindung yang memenuhi persyaratan Pasal D1.3. Zona terlindung harus diperpanjang di sepanjang dua kali ketinggian komponen kord dari sambungan dengan komponen struktur badan. Komponen struktur vertikal dan diagonal badan dari ujung ke ujung segmen khusus harus merupakan zona terlindung.

6. Sambungan**6a. Las Kritis Perlu**

Las-las yang berikut adalah las kritis perlu, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (a) Las gruv pada sambungan kolom
- (b) Las pada sambungan kolom ke pelat dasar
Pengecualian: Las tidak perlu dianggap sebagai kritis perlu jika semua kondisi berikut terpenuhi.
 - (1) Pembentukan sendi plastis kolom yang berada di, atau dekat dengan, pelat dasar kolom tidak dimungkinkan oleh kondisi kekangan.
 - (2) Tidak terdapat tegangan tarik neto akibat kombinasi beban termasuk beban seismik kekuatan lebih.

6b. Sambungan Komponen Struktur Badan Diagonal pada Segmen Khusus

Ujung sambungan dari komponen struktur badan diagonal pada segmen khusus harus mempunyai kekuatan perlu yang paling sedikit sama dengan kekuatan leleh terekspektasi dari komponen struktur, yang ditentukan sebesar $R_y F_y A_g / \alpha_s$

6c. Sambungan Kolom

Sambungan kolom harus memenuhi persyaratan Pasal E3.6g.

E5. SISTEM KOLOM KANTILEVER BIASA (SKKB)**1. Ruang Lingkup**

Sistem Kolom Kantilever Biasa (SKKB) dari baja struktural harus didesain menurut pasal ini.

2. Dasar Desain

SKKB dirancang menurut ketentuan ini, diharapkan memberi kapasitas drift inelastis minimal melalui pelelehan lentur kolom.

3. Analisis

Persyaratan analisis tambahan tidak ada.

4. Persyaratan Sistem**4a. Kolom**

Kolom harus didesain menggunakan kombinasi beban yang mencakup beban seismik kekuatan lebih. Kekuatan aksial perlu, P_{rc} , tidak boleh melampaui 15% dari kekuatan aksial tersedia, P_c , untuk hanya kombinasi beban ini.

SNI 7860:2020

4b. Pembreisan Stabilitas Kolom

Persyaratan pembreisan stabilitas tambahan untuk kolom tidak ada.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Persyaratan tambahan tidak ada.

5b. Sayap Kolom

Persyaratan sayap kolom tambahan tidak ada.

5c. Zona Terlindung

Zona terlindung tidak ada.

6. Sambungan

6a. Las Kritis Perlu

Las kritis perlu tidak disyaratkan untuk sistem ini.

6b. Dasar Kolom

Dasar kolom harus didesain menurut Pasal D2.6.

E6. SISTEM KOLOM KANTILEVER KHUSUS (SKKK)

1. Ruang Lingkup

Sistem Kolom Kantilever Khusus (SKKK) dari baja struktural harus didesain menurut pasal ini.

2. Dasar Desain

SKKK yang dirancang menurut ketentuan ini diharapkan memberi kapasitas drift inelastis terbatas melalui pelelehan lentur kolom.

3. Analisis

Persyaratan analisis tambahan tidak ada.

4. Persyaratan Sistem

4a. Kolom

Kolom harus didesain menggunakan kombinasi beban yang mencakup beban seismik kekuatan lebih. Kekuatan aksial perlu, P_{rc} , tidak boleh melampaui 15% dari kekuatan aksial tersedia, P_c , untuk hanya kombinasi beban ini.

4b. Pembreisan Stabilitas dari Kolom

Kolom harus terbreis agar memenuhi persyaratan yang berlaku pada balok yang diklasifikasikan sebagai komponen struktur daktail sedang dalam Pasal D1.2a.

5. Komponen Struktur**5a. Persyaratan Dasar**

Komponen struktur kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk *komponen* struktur daktail tinggi.

5b. Sayap Kolom

Perubahan secara mendadak pada daerah sayap kolom tidak boleh dilakukan pada zona terlindung seperti ditunjuk dalam Pasal E6.5c.

5c. Zona Terlindung

Daerah pada dasar kolom yang menahan regangan inelastis harus ditunjuk sebagai zona terlindung, dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3. Panjang zona terlindung harus dua kali tinggi kolom.

6. Sambungan**6a. Las Kritis Perlu**

Las-las yang berikut adalah las kritis perlu, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (a) Las gruv pada sambungan kolom
- (b) Las pada sambungan kolom ke pelat dasar

6b. Dasar Kolom

Dasar kolom harus didesain menurut Pasal D2.6.

BAB F SISTEM RANGKA TERBREIS DAN SISTEM DINDING GESER

Bab ini membahas dasar desain dan persyaratan untuk analisis, persyaratan untuk sistem, komponen struktur dan sambungan untuk baja rangka terbreis dan sistem dinding geser.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- F1. Rangka Terbreis Konsentris Biasa (RBKB)
- F2. Rangka Terbreis Konsentris Khusus (RBKK)
- F3. Rangka Terbreis Eksentris (RBE)
- F4. Rangka Terbreis Terkekang tekuk (RBKT)
- F5. Dinding Geser Pelat Khusus (DGPK)

Catatan Pengguna: Persyaratan bab ini sebagai tambahan yang diperlukan oleh *Spesifikasi* dan peraturan bangunan gedung yang berlaku.

F1. RANGKA TERBREIS KONSENTRIS BIASA (RBKB)

1. Ruang Lingkup

Rangka Terbreis Konsentris Biasa (RBKB) dari baja struktural harus didesain menurut pasal ini.

2. Dasar Desain

Pasal ini berlaku untuk rangka terbreis yang terdiri dari komponen struktur yang disambung konsentris. Eksentrisitas yang kurang dari kedalaman balok diperbolehkan jika eksentrisitas ini dihitung untuk desain komponen struktur dengan penentuan dari momen eksentris menggunakan beban seismik kekuatan lebih.

RBKB yang didesain menurut ketentuan ini diharapkan dapat memberikan kapasitas deformasi inelastis terbatas pada komponen struktur dan sambungannya.

3. Analisis

Persyaratan analisis tambahan tidak ada.

4. Persyaratan Sistem

4a. Rangka Terbreis V dan Rangka Terbreis V Terbalik

Balok-balok pada RBKB tipe V dan tipe V terbalik harus menerus pada sambungan breis sepanjang dari sambungan balok-kolom dan harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (a) Kekuatan perlu balok harus ditentukan dengan asumsi bahwa breis tidak didesain menahan beban mati dan beban hidup. Untuk kombinasi beban yang mencakup efek gempa, efek beban seismik, E , pada balok harus ditentukan sebagai berikut:
 - (1) Gaya-gaya dalam breis yang mengalami tarik harus diasumsikan paling sedikit sebagai berikut:

- (i) Efek beban berdasarkan beban seismik teramplifikasi
 - (ii) Gaya maksimum yang dapat disalurkan melalui sistem
- (2) Gaya tekan pada breis harus diasumsikan sama dengan $0,3P_n$.

dengan

P_n = kekuatan tekan nominal, kips (N)

- (b) Sedikitnya, satu set breis lateral diperlukan pada titik perpotongan breis, kecuali komponen struktur memiliki kekuatan dan kekakuan keluar bidang yang cukup untuk menjamin stabilitas antara titik-titik breis yang berdekatan.

4b. Rangka Terbreis K

Rangka berbreis tipe K tidak diperbolehkan untuk RBKB.

4c. Rangka Terbreis Bertingkat Banyak

Suatu rangka terbreis konsentris biasa boleh berupa rangka berbreis bertingkat banyak (RBKB-BB) jika persyaratan berikut terpenuhi.

- (a) Breis harus digunakan secara berpasangan berlawanan di setiap tingkat
- (b) Rangka terbreis harus disusun dengan strat sebidang di setiap tingkat.
- (c) Kolom harus terbreis lateral di setiap lokasi sambungan strat ke kolom.

Catatan Pengguna: Persyaratan pembreisan torsional biasanya terpenuhi dengan menyambungkan strut ke kolom untuk mencegah peralihan torsional kolom. Strut harus memiliki kekuatan dan kekakuan lentur yang cukup dan sambungan ke kolom yang memadai untuk menghasilkan fungsi ini.

- (d) Kekuatan perlu sambungan breis harus ditentukan dari kombinasi beban berdasarkan peraturan bangunan gedung yang berlaku, termasuk beban seismik kekuatan lebih, dengan efek beban seismik horizontal, E , dikalikan faktor 1,5.
- (e) Kekuatan aksial perlu strat harus ditentukan dari kombinasi beban berdasarkan peraturan bangunan gedung yang berlaku, termasuk beban seismik kekuatan lebih, dengan efek beban seismik horizontal, E , dikalikan faktor 1,5. Dalam pembreisan-X tarik-tekan, gaya-gaya tersebut harus ditentukan dengan mengabaikan breis tekan.
- (f) Kekuatan aksial perlu kolom harus ditentukan dari kombinasi beban berdasarkan peraturan bangunan gedung yang berlaku, termasuk beban seismik kekuatan lebih, dengan efek beban seismik horizontal, E , dikalikan faktor 1,5.
- (g) Untuk semua kombinasi beban, kolom yang menahan gaya aksial tekan harus didesain terhadap momen lentur akibat efek orde-kedua dan ketidaksempurnaan geometris. Paling sedikit, efek ketidaksempurnaan dapat diwakili oleh beban nosional horizontal keluar bidang yang diberikan di setiap tingkat dan sebesar 0,006 gaya vertikal yang dihasilkan oleh breis tekan yang terhubung ke kolom di setiap tingkat tersebut.

SNI 7860:2020

(h) Jika breis yang hanya menahan tarik digunakan, persyaratan (d), (e) dan (f) tidak perlu dipenuhi jika:

- (1) Semua breis memiliki kelangsingan yang menentukan sebesar 200 atau lebih
- (2) Kolom rangka terbreis ditunjuk untuk menahan momen lentur dalam bidang tambahan akibat gaya-gaya lateral tak seimbang yang ditentukan di setiap tingkat menggunakan beban seismik terbatas-kapasitas berdasarkan kekuatan terekspektasi breis. Kekuatan terekspektasi breis adalah $R_y F_y A_g$,

dengan

- F_y = tegangan leleh minimum terspesifikasi, ksi (MPa)
- R_y = rasio tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum terspesifikasi, F_y

Gaya lateral tak seimbang di setiap tingkat tidak boleh kurang dari 5% komponen breis horizontal terbesar yang ditahan oleh breis-breis di bawah dan di atas tingkat tersebut.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Breis harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail sedang.

Pengecualian: Breis-breis dalam rangka tarik saja dengan rasio kelangsingan lebih besar dari 200 tidak perlu memenuhi persyaratan ini

5b. Kelangsingan

Breis-breis pada konfigurasi V atau V-terbalik harus memiliki

$$\frac{L_c}{r} \leq 4 \sqrt{E/F_y} \tag{F1-1}$$

dengan

- E = modulus elastisitas baja, ksi. (MPa)
- L_c = panjang efektif breis = KL , in. (MPa)
- K = faktor panjang efektif
- r = radius girasi yang menentukan, in. (mm)

5c. Balok

Kekuatan perlu balok dan sambungannya harus ditentukan menggunakan beban seismik kekuatan lebih.

6. Sambungan

6a. Sambungan Breis

Kekuatan perlu sambungan breis diagonal harus ditentukan menggunakan beban seismik kekuatan lebih.

Pengecualian: Kekuatan perlu sambungan breis tidak perlu melampaui yang berikut:

- (a) Dalam kondisi tarik, kekuatan leleh terekspektasi breis dibagi dengan α_s , yang ditentukan sebesar $R_y F_y A_g / \alpha_s$, dengan α_s = faktor penyesuaian tingkat beban DFBT-DKI = 1,0 untuk DFBT dan 1,5 untuk DKI
- (b) Dalam kondisi tekan, kekuatan breis terekspektasi dibagi dengan α_s , yang boleh diambil dari nilai terkecil antara $R_y F_y A_g / \alpha_s$ dan $1,1 F_{cre} A_g / \alpha_s$, dengan F_{cre} ditentukan dari Spesifikasi Bab E menggunakan persamaan untuk F_{cr} , kecuali bahwa tegangan leleh terekspektasi, $R_y F_y$, digunakan sebagai pengganti F_y . Panjang breis yang digunakan untuk penentuan F_{cre} tidak boleh melampaui jarak dari ujung breis ke ujung breis.
- (c) Apabila lubang berukuran lebih besar digunakan, kekuatan perlu untuk kondisi batas slip baut tidak perlu melampaui efek beban seismik berdasarkan kombinasi beban tanpa kekuatan lebih yang ditetapkan oleh standar bangunan gedung yang berlaku.

7. Rangka Terbreis Konsentris Biasa di atas Sistem Isolasi Seismik

RBKB di atas sistem isolasi harus memenuhi persyaratan di pasal ini dan Pasal F1, tidak termasuk Pasal F1.4a.

7a. Persyaratan Sistem

Balok dalam rangka terbreis tipe V dan tipe V terbalik harus menerus di antara kolom-kolom.

7b. Komponen Struktur

Breis harus memiliki rasio kelangsingan, $L_c/r \leq 4 \sqrt{E/F_y}$.

F2. RANGKA TERBREIS KONSENTRIS KHUSUS (RBKK)

1. Ruang Lingkup

Rangka terbreis konsentris khusus (RBKK) dari baja struktural harus didesain menurut pasal ini. Balok-balok kolektor yang menghubungkan breis-breis RBKK harus dianggap bagian dari RBKK.

2. Dasar Desain

Pasal ini berlaku untuk rangka terbreis yang terdiri dari komponen struktur yang disambung secara konsentris. Eksentrisitas yang kurang dari tinggi balok diperbolehkan jika resultan gaya-gaya komponen struktur dan sambungan diperhitungkan dalam desain dan tidak mengubah sumber yang terekspektasi dari kapasitas deformasi inelastis.

RBKK yang didesain menurut ketentuan ini diharapkan memberi kapasitas deformasi inelastis signifikan terutama melalui tekuk breis dan pelelehan breis dalam kondisi tarik.

3. Analisis

Kekuatan perlu kolom, balok, strat dan sambungan dalam RBKK harus ditentukan menggunakan efek beban seismik yang dibatasi kapasitas. Efek beban seismik horizontal yang dibatasi kapasitas, E_{cl} , harus diambil sebagai gaya terbesar yang ditentukan dari analisis-analisis berikut:

- (a) Suatu analisis di mana semua breis diasumsikan menahan gaya-gaya yang berhubungan dengan kekuatan terekspektasi dalam kondisi tekan atau dalam kondisi tarik.
- (b) Suatu analisis di mana semua breis dalam kondisi tarik diasumsikan untuk menahan gaya-gaya yang berhubungan dengan kekuatan terekspektasinya dan semua semua breis dalam kondisi tekan diasumsikan untuk menahan kekuatan pasca-tekek terekspektasi.
- (c) Untuk rangka terbreis bertingkat-banyak, analisis-analisis yang mewakili pelelehan dan tekuk progresif breis-breis dari yang tingkat terlemah sampai tingkat terkuat. Analisis-analisis tersebut harus memperhitungkan kedua arah pembebanan rangka.

Breis-breis harus ditentukan dalam kondisi tekan atau tarik dengan mengabaikan efek beban-beban gravitas. Analisis harus memperhitungkan kedua arah pembebanan rangka.

Kekuatan tarik breis terekspektasi adalah $R_y F_y A_g$, dengan A_g adalah luas penampang bruto, in. (mm²)

Kekuatan breis terekspektasi dalam kondisi tekan boleh diambil sebagai nilai terkecil antara $R_y F_y A_g$ dan $(1/0,877) F_{cre} A_g$, dengan F_{cre} ditentukan dari *Spesifikasi* Bab E menggunakan persamaan untuk F_{cr} , kecuali bahwa tegangan leleh terekspektasi, $R_y F_y$, digunakan sebagai pengganti F_y . Panjang breis yang digunakan untuk penentuan F_{cre} tidak boleh melampaui jarak dari ujung breis ke ujung breis.

Kekuatan breis pasca-tekek terekspektasi harus diambil maksimum sebesar 0,3 kali kekuatan breis terekspektasi dalam kondisi tekan.

Catatan Pengguna: Breis dengan rasio kelangsingan 200 (nilai maksimum yang diizinkan oleh Pasal F2.5b) tertekuk secara elastis untuk material-material yang diizinkan; nilai $0,3F_{cr}$ untuk breis tersebut adalah 2,1 ksi (14 MPa). Nilai ini boleh digunakan dalam Pasal F2.3(b) untuk breis dengan berbagai kelangsingan dan akan diperoleh estimasi bebas terhadap kekuatan perlu komponen struktur yang merangka.

Pengecualian:

- (a) Gaya-gaya lentur yang dihasilkan dari drift antar tingkat seismik boleh diabaikan dalam penentuan ini.
- (b) Kekuatan perlu kolom tidak perlu melampaui nilai terkecil berikut ini:
 - (1) Gaya-gaya yang berhubungan dengan ketahanan fondasi terhadap gaya angkat guling
 - (2) Gaya-gaya ditentukan dari analisis nonlinier seperti dijelaskan dalam Pasal C3.

(c) Kekuatan perlu sambungan pembreisan harus sesuai dengan Pasal F2.6c.

4. Persyaratan Sistem

4a. Distribusi Gaya Lateral

Pada setiap baris breis, breis harus disebar pada arah berselang-seling, sehingga kedua arah gaya sejajar dengan breis, paling sedikit 30% tetapi tidak lebih dari 70% dari gaya horizontal total sepanjang baris tersebut ditahan oleh breis dalam kondisi tarik, kecuali kekuatan tersedia setiap breis dalam kondisi tekan lebih besar dari kekuatan perlu yang dihasilkan dari beban seismik kekuatan lebih. Maksud dari ketentuan ini, baris breis ditentukan sebagai baris tunggal atau baris-baris sejajar dengan pergeseran denah sebesar 10% atau kurang dari dimensi bangunan gedung yang tegak lurus terhadap baris breis.

Jika breis-breis diagonal yang berlawanan sepanjang garis rangka tidak berada di bentang yang sama, kekuatan perlu diafragma, kolektor, dan elemen-elemen sistem yang merangka horizontal harus ditentukan sehingga gaya-gaya yang dihasilkan dari perilaku pasca-tebuk menggunakan persyaratan analisis dari Pasal F2.3 dapat disalurkan antara bentang-bentang yang terbreis. Kekuatan perlu kolektor tidak perlu melebihi kekuatan perlu yang ditentukan oleh kombinasi beban dari standar bangunan gedung yang berlaku, termasuk beban seismik kekuatan lebih, yang diterapkan pada model bangunan gedung di mana semua breis tekan telah dihilangkan. Kekuatan perlu kolektor harus berdasarkan pada beban yang kurang dari yang ditetapkan oleh standar bangunan gedung yang berlaku.

4b. Rangka Terbreis V dan Rangka Terbreis V Terbalik

Balok yang berpotongan dengan breis di luar sambungan balok ke kolom harus memenuhi persyaratan berikut:

- (a) Balok-balok harus menerus antar kolom.
- (b) Balok-balok harus terbreis agar memenuhi persyaratan untuk komponen struktur daktail sedang dalam Pasal D1.2a.

Sedikitnya, satu set breis lateral diperlukan pada titik perpotongan rangka terbreis tipe V (atau tipe V terbalik), kecuali jika balok mempunyai kekuatan dan kekakuan keluar bidang yang cukup untuk memastikan stabilitas antara titik-titik breis yang berdekatan.

Catatan Pengguna: Salah satu metode untuk membuktikan kekuatan dan kekakuan keluar bidang yang mencukupi dari balok adalah dengan menerapkan gaya pembreisan yang ditentukan dalam Persamaan A-6-7 Lampiran 6 *Spesifikasi* untuk setiap sayap sehingga membentuk suatu kopel torsi; pembebanan ini harus bersama-sama dengan gaya lentur yang ditentukan dari analisis yang disyaratkan Pasal F2.3. Kekakuan balok (dan pengekang-pengekangnya) berkenaan dengan beban torsi ini harus mencukupi untuk memenuhi Persamaan A-6-8 *Spesifikasi* tersebut.

4c. Rangka Terbreis K

Rangka terbreis tipe K tidak boleh digunakan untuk RBKK.

4d. Rangka Tarik Saja

Rangka tarik saja tidak boleh digunakan untuk RBKK.

Catatan Pengguna: Rangka terbreis tarik saja adalah yang ketahanan tekan breisnya diabaikan dalam desain dan breis didesain untuk gaya tarik saja.

4e. Rangka Terbreis Bertingkat-Banyak

Rangka terbreis konsentris khusus boleh dikonfigurasi sebagai rangka terbreis bertingkat banyak (RBKK-BB) jika persyaratan berikut dipenuhi.

- (a) Breis harus digunakan dalam pasangan-pasangan yang berlawanan di setiap tinggi tingkat.
- (b) Strat harus memenuhi persyaratan berikut:
 - (1) Strat-strat horizontal harus disediakan di setiap tinggi tingkat
 - (2) Strat-strat yang terpotong oleh breis-breis di luar dari sambungan strat ke kolom harus memenuhi persyaratan Pasal F2.4b. Jika tekuk breis terjadi keluar bidang, momen torsi yang terjadi dari tekuk breis harus diperhitungkan ketika memverifikasi pembreisan lateral atau persyaratan kekuatan dan kekakuan keluar bidang minimum. Momen torsi harus berhubungan dengan $1,1R_yM_p/\alpha_s$ breis terhadap sumbu tekuk kritis, tetapi tidak perlu melebihi gaya-gaya yang berhubungan dengan kekuatan lentur sambungan breis, dengan M_p adalah momen lentur plastis, kip-in. (N-mm), dan α_s = faktor penyesuaian tingkat beban DFBT-DKI = 1,0 untuk DFBT dan 1,5 untuk DKI.
- (c) Kolom harus memenuhi persyaratan berikut:
 - (1) Kolom-kolom harus terbreis torsional pada setiap lokasi sambungan strat ke kolom.

Catatan Pengguna: Persyaratan untuk pembreisan torsional secara tipikal dipenuhi dengan menghubungkan strat ke kolom untuk mengekang pergerakan torsional kolom. Strat tersebut harus memiliki kekuatan dan kekakuan lentur yang mencukupi dan sambungan ke kolom yang memadai agar dapat berfungsi seperti itu.
 - (2) Kolom-kolom harus memiliki kekuatan yang mencukupi untuk menahan gaya-gaya yang muncul dari tekuk breis. Gaya-gaya tersebut harus berhubungan dengan $1,1R_yM_p/\alpha_s$ breis terhadap sumbu tekuk kritis, tetapi tidak perlu melebihi gaya-gaya yang berhubungan dengan ketahanan lentur sambungan-sambungan breis.
 - (3) Untuk semua kombinasi beban, kolom-kolom yang mengalami gaya aksial tekan harus didesain untuk menahan momen lentur akibat efek orde-kedua dan ketidaksempurnaan geometris. Sedikitnya, efek ketidaksempurnaan boleh diwakili oleh beban nosional horizontal keluar bidang yang diterapkan di setiap tinggi tingkat dan sebesar 0,006 kali beban vertikal yang dikontribusikan oleh breis tekan yang berpotongan dengan kolom di setiap tinggi tingkat. Untuk semua kasus, pengali B_1 , seperti dijelaskan dalam *Spesifikasi* Lampiran 8, tidak perlu melebihi 2,0.
- (d) Setiap tingkat dalam rangka terbreis bertingkat-banyak harus dibatasi drift antar tingkat sesuai standar bangunan gedung yang berlaku, tetapi drift antar tingkat tersebut tidak boleh melebihi 2% tinggi tingkat.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Kolom, balok dan breis harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail tinggi. Strat dalam RBKK-BB harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail sedang.

5b. Breis Diagonal

Breis-breis harus memenuhi persyaratan berikut:

- (a) Kelangsingan: Breis harus memiliki rasio kelangsingan $L_c/r \leq 200$,

dengan

$$\begin{aligned} L_c &= \text{panjang efektif breis} = KL, \text{ in. (mm)} \\ r &= \text{radius girasi yang menentukan, in. (mm)} \end{aligned}$$

- (b) Breis tersusun: Jarak antar konektor harus sedemikian sehingga rasio kelangsingan, a/r_i , elemen individual antar konektor tidak melampaui 0,4 kali rasio kelangsingan yang menentukan dari komponen struktur tersusun.

dengan

$$\begin{aligned} a &= \text{jarak antar konektor, in. (mm)} \\ r_i &= \text{radius girasi minimum komponen individual, in. (mm)} \end{aligned}$$

Jumlah kekuatan geser konektor yang tersedia harus sama atau melebihi kekuatan tarik setiap elemen yang tersedia. Spasi konektor harus seragam. Sedikitnya dua konektor harus digunakan dalam komponen struktur tersusun. Konektor tidak boleh ditempatkan di dalam seperempat panjang breis bersih yang berada di tengah.

Pengecualian: Bila tekuk breis terhadap sumbu tekuk kritisnya tidak menyebabkan geser pada konektor, desain konektor tidak perlu memenuhi ketentuan ini.

- (c) Luas neto efektif breis tidak boleh lebih kecil dari luas bruto breis. Bila penguat pada breis digunakan, persyaratan berikut berlaku:
- (1) Kekuatan leleh minimum terspesifikasi penguat harus paling sedikit sebesar kekuatan leleh minimum terspesifikasi breis.
 - (2) Sambungan-sambungan penguat ke breis harus memiliki kekuatan yang cukup untuk mengembangkan kekuatan penguat terekspektasi pada setiap sisi dari penampang yang direduksi.

5c. Zona Terlindung

Zona terlindung RBKK harus memenuhi Pasal D1.3 dan harus mencakup hal-hal berikut:

- (a) Untuk breis, seperempat panjang breis yang berada di tengah dan zona yang berdekatan dengan setiap sambungan sepanjang tinggi breis pada bidang tekuk.
- (b) Elemen-elemen yang menghubungkan breis ke balok dan kolom.

6. Sambungan

6a. Las Kritis Perlu

Las-las yang berikut adalah las-las kritis perlu, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (a) Las-las gruv pada splais kolom
- (b) Las-las pada sambungan kolom ke pelat dasar

Pengecualian: Suatu las tidak perlu dipertimbangkan sebagai kritis perlu jika semua kondisi berikut dipenuhi.

- (1) Pembentukan sendi plastis kolom yang berada di, atau dekat dengan, pelat dasar kolom tidak dimungkinkan oleh kondisi kekangan
- (2) Tidak terdapat tegangan tarik neto akibat kombinasi beban termasuk beban seismik kekuatan lebih
- (c) Las-las pada sambungan balok ke kolom sesuai dengan Pasal F2.6b(c)

6b. Sambungan Balok ke Kolom

Bila breis atau pelat buhul menyambung ke semua komponen struktur pada sambungan balok ke kolom, sambungan harus sesuai dengan salah satu dari yang berikut:

- (a) Rakitan sambungan harus sambungan sederhana yang memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Pasal B3.4a, di mana rotasi yang diperlukan ditetapkan sebesar 0,025 rad; atau
- (b) Rakitan sambungan harus didesain untuk menahan momen sebesar yang terkecil dari berikut ini:
 - (1) Momen yang berhubungan dengan kekuatan lentur balok terekspektasi, $R_y M_p$, dikalikan dengan 1,1 dan dibagi dengan α_s .
 - (2) Momen yang berhubungan dengan jumlah dari kekuatan lentur kolom terekspektasi, $\sum(R_y F_y Z)$, dikalikan dengan 1,1 dan dibagi dengan α_s .

Momen ini harus diperhitungkan dalam kombinasi dengan kekuatan perlu dari sambungan breis dan sambungan balok, termasuk gaya-gaya kolektor diafragma yang ditentukan menggunakan beban seismik kekuatan lebih.

- (c) Sambungan balok ke kolom harus memenuhi persyaratan Pasal E1.6b(c).

6c. Sambungan Breis

Kekuatan perlu sambungan breis dalam kondisi tarik, tekan dan lentur (termasuk sambungan balok ke kolom jika merupakan bagian dari sistem rangka terbreis) harus ditentukan seperti yang disyaratkan berikut ini. Kekuatan perlu ini boleh diperhitungkan secara independen tanpa interaksi.

1. Kekuatan Tarik Perlu

Kekuatan tarik perlu harus yang terkecil dari berikut ini:

- (a) Kekuatan leleh terekspektasi breis dalam kondisi tarik, ditentukan sebagai $R_y F_y A_g$, dibagi dengan α_s .

Pengecualian: Breis tidak perlu memenuhi persyaratan *Spesifikasi Persamaan J4-1 dan J4-2* untuk pembebanan ini.

Catatan Pengguna: Pengecualian ini diterapkan untuk breis-breis jika penampang direduksi atau jika penampang bersih direduksi secara efektif akibat *shear lag*. Kasus tipikal adalah breis PSR dengan lubang slot pada sambungan pelat buhul. Pasal F2.5b mensyaratkan breis dengan lubang-lubang standar atau slot harus diperkuat agar luas neto efektif melebihi luas bruto.

Kekuatan breis yang digunakan untuk memeriksa kondisi batas sambungan, seperti blok geser breis, dapat ditentukan dengan menggunakan properti material terekspektasi seperti diizinkan oleh Pasal A3.2.

- (b) Efek beban maksimum, yang ditunjukkan oleh analisis, yang dapat disalurkan ke breis melalui sistem.

Apabila digunakan lubang ukuran berlebih, kekuatan perlu untuk kondisi batas slip baut tidak perlu melebihi efek beban seismik yang ditentukan menggunakan beban-beban seismik kekuatan lebih.

Catatan Pengguna: Untuk kondisi batas pembebanan lainnya, beban-baban dalam (a) dan (b) berlaku.

2. Kekuatan Tekan Perlu

Sambungan breis harus didesain untuk kekuatan tekan perlu, berdasarkan kondisi batas tekuk, sebesar kekuatan breis terekspektasi dalam kondisi tekan dibagi dengan α_s , dengan kekuatan breis terekspektasi dalam kondisi tekan dijelaskan dalam Pasal F2.3.

3. Pengakomodasian Tekuk Breis

Sambungan-sambungan breis harus didesain untuk menahan gaya atau rotasi lentur yang muncul akibat tekuk breis. Sambungan-sambungan yang memenuhi salah satu ketentuan berikut dianggap memenuhi persyaratan tersebut:

- (a) Kekuatan Lentur Perlu: Sambungan-sambungan breis yang dirancang untuk menahan gaya lentur yang muncul akibat tekuk breis harus memiliki kekuatan perlu sebesar kekuatan lentur breis terekspektasi dikalikan dengan 1,1 dan dibagi dengan α_s . Kekuatan lentur breis terekspektasi harus ditentukan sebagai $R_y M_p$ breis terhadap sumbu tekuk kritis.
- (b) Kapasitas Rotasi: Sambungan-sambungan breis yang didesain untuk menahan rotasi yang muncul akibat tekuk breis harus memiliki kapasitas rotasi yang cukup untuk mengakomodasi rotasi yang diperlukan pada drift antar tingkat desain pada tingkat tersebut. Rotasi inelastis sambungan diperbolehkan.

Catatan Pengguna: Pengakomodasian rotasi inelastis secara tipikal dicapai dengan cara menghentikan pelat buhul tunggal dengan breis sebelum baris pengekangan. Persyaratan pendetailan untuk sambungan tersebut, dijelaskan dalam Penjelasan.

4. Pelat Buhul

Untuk tekuk breis keluar bidang, las-las yang menyambungkan pelat buhul ke sayap balok atau sayap kolom secara langsung harus memiliki kekuatan geser tersedia sebesar $0,6R_yF_yt_p/\alpha_s$ dikalikan dengan panjang joint.

dengan

- F_y = tegangan leleh minimum terspesifikasi pelat buhul, ksi. (MPa)
- R_y = rasio tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum terspesifikasi pelat buhul, R_y
- t_p = ketebalan pelat buhul, in. (mm)

Pengecualian: Sebagai alternatif, las-las tersebut boleh didesain untuk memiliki kekuatan tersedia untuk menahan gaya-gaya tepi pelat buhul yang berhubungan dengan gaya breis menurut Pasal F2.6c.2 yang dikombinasikan dengan kekuatan lentur sumbu lemah pelat buhul yang ditentukan dalam keberadaan gaya-gaya tersebut.

Catatan Pengguna: Kekuatan geser terekspektasi pelat buhul boleh dikembangkan menggunakan las-las filet dua-sisi dengan ukuran kaki sebesar $0,74t_p$ untuk pelat Grade 50 ASTM A572 dan $0,62t_p$ untuk pelat ASTM A36 dan elektroda E70. Las-las yang lebih kecil diperbolehkan menggunakan pengecualian.

6d. Splais Kolom

Splais kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D2.5. Apabila las gruv digunakan untuk membuat splais, maka las tersebut harus berupa las gruv penetrasi joint komplet. Splais kolom harus didesain untuk mengembangkan paling sedikit 50% dari yang terkecil antara kekuatan lentur plastis, M_p , komponen struktur yang disambung dibagi dengan α_s .

Kekuatan geser perlu harus $(\sum M_p/\alpha_s)/H_c$

dengan

- H_c = tinggi bersih kolom antar sambungan-sambungan balok, termasuk slab struktural, jika ada, in. (mm)
- $\sum M_p$ = jumlah kekuatan lentur plastis, F_yZ , ujung atas dan bawah kolom, kip-in. (N-mm)

F3. RANGKA TERBREIS EKSENTRIS (RBE)

1. Ruang Lingkup

Rangka Terbreis Eksentris (RBE) dari baja struktural harus didesain menurut pasal ini.

2. Dasar Desain

Pasal ini berlaku untuk rangka terbreis di mana salah satu ujung setiap breis berpotongan dengan balok pada suatu eksentrisitas dari perpotongannya dengan garis

sumbu balok terhadap suatu breis atau kolom yang berdekatan, membentuk suatu elemen perangkai yang mengalami gaya geser dan lentur. Eksentrisitas yang lebih kecil dari tinggi balok diizinkan dalam sambungan breis sepanjang di luar elemen perangkai jika gaya-gaya komponen struktur dan sambungan yang dihasilkan diperhitungkan dalam desain dan tidak mengubah sumber kapasitas deformasi inelastis terekspektasi.

RBE yang didesain menurut ketentuan ini diharapkan dapat menyediakan kapasitas deformasi inelastis signifikan terutama melalui pelelehan geser atau lentur dalam elemen perangkai.

Bila elemen perangkai disambungkan secara langsung ke kolom, desain sambungan tersebut ke kolom harus menyediakan kinerja yang disyaratkan oleh Pasal F3.6e.1 dan membuktikan kesesuaian dengan yang disyaratkan oleh Pasal F3.6e.2.

3. Analisis

Kekuatan perlu breis-breis diagonal dan sambungan-sambungannya, balok-balok di luar elemen perangkai, dan kolom-kolom harus ditentukan menggunakan efek beban seismik yang dibatasi kapasitas. Efek beban seismik horizontal yang dibatasi kapasitas, E_{cl} , harus diambil sebagai gaya-gaya yang dikembangkan dalam komponen struktur dengan mengasumsikan gaya-gaya pada ujung-ujung elemen perangkai berhubungan dengan kekuatan geser elemen perangkai yang disesuaikan. Kekuatan geser elemen perangkai yang disesuaikan harus diambil sebesar R_y kali kekuatan geser nominal elemen perangkai, V_n , yang diberikan dalam Pasal F3.5b.2 dikalikan dengan 1,25 untuk elemen perangkai profil I dan 1,4 untuk elemen perangkai kotak.

Pengecualian:

- (a) Efek gaya-gaya horizontal yang dibatasi kapasitas, E_{cl} , boleh diambil sebesar 0,88 kali gaya-gaya yang ditentukan di pasal ini untuk desain bagian-bagian dari balok-balok di luar elemen perangkai
- (b) Gaya-gaya lentur yang dihasilkan dari drift seismik dalam penentuan ini boleh diabaikan. Momen yang dihasilkan dari suatu beban yang diterapkan pada kolom antara titik-titik sokongan lateral harus diperhitungkan.
- (c) Kekuatan perlu kolom tidak perlu melebihi nilai terkecil dari yang berikut ini:
 - (1) Gaya-gaya yang berhubungan dengan ketahanan fondasi terhadap gaya angkat guling
 - (2) Gaya-gaya yang ditentukan dari analisis nonlinier sebagaimana dijelaskan dalam Pasal C3.

Sudut rotasi elemen perangkai inelastis harus ditentukan dari bagian inelastis drift antar tingkat desain. Sebagai alternatif, sudut rotasi elemen perangkai inelastis boleh ditentukan dari analisis nonlinier seperti dijelaskan dalam Pasal C3.

Catatan Pengguna: Efek beban seismik, E , yang digunakan dalam desain komponen struktur RBE, misalnya kekuatan aksial perlu yang digunakan dalam persamaan-persamaan dalam Pasal F3.5, harus dihitung dari analisis dalam pasal ini..

4. Persyaratan Sistem

4a. Sudut Rotasi Elemen Perangkai

Sudut rotasi elemen perangkai adalah sudut inelastis antara elemen perangkai dan balok di luar elemen perangkai bila total drift antar tingkat sama dengan drift antar tingkat desain, Δ . Sudut rotasi elemen perangkai tidak boleh melebihi nilai-nilai berikut ini:

- (a) Untuk elemen perangkai dengan panjang $1,6M_p/V_p$ atau lebih kecil: 0,08 rad
- (b) Untuk elemen perangkai dengan panjang $2,6M_p/V_p$ atau lebih besar: 0,02 rad

dengan

$$M_p = \text{momen lentur plastis elemen perangkai, kip-in. (N-mm)}$$

$$V_p = \text{kekuatan geser plastis elemen perangkai, kips (N)}$$

Interpolasi linier antara nilai-nilai di atas harus digunakan untuk elemen perangkai dengan panjang di antara $1,6M_p/V_p$ dan $2,6M_p/V_p$.

4b. Pembreisan Elemen Perangkai

Pembreisan harus disediakan pada sayap atas dan sayap bawah elemen perangkai di ujung-ujung elemen perangkai untuk profil I. Pembreisan harus memiliki kekuatan dan kekakuan tersedia seperti disyaratkan untuk lokasi sendi plastis terekspektasi oleh Pasal D1.2c.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Komponen struktur breis harus memenuhi batasan-batasan ketebalan terhadap lebar dalam Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail sedang.

Komponen struktur kolom harus memenuhi batasan-batasan ketebalan terhadap lebar dalam Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail tinggi.

Apabila penampang balok di luar elemen perangkai berbeda dari penampang elemen perangkai, balok tersebut harus memenuhi batasan-batasan ketebalan terhadap lebar dalam Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail sedang.

Catatan Pengguna: Breis diagonal dan segmen balok di luar elemen perangkai, dimaksudkan untuk tetap benar-benar elastis akibat gaya-gaya yang dihasilkan oleh elemen perangkai yang mengalami leleh dan pengerasan regangan secara penuh. Breis diagonal dan segmen balok di luar elemen perangkai secara tipikal mengalami kombinasi gaya aksial dan momen lentur yang besar, dan oleh karena itu harus diperlakukan sebagai balok-kolom dalam desain, dengan kekuatan tersedia ditentukan oleh Bab H *Spesifikasi*.

Bila balok di luar elemen perangkai adalah komponen struktur yang sama dengan elemen perangkai, kekuatannya dapat ditentukan dengan menggunakan properti material terekspektasi seperti diizinkan Pasal A3.2.

5b. Elemen Perangkai

Elemen perangkai yang mengalami gaya geser dan lentur akibat eksentrisitas antar perpotongan-perpotongan sumbu pembreisan dan sumbu balok (atau antara perpotongan-perpotongan sumbu breis dengan sumbu balok dan sumbu kolom untuk

elemen perangkai yang menempel ke kolom) harus disediakan. Panjang elemen perangkai harus dihitung dari sambungan breis ke sambungan breis untuk elemen-elemen perangkai tengah dan dari sambungan breis ke muka kolom untuk sambungan elemen perangkai ke kolom kecuali jika diizinkan oleh Pasal F3.6e.

1. Pembatasan

Elemen perangkai harus berupa profil I (profil sayap lebar gilas atau profil tersusun) atau profil kotak tersusun. Profil PSR tidak boleh digunakan sebagai elemen perangkai.

Elemen perangkai harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail tinggi.

Pengecualian: Sayap-sayap elemen perangkai dengan profil I dengan panjang elemen perangkai, $e \leq 1,6M_p/V_p$, diizinkan untuk memenuhi persyaratan untuk komponen struktur daktail sedang. Badan-badan elemen perangkai dengan profil kotak dengan panjang elemen perangkai, $e \leq 1,6M_p/V_p$, diizinkan untuk memenuhi persyaratan untuk komponen struktur daktail sedang.

Badan atau badan-badan elemen perangkai harus mempunyai ketebalan tunggal. Penetrasi perkuatan pelat pengganda dan badan tidak diizinkan.

Untuk elemen perangkai yang terbuat dari profil tersusun, las gruv penetrasi joint komplet harus digunakan untuk menghubungkan badan (atau badan-badan) ke sayap-sayap.

Elemen perangkai profil kotak tersusun harus memiliki momen inersia, I_y , terhadap sumbu pada bidang RBE yang dibatasi untuk $I_y > I_x$, dengan I_x adalah momen inersia terhadap sumbu yang tegak lurus terhadap bidang RBE.

2. Kekuatan Geser

Kekuatan geser desain elemen perangkai, $\phi_v V_n$, dan kekuatan geser izin elemen perangkai, V_n/Ω_v , harus diambil dari nilai terendah yang diperoleh menurut kondisi batas dari pelelehan geser dalam badan dan pelelehan lentur dalam penampang bruto. Untuk kedua kondisi batas:

$$\phi = 1,00 \text{ (DFBT)} \quad \Omega = 1,00 \text{ (DKI)}$$

(a) Untuk pelelehan geser:

$$V_n = V_p \tag{F3-1}$$

dengan

$$V_p = 0,6F_y A_{Iw} \text{ untuk } \alpha_s P_r/P_y \leq 0,15 \tag{F3-2}$$

$$V_p = 0,6F_y A_{Iw} \sqrt{1 - (\alpha_s P_r/P_y)^2} \text{ untuk } \alpha_s P_r/P_y > 0,15 \tag{F3-3}$$

$$A_{Iw} = (d - 2t_f)t_w \text{ untuk elemen perangkai profil I} \tag{F3-4}$$

$$A_{Iw} = 2(d - 2t_f)t_w \text{ untuk elemen perangkai profil kotak} \tag{F3-5}$$

$$P_r = P_u \text{ (DFBT) atau } P_a \text{ (DKI), yang sesuai}$$

$$P_u = \text{kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBT, kips (N)}$$

- P_a = kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DKI, kips (N)
- P_y = kekuatan leleh aksial = $F_y A_g$ (F3-6)
- d = tinggi total elemen perangkai, in. (mm)
- t_f = ketebalan sayap, in. (mm)
- t_w = ketebalan badan, in. (mm)

(b) Untuk pelelehan lentur:

$$V_n = 2M_p/E \quad (F3-7)$$

dengan

$$M_p = F_y Z \text{ untuk } \alpha_s P_r/P_y \leq 0,15 \quad (F3-8)$$

$$M_p = F_y Z \left(\frac{1 - \alpha_s P_r/P_y}{0,85} \right) \text{ untuk } \alpha_s P_r/P_y > 0,15 \quad (F3-9)$$

Z = modulus penampang plastis terhadap sumbu lentur, in.³ (mm³)

e = panjang elemen perangkai, didefinisikan sebagai jarak bersih antara ujung-ujung dari dua breis diagonal atau antara breis diagonal dan muka kolom, in. (mm)

3. Panjang Elemen Perangkai

Jika $\alpha_s P_r/P_y > 0,15$, panjang elemen perangkai harus dibatasi sebagai berikut:

Bila $\rho' \leq 0,5$

$$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p} \quad (F3-10)$$

Bila $\rho' > 0,5$

$$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p} (1,15 - 0,3\rho') \quad (F3-11)$$

dengan

$$\rho' = \frac{P_r/P_y}{P_u/P_y} \quad (F3-12)$$

V_r = V_u (DFBT) atau V_a (DKI), yang sesuai, kips (N)

V_u = kekuatan geser perlu menggunakan kombinasi beban DFBT, kips (N)

V_a = kekuatan geser perlu menggunakan kombinasi beban DKI, kips (N)

$$V_y = \text{kekuatan leleh geser, kips (N)} \\ = 0,6F_y A_{tw} \quad (F3-13)$$

Catatan Pengguna: Untuk elemen perangkai dengan gaya aksial rendah tidak ada batas atas untuk panjang elemen perangkai. Pembatasan-pembatasan sudut rotasi elemen perangkai dalam Pasal F3.4a secara praktis menghasilkan batas bawah pada panjang elemen perangkai.

4. Pengaku Elemen Perangkai untuk Penampang Profil I

Pengaku badan ketinggian penuh harus disediakan pada kedua sisi badan elemen perangkai di ujung-ujung breis diagonal dari elemen perangkai. Pengaku-pengaku

tersebut harus memiliki lebar kombinasi tidak kurang dari $(b_f - 2t_w)$ dan ketebalan tidak kurang dari nilai yang terbesar antara $0,75t_w$ atau $3/8$ in. (10 mm), dengan b_f dan t_w masing-masing adalah lebar sayap elemen perangkai dan ketebalan badan elemen perangkai.

Elemen perangkai harus disediakan dengan pengaku badan antara sebagai berikut:

- (a) Elemen perangkai dengan panjang $1,6M_p/V_p$ atau lebih kecil harus diberi pengaku-pengaku badan antara yang ditempatkan pada interval tidak melebihi $(30t_w - d/5)$ untuk sudut rotasi elemen perangkai 0,08 rad atau $(52t_w - d/5)$ untuk sudut rotasi elemen perangkai 0,02 rad atau lebih kecil. Interpolasi linear harus digunakan untuk nilai-nilai di antara 0,08 rad dan 0,02 rad.
- (b) Elemen perangkai dengan panjang lebih besar atau sama dengan $2,6M_p/V_p$ dan lebih kecil dari $5M_p/V_p$ harus diberi pengaku badan antara yang ditempatkan pada jarak 1,5 kali b_f dari setiap ujung dari elemen perangkai.
- (c) Elemen perangkai dengan panjang antara $1,6M_p/V_p$ dan $2,6M_p/V_p$ harus diberi pengaku badan antara yang memenuhi persyaratan (a) dan (b) di atas.

Pengaku badan antara tidak diperlukan dalam elemen perangkai dengan panjang lebih besar dari $5M_p/V_p$.

Pengaku badan antara harus memiliki tinggi penuh. Untuk elemen perangkai yang tingginya kurang dari 25 in. (630 mm), pengaku-pengaku harus dipasang hanya pada satu sisi badan elemen perangkai. Ketebalan pengaku satu-sisi tersebut tidak boleh kurang dari t_w atau $3/8$ in. (10 mm), yang terbesar, dan lebarnya tidak boleh kurang dari $(b_f/2) - t_w$. Untuk elemen perangkai dengan ketebalan 25 in. (630 mm) atau lebih besar, pengaku antara dengan ukuran-ukuran tersebut diperlukan pada kedua sisi badan.

Kekuatan perlu las filet yang menyambungkan pengaku elemen perangkai ke badan elemen perangkai harus sebesar $F_y A_{st}/\alpha_s$, dengan A_{st} adalah luas penampang horizontal pengaku elemen perangkai, dan F_y adalah tegangan leleh minimum terspesifikasi pengaku, dan α_s adalah faktor penyesuaian tingkat beban DFBT-DKI = 1,0 untuk DFBT dan 1,5 untuk DKI. Kekuatan perlu dari las filet yang menyambungkan pengaku ke sayap elemen perangkai adalah $F_y A_{st}/(4\alpha_s)$.

5. Pengaku Elemen Perangkai untuk Profil Kotak

Pengaku badan kedalaman penuh harus disediakan pada satu sisi setiap badan elemen perangkai pada sambungan breis diagonal. Pengaku-pengaku tersebut boleh dilas pada muka luar atau muka dalam badan elemen perangkai. Pengaku-pengaku tersebut harus masing-masing memiliki lebar tidak kurang dari $b/2$, dengan b adalah lebar di sisi dalam profil kotak. Pengaku-pengaku ini harus masing-masing memiliki ketebalan tidak kurang dari terbesar dari nilai terbesar antara $0,75t_w$ atau $1/2$ in. (13 mm).

Elemen perangkai kotak harus diberikan pengaku badan antara sebagai berikut:

- (a) Untuk elemen perangkai dengan panjang $1,6M_p/V_p$ atau lebih kecil, dan dengan rasio tinggi terhadap ketebalan badan, h/t_w , lebih besar dari atau sama dengan $0,67 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$, pengaku badan dengan ketinggian penuh harus disediakan pada satu sisi pada setiap badan elemen perangkai, ditempatkan pada interval yang tidak melebihi $20t_w - (d - 2t_f)/8$.
- (b) Untuk elemen perangkai dengan panjang $1,6M_p/V_p$ atau lebih kecil dan dengan rasio tinggi terhadap ketebalan badan, h/t_w kurang dari $0,67 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$, pengaku badan antara tidak diperlukan.
- (c) Untuk elemen perangkai dengan panjang lebih besar dari $1,6M_p/V_p$, pengaku badan antara tidak diperlukan.

Pengaku badan antara harus memiliki ketinggian penuh, dan boleh di las pada muka luar atau muka dalam badan elemen perangkai.

Kekuatan perlu dari las filet yang menyambungkan pengaku elemen perangkai ke badan elemen perangkai harus sebesar $F_y A_{st}/a_s$, dengan A_{st} adalah luas penampang horizontal pengaku elemen perangkai.

Catatan Pengguna: Pengaku elemen perangkai kotak tidak perlu dilas ke sayap elemen perangkai.

5c. Zona Terlindung

Elemen perangkai pada RBE adalah zona terlindung, dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3.

6. Sambungan

6a. Las Kritis Perlu

Las-las yang berikut ini adalah las-las kritis perlu, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (a) Las gruv pada splais kolom
- (b) Las pada sambungan kolom ke pelat dasar
Pengecualian: Las tidak perlu dianggap kritis perlu jika semua kondisi berikut dipenuhi:
 - (1) Pembentukan sendi plastis kolom yang berada di, atau dekat dengan, pelat dasar kolom tidak dimungkinkan oleh kondisi kekangan.
 - (2) Tidak terdapat tegangan tarik neto akibat kombinasi beban termasuk beban seismik kekuatan lebih.
- (c) Las pada sambungan balok ke kolom yang sesuai dengan Pasal F3.6b(c)
- (d) Jika elemen perangkai tersambung ke kolom, las yang menyambungkan sayap elemen perangkai dan badan elemen perangkai ke kolom.

- (e) Dalam balok profil tersusun, las di dalam elemen perangkai yang menyambungkan badan ke sayap

6b. Sambungan Balok ke Kolom

Apabila breis atau pelat buhul tersambung ke semua komponen struktur pada sambungan balok ke kolom, sambungan tersebut harus sesuai dengan salah satu dari yang berikut:

- (a) Rakitan sambungan harus sambungan sederhana yang memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Pasal B3.4a dengan rotasi yang diperlukan diambil sebesar 0,025 rad; atau
- (b) Rakitan sambungan didesain untuk menahan momen sebesar nilai terkecil dari yang berikut:

- (1) Momen yang berhubungan dengan kekuatan lentur balok terekspektasi, $R_y M_p$, dikalikan dengan 1,1 dan dibagi dengan α_s .

dengan

$$M_p = \text{momen lentur plastis, kip-in. (N-mm)}$$

- (2) Momen yang berhubungan dengan jumlah kekuatan lentur kolom terekspektasi $\sum(R_y F_y Z)$, dikalikan dengan 1,1 dan dibagi dengan α_s

dengan

$$F_y = \text{tegangannya leleh minimum terspesifikasi, ksi (MPa)}$$

$$Z = \text{modulus penampang plastis terhadap sumbu lentur, in.}^3 \text{ (mm}^3\text{)}$$

Momen tersebut harus diperhitungkan dalam kombinasi dengan kekuatan perlu sambungan breis dan sambungan balok, termasuk gaya kolektor diafragma yang ditentukan menggunakan beban seismik kekuatan lebih.

- (c) Sambungan balok ke kolom memenuhi persyaratan Pasal E1.6b(c).

6c. Sambungan Breis Diagonal

Apabila lubang ukuran berlebih digunakan, kekuatan perlu untuk kondisi batas slip baut tidak perlu melebihi efek beban seismik yang ditentukan menggunakan beban seismik kekuatan lebih.

Sambungan breis yang didesain untuk menahan bagian dari momen ujung elemen perangkai harus didesain sebagai terkekang penuh.

6d. Splais Kolom

Splais kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D2.5. Apabila las grav digunakan untuk membuat splais, las tersebut harus las grav penetrasi joint komplet. Splais kolom harus didesain untuk mengembangkan paling sedikit 50% dari momen lentur plastis, M_p , terkecil dari komponen-komponen struktur yang disambung, dibagi α_s .

Kekuatan geser perlu adalah $\sum M_p / (\alpha_s H_c)$,

dengan

$$H_c = \text{tinggi bersih kolom antara sambungan-sambungan balok, termasuk slab struktural, jika ada, in. (mm)}$$

$\sum M_p$ = jumlah kekuatan lentur plastis, $F_y Z$, di ujung atas dan ujung bawah kolom, kip-in. (N-mm)

6e. Sambungan Elemen Perangkai ke Kolom

1. Persyaratan

Sambungan elemen perangkai ke kolom harus merupakan sambungan momen terkekang penuh (KP) dan harus memenuhi persyaratan berikut:

- (a) Sambungan tersebut harus mampu menahan sudut rotasi elemen perangkai yang disyaratkan dalam Pasal F3.4a.
- (b) Ketahanan geser sambungan tersebut, diukur pada sudut rotasi elemen perangkai perlu, harus paling sedikit sama dengan kekuatan geser terekspektasi elemen perangkai, $R_y V_n$, dengan V_n ditentukan menurut Pasal F3.5b.2.
- (c) Ketahanan lentur sambungan tersebut, diukur pada sudut rotasi elemen perangkai perlu, harus paling sedikit sama dengan momen yang berhubungan dengan kekuatan geser nominal elemen perangkai, V_n , seperti ditentukan menurut Pasal F3.5b.2.

2. Pembuktian Kesesuaian

Sambungan-sambungan elemen perangkai ke kolom harus memenuhi persyaratan di atas dengan salah satu dari yang berikut:

- (a) Menggunakan sambungan terprakualifikasi untuk RBE menurut Pasal K1.

Catatan Pengguna: Tidak ada sambungan elemen perangkai ke kolom terprakualifikasi.

- (b) Menyediakan hasil uji siklik mengkualifikasi menurut Pasal K2. Hasil dari paling sedikit dari dua uji sambungan siklik harus disediakan dan diizinkan untuk mengikuti salah satu dari yang berikut:
 - (1) Pengujian yang dilaporkan dalam literatur penelitian atau pengujian terdokumentasi yang dilakukan untuk proyek-proyek lain yang mewakili kondisi proyek, berada dalam batas yang disyaratkan Pasal K2.
 - (2) Pengujian yang dilakukan secara khusus untuk proyek tersebut dan yang mewakili ukuran-ukuran komponen struktur, kekuatan material, konfigurasi sambungan, dan properti material sambungan yang sesuai dalam proyek tersebut, berada dalam batas yang disyaratkan Pasal K2.

Pengecualian: Pengujian siklik sambungan tersebut tidak diperlukan jika kondisi-kondisi berikut dipenuhi:

- (1) Perkuatan sambungan balok ke kolom pada ujung elemen perangkai mencegah pelelehan balok di sepanjang perkuatan.

- (2) Kekuatan tersedia penampang yang diperkuat dan sambungan sama atau melebihi kekuatan perlu yang dihitung berdasarkan kekuatan geser elemen perangkai yang disesuaikan seperti yang dijelaskan dalam Pasal F3.3.
- (3) Panjang elemen perangkai (diambil sebagai segmen balok dari ujung perkuatan ke sambungan *breis*) tidak melampaui $1,6M_p/V_p$.
- (4) Pengaku dengan ketinggian penuh seperti yang disyaratkan dalam Pasal F3.5b.4 ditempatkan pada bidang pertemuan elemen perangkai ke perkuatan.

F4. RANGKA TERBREIS TERKEKANG TEKUK (RBKT)

1. Ruang Lingkup

Rangka Terbreis Terkekang Tekuk (RBKT) baja struktural harus didesain menurut pasal ini.

2. Dasar Desain

Pasal ini berlaku untuk rangka-rangka dengan breis yang difabrikasi secara khusus disambungkan secara konsentris ke balok dan kolom. Eksentrisitas yang kurang dari ketinggian balok diizinkan jika resultan gaya-gaya komponen struktur dan sambungan diperhitungkan dalam desain dan tidak mengubah sumber kapasitas deformasi inelastis terekspektasi.

RBKT yang didesain menurut ketentuan ini diharapkan menyediakan kapasitas deformasi inelastis signifikan terutama melalui pelelehan breis dalam kondisi tarik dan tekan. Desain breis harus menyediakan kinerja sesuai yang disyaratkan oleh Pasal F4.5b.1 dan F4.5b.2, dan membuktikan kesesuaian tersebut seperti yang disyaratkan oleh Pasal F4.5b.3. Breis harus didesain, diuji, dan didetail untuk mengakomodasi deformasi terekspektasi. Deformasi terekspektasi adalah yang berhubungan dengan suatu drift antar tingkat paling sedikit 2% tinggi tingkat atau dua kali drift antar tingkat desain, pilih yang terbesar, selain deformasi breis yang dihasilkan dari deformasi rangka akibat beban gravitasi.

RBKT harus didesain sehingga deformasi inelastis akibat gempa desain terjadi terutama sebagai pelelehan breis dalam kondisi tarik dan tekan.

2a. Kekuatan Breis

Kekuatan breis yang disesuaikan harus ditetapkan berdasarkan pengujian seperti dijelaskan dalam pasal ini.

Bila disyaratkan oleh Ketentuan ini, sambungan breis dan komponen struktur yang berdampingan harus didesain untuk menahan gaya-gaya yang dihitung berdasarkan kekuatan breis yang disesuaikan.

Kekuatan tekan breis yang disesuaikan harus sebesar $\beta\omega R_y P_{ySC}$,

dengan

$$P_{ySC} = \text{kekuatan leleh aksial inti baja, ksi (MPa)}$$

$$\beta = \text{faktor penyesuaian kekuatan tekan}$$

SNI 7860:2020

ω = faktor penyesuaian pengerasan regangan

Kekuatan breis yang disesuaikan dalam kondisi tarik harus $\omega R_y P_{y_{sc}}$.

Pengecualian: Faktor R_y tidak perlu diterapkan jika $P_{y_{sc}}$ ditetapkan menggunakan tegangan leleh yang ditentukan dari uji kupon.

2b. Faktor Penyesuaian

Faktor-faktor penyesuaian harus ditentukan dengan cara berikut:

Faktor penyesuaian kekuatan tekan, β , harus dihitung sebagai rasio gaya tekan maksimum terhadap gaya tarik maksimum dari spesimen uji yang diukur dari uji kualifikasi yang disyaratkan dalam Pasal K3.4c pada regangan-regangan yang berhubungan dengan deformasi terekspektasi. Nilai terbesar β dari kedua uji kualifikasi breis perlu tersebut harus digunakan. Nilai β tidak boleh lebih kecil dari 1,0.

Faktor penyesuai pengerasan regangan, ω , harus dihitung sebagai rasio gaya tarik maksimum yang diukur dari uji kualifikasi yang disyaratkan Pasal K3.4c pada regangan yang berhubungan dengan deformasi terekspektasi terhadap gaya leleh yang terukur, $P_{y_{sc}}$, dari spesimen uji. Nilai terbesar ω dari kedua uji kualifikasi perlu tersebut harus digunakan. Bila material inti baja dalam specimen uji rakitan sebagaimana disyaratkan dalam Pasal K3.2, tidak cocok dengan prototipe tersebut, ω harus berdasarkan uji kupon dari material prototipe.

2c. Deformasi Breis

Deformasi breis terekspektasi harus ditentukan dari drift antar tingkat menurut Pasal F4.2. Sebagai alternatif, deformasi terekspektasi breis boleh ditentukan dari analisis nonlonier sesuai Pasal C3.

3. Analisis

Kekuatan perlu kolom, balok, strat dan sambungan dalam RBKT harus ditentukan menggunakan efek beban seismik yang dibatasi kapasitas. Efek beban seismik horizontal yang dibatasi kapasitas, E_{cl} , harus diambil sebagai gaya yang dikembangkan dalam komponen struktur dengan asumsi gaya-gaya dalam semua breis berhubungan dengan kekuatan breis yang disesuaikan dalam kondisi tekan atau dalam kondisi tarik.

Breis harus ditentukan dalam kondisi tekan atau tarik dengan mengabaikan efek beban gravitasi. Analisis harus memperhitungkan kedua arah pembebanan rangka.

Kekuatan tarik breis yang disesuaikan harus seperti yang dijelaskan dalam Pasal F4.2a.

Pengecualian:

- (a) Gaya-gaya lentur akibat drift antar lantai seismik boleh diabaikan dalam penentuan tersebut. Momen yang dihasilkan dari suatu beban yang diterapkan pada kolom antara titik-titik dari pengekang lateral, termasuk beban-beban dalam Pasal F4.4d, harus diperhitungkan.

- (b) Kekuatan perlu kolom tidak perlu melebihi yang terkecil dari yang berikut:
- (1) Gaya-gaya yang berhubungan dengan ketahanan pondasi terhadap gayang angkat guling. Persyaratan beban kolom dalam bidang dalam Pasal F4.4d harus diterapkan
 - (2) Gaya-gaya seperti yang ditentukan dari analisis nonlinear seperti yang dijelaskan dalam Pasal C3.

4. Persyaratan Sistem

4a. Rangka Terbreis V dan Terbreis V Terbalik

Rangka terbreis tipe V dan tipe V terbalik harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (a) Kekuatan perlu balok dan strat yang berpotongan dengan breis, sambungan-sambungannya, dan komponen struktur pendukung harus ditentukan berdasarkan kombinasi beban dari peraturan bangunan gedung yang berlaku dengan asumsi bahwa breis tidak menyediakan tumpuan untuk beban mati dan beban hidup. Untuk kombinasi beban yang mencakup efek gempa, efek gempa vertikal dan horizontal, E , pada balok harus ditentukan dari kekuatan breis yang disesuaikan dalam kondisi tarik dan tekan.
- (b) Balok dan strat harus menerus diantara kolom-kolom. Balok dan strat harus terbreis agar memenuhi persyaratan untuk komponen struktur daktail sedang dalam Pasal D1.2a.1.

Paling sedikit, satu set breis lateral diperlukan pada titik perpotongan breis tipe V (atau tipe V terbalik), kecuali balok dan strat tersebut memiliki kekuatan dan kekakuan keluar bidang yang cukup untuk memastikan stabilitas antara titik-titik breis yang bersebelahan.

Catatan Pengguna: Balok tersebut mempunyai kekuatan dan kekakuan keluar bidang yang cukup jika balok melentur dalam bidang horizontal memenuhi kekuatan breis perlu dan kekakuan breis perlu untuk pembreisan nodal kolom seperti dijelaskan dalam *Spesifikasi*. P_r boleh diambil sebagai kekuatan tekan perlu dari breis.

4b. Rangka Terbreis K

Rangka terbreis tipe K tidak boleh untuk RBKT.

4c. Distribusi Gaya Lateral

Jika faktor penyesuaian kekuatan tekan, β , yang ditentukan dalam Pasal F4.2b melebihi 1,3, distribusi gaya lateral harus memenuhi yang berikut:

Pada setiap baris breis, breis harus disebar pada arah berselang-seling, sehingga kedua arah gaya sejajar dengan breis, paling sedikit 30% tetapi tidak lebih dari 70% dari gaya horizontal total sepanjang baris tersebut ditahan oleh breis dalam kondisi tarik, kecuali kekuatan tersedia setiap breis dalam kondisi tekan lebih besar dari kekuatan perlu yang dihasilkan dari beban seismik kekuatan lebih. Maksud dari ketentuan ini, baris breis ditentukan sebagai baris tunggal atau baris-baris sejajar dengan pergeseran denah sebesar 10% atau kurang dari dimensi bangunan gedung yang tegak lurus terhadap baris breis.

4d. Rangka Terbreis Bertingkat-Banyak

Rangka terbreis terkekang tekuk boleh dikonfigurasi sebagai rangka terbreis bertingkat banyak (RBKT-BB) jika persyaratan berikut dipenuhi.

- (a) Efek gaya-gaya keluar bidang akibat massa struktur dan bagian yang disokong sebagaimana disyaratkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku harus dikombinasikan dengan gaya-gaya dari analisis menurut Pasal F4.3.
- (b) Strat harus disediakan di setiap lokasi sambungan breis ke kolom.
- (c) Kolom-kolom harus memenuhi persyaratan berikut:

(1) Kolom-kolom pada rangka terbreis bertingkat banyak harus didesain sebagai tertumpu sederhana untuk setinggi rangka di antara titik-titik tumpuan keluar-bidang dan memenuhi yang terbesar dari persyaratan dalam bidang di setiap tingkat berikut ini:

- (i) Beban-beban yang dihasilkan oleh penjumlahan gaya-gaya geser rangka dari kekuatan breis yang disesuaikan di antara tingkat-tingkat yang berdekatan dari analisis Pasal F4.3. Analisis harus memperhitungkan variasi dalam kekuatan inti yang diizinkan.

Catatan Pengguna: Menspesifikasikan BTT menggunakan kapasitas breis yang dibutuhkan, $P_{y_{sc}}$, daripada luas inti yang dibutuhkan direkomendasikan untuk rangka terbreis tekuk-terkekang bertingkat banyak untuk mengurangi efek variabilitas material dan diizinkan untuk desain kapasitas tingkat yang sama besar atau hampir sama besar.

- (ii) Beban nosional minimum sebesar 0,5% kali gaya geser rangka kekuatan breis yang disesuaikan pada tingkat yang berdekatan dengan kekuatan yang lebih tinggi. Beban nosional tersebut harus diterapkan untuk menghasilkan efek beban terbesar kolom.

(2) Kolom-kolom harus terbreis torsional pada setiap lokasi sambungan strat ke kolom.

Catatan Pengguna: Persyaratan untuk pembreisan torsional secara khusus terpenuhi dengan menyambungkan strat ke kolom untuk mengekang perpindahan torsional kolom tersebut. Strat harus memiliki kekuatan dan kekakuan lentur yang memadai dan memiliki sambungan ke kolom yang sesuai untuk menghasilkan fungsi tersebut.

- (d) Setiap tingkat dalam rangka terbreis bertingkat banyak harus memenuhi batasan-batasan drift antar tingkat menurut peraturan bangunan gedung yang berlaku, tetapi drift tersebut tidak melebihi 2% tinggi tingkat.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Komponen struktur balok dan kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail sedang.

5b. Breis Diagonal

1. Rakitan

Breis harus terdiri dari inti baja struktural dan sistem yang mengekang inti baja terhadap tekuk.

(a) Inti Baja

Pelat-pelat yang digunakan dalam inti baja yang tebalnya 2 in. (50 mm) atau lebih besar harus memenuhi persyaratan minimum keteguhan takik dalam Pasal A3.3.

Splais pada inti baja tidak diizinkan.

(b) Sistem Pengekang-Tekuk

Sistem pengekang tekuk harus terdiri dari selubung untuk inti baja. Dalam perhitungan stabilitas, balok, kolom, dan buhul yang menyambungkan inti baja tersebut harus diperhitungkan merupakan bagian-bagian dari sistem ini.

Sistem pengekang tekuk harus membatasi tekuk lokal dan tekuk keseluruhan dari inti baja untuk deformasi terekspektasi.

Catatan Pengguna: Kesesuaian terhadap ketentuan ini dibuktikan melalui hasil pengujian seperti dijelaskan dalam Pasal F4.5b.3.

2. Kekuatan Tersedia

Inti baja harus didesain untuk menahan semua gaya aksial pada breis.

Kekuatan aksial desain breis, $\phi P_{y_{sc}}$ (DFBT), dan kekuatan aksial izin breis, $P_{y_{sc}}/\Omega$ (DKI), dalam kondisi tarik dan tekan, sesuai dengan kondisi batas leleh, harus ditentukan sebagai berikut:

$$P_{y_{sc}} = F_{y_{sc}} A_{sc} \quad (F4-1)$$

$$\phi = 1,00 \text{ (DFBT)} \quad \Omega = 1,00 \text{ (DKI)}$$

dengan

A_{sc} = luas penampang segmen leleh inti baja, in.² (mm²)

$F_{y_{sc}}$ = tegangan leleh minimum terspesifikasi inti baja, atau tegangan leleh aktual inti baja yang ditentukan dari uji kupon, ksi (MPa)

Catatan Pengguna: Efek beban yang dihitung berdasarkan kekuatan breis yang disesuaikan tidak boleh berdasarkan beban seismik kekuatan lebih.

3. Pembuktian Kesesuaian

Desain breis harus berdasarkan hasil dari uji siklik kualifikasi menurut prosedur dan kriteria penerimaan Pasal K3. Hasil uji kualifikasi harus terdiri dari paling sedikit dua uji siklik yang berhasil: satu uji yang diperlukan adalah uji rakitan breis yang mencakup rotasi sambungan perlu yang memenuhi Pasal K3.2 dan uji lainnya adalah uji uniaksial atau uji rakitan yang sesuai dengan Pasal K3.3. Kedua tipe pengujian harus berdasarkan salah satu dari yang berikut:

- (a) Pengujian yang dilaporkan dalam penelitian atau pengujian yang didokumentasi dilakukan untuk proyek-proyek lainnya
- (b) Pengujian dilakukan secara khusus untuk proyek tersebut.

Interpolasi atau ekstrapolasi hasil uji untuk ukuran komponen struktur yang berbeda harus didukung oleh analisis rasional yang membuktikan distribusi tegangan dan besar regangan internal konsisten dengan atau tidak lebih buruk (*less severe*) daripada rakitan yang diuji dan yang memperhitungkan dampak yang merugikan dari variasi properti material. Ekstrapolasi hasil pengujian harus berdasarkan kombinasi yang serupa dengan ukuran inti baja dan sistem pengekang tekuk. Pengujian boleh dilakukan agar desain memenuhi syarat bila ketentuan Pasal K3 dipenuhi.

5c. Zona Terlindung

Zona terlindung harus mencakup inti baja dari breis dan elemen-elemen yang menyambungkan inti baja ke balok dan kolom, dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3.

6. Sambungan

6a. Las Kritis Perlu

Las-las yang berikut adalah las-las kritis perlu, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (a) Las-las gruv pada splais kolom
- (b) Las pada sambungan kolom ke pelat dasar
Pengecualian: Las tidak perlu dianggap kritis perlu jika semua kondisi berikut dipenuhi:
 - (1) Pembentukan sendi plastis kolom yang berada di, atau dekat dengan, pelat dasar kolom tidak dimungkinkan oleh kondisi kekangan.
 - (2) Tidak terdapat tegangan tarik neto akibat kombinasi beban termasuk beban seismik kekuatan lebih.
- (c) Las-las pada sambungan balok ke kolom yang sesuai dengan Pasal F4.6b(c)

6b. Sambungan Balok ke Kolom

Bila breis atau pelat buhul menyambung ke semua komponen struktur pada sambungan balok ke kolom, sambungan harus sesuai dengan salah satu dari yang berikut:

- (a) Rakitan sambungan harus sambungan sederhana yang memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Pasal B3.4a, dengan rotasi yang diperlukan ditetapkan sebesar 0,025 rad; atau
- (b) Rakitan sambungan harus didesain untuk menahan momen sebesar yang terkecil dari berikut ini:

- (1) Momen yang berhubungan dengan kekuatan lentur balok terekspektasi, $R_y M_p$, dikalikan dengan 1,1 dan dibagi dengan α_s , dengan
- $$M_p = \text{momen lentur plastis, kip-in. (N-mm)}$$
- (2) Momen yang berhubungan dengan jumlah dari kekuatan lentur kolom terekspektasi, $\Sigma(R_y F_y Z)$, dikalikan dengan 1,1 dan dibagi dengan α_s , dengan
- $$Z = \text{modulus penampang plastis terhadap sumbu lentur, in.}^3 \text{ (mm}^3\text{)}$$
- $$\alpha_s = \text{faktor penyesuaian level beban DFBT-DKI} = 1,0 \text{ untuk DFBT dan } 1,5 \text{ untuk DKI.}$$

Momen tersebut harus diperhitungkan dalam kombinasi dengan kekuatan perlu sambungan breis dan sambungan balok, termasuk gaya-gaya kolektor diafragma yang ditentukan menggunakan beban seismik kekuatan lebih.

- (c) Sambungan balok ke kolom harus memenuhi persyaratan Pasal E1.6b(c).

6c. Sambungan Breis Diagonal

1. Kekuatan Perlu

Kekuatan perlu dari sambungan breis dalam kondisi tarik dan tekan (termasuk sambungan kolom ke balok jika merupakan bagian dari sistem rangka terbreis) harus sebesar kekuatan breis yang disesuaikan dibagi dengan α_s , dengan kekuatan breis yang disesuaikan adalah seperti dijelaskan dalam Pasal F4.2a.

Apabila lubang ukuran berlebih digunakan, kekuatan perlu untuk kondisi batas slip baut tidak perlu melampaui P_{ySC}/α_s .

2. Persyaratan Pelat Buhul

Pembreisan lateral yang konsisten dengan yang digunakan dalam pengujian yang mendasari desain tersebut harus disediakan.

Catatan Pengguna: Ketentuan ini dapat dipenuhi dengan mendesain pelat buhul untuk gaya tegak lurus konsisten dengan gaya pembreisan transversal yang ditentukan dari pengujian, dengan menambahkan pengaku pada pelat tersebut untuk menahan gaya tersebut, atau dengan memberi breis pada pelat buhul. Bila uji pendukung tidak mencakup pembreisan transversal, maka pembreisan tersebut tidak diperlukan. Setiap pengikatan pembreisan pada inti baja harus disertakan dalam pengujian kualifikasi.

6d. Splais Kolom

Splais kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D2.5. Apabila las gruv digunakan untuk membuat splais, las tersebut harus las gruv penetrasi joint komplet. Splais kolom harus didesain untuk mengembangkan paling sedikit 50% dari momen lentur plastis, M_p , terkecil dari komponen-komponen struktur yang disambung, dibagi α_s .

Kekuatan geser perlu, V_r , harus dihitung sebagai berikut:

$$V_r = \frac{\Sigma M_p}{\alpha_s H_c} \quad (\text{F4-2})$$

dengan

H_c = tinggi bersih kolom antara sambungan-sambungan balok, termasuk slab struktural, jika ada, in. (mm)

$\sum M_p$ = jumlah kekuatan lentur plastis, $F_y Z$, di ujung atas dan ujung bawah kolom, kip-in. (N-mm)

F5. DINDING GESER PELAT KHUSUS (DGPK)

1. Ruang Lingkup

Dinding geser pelat khusus (DGPK) dari baja struktural harus didesain menurut pasal ini. Pasal ini berlaku untuk rangka-rangka dengan pelat badan baja yang disambung ke balok dan kolom.

2. Dasar Desain

DGPK yang didesain menurut ketentuan ini diharapkan menyediakan kapasitas deformasi inelastis yang signifikan terutama melalui pelelehan pelat badan dan pembentukan sendi plastis pada ujung-ujung dari elemen batas horizontal (EBH). Elemen pembatas vertikal (EBV) tidak diharapkan mengalami pelelehan dalam kondisi geser; EBV tidak diharapkan mengalami pelelehan lentur kecuali di dasar kolom.

3. Analisis

Badan-badan DGPK tidak boleh diperhitungkan sebagai penahan gaya gravitasi.

- (a) Suatu analisis yang sesuai dengan peraturan bangunan gedung yang berlaku harus dilakukan. Kekuatan perlu pelat badan harus 100% kekuatan geser perlu rangka dalam analisis tersebut. Kekuatan perlu rangka yang terdiri dari EBV dan EBH saja tidak boleh kurang dari 25% gaya geser rangka dari analisis tersebut.
- (b) Kekuatan perlu EBH, EBV, dan sambungan-sambungan pada DGPK harus ditentukan menggunakan efek beban yang dibatasi kapasitas. Efek beban yang dibatasi kapasitas, E_{cl} , harus ditentukan dari suatu analisis dengan semua badan diasumsikan menahan gaya-gaya yang berhubungan dengan kekuatan terekspektasinya dalam kondisi tarik pada suatu sudut, α , seperti ditentukan dalam Pasal F5.5b dan EBH menahan gaya-gaya lentur pada setiap ujung sebesar $1,1R_y M_p / \alpha_s$.

dengan

F_y = tegangan leleh minimum terspesifikasi, ksi (MPa)

M_p = momen lentur plastis, kip-in. (N-mm)

R_y = rasio tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh minimum terspesifikasi, F_y

α_s = faktor penyesuaian level gaya DFBT-DKI = 1,0 untuk DFBT dan 1.5 untuk DKI

Badan harus ditentukan dalam kondisi tarik dengan mengabaikan efek beban gravitasi.

Tegangan leleh badan terekspektasi harus diambil sebesar $R_y F_y$. Jika dinding berporforasi digunakan, tegangan tarik terekspektasi efektif adalah yang didefinisikan dalam Pasal F5.7a.4.

Pengecualian: Kekuatan perlu EBV tidak perlu melebihi gaya-gaya yang ditentukan dari analisis nonlinier seperti dijelaskan dalam Pasal C3.

Catatan Pengguna: Gaya geser pada Persamaan E1-1 harus diperhitungkan dalam analisis tersebut. Perancang harus menyadari bahwa dalam beberapa kasus gaya-gaya dari analisis dalam peraturan bangunan gedung yang berlaku akan menentukan desain EBH.

Catatan Pengguna: Gaya geser dalam balok dan kolom cenderung tinggi dan pelelehan geser harus dievaluasi.

4. Persyaratan Sistem

4a. Kekakuan Elemen Batas

Kekakuan elemen batas vertikal (EBV) dan elemen batas horizontal (EBH) harus sedemikian agar seluruh pelat badan mengalami pelelehan pada drift antar tingkat desain. EBV dan EBH yang sesuai dengan persyaratan berikut harus dianggap memenuhi persyaratan tersebut. EBV harus memiliki momen inersia terhadap sumbu tegak lurus bidang badan, I_c , tidak kurang dari $0,0031t_w h^4/L$. EBH harus memiliki momen inersia terhadap sumbu tegak lurus bidang badan, I_b tidak kurang dari $0,0031t_w L^4/h$ kali selisih ketebalan pelat badan yang di atas dan di bawah,

dengan

- L = jarak antara sumbu-sumbu EBV, in. (mm)
- h = jarak antara sumbu-sumbu EBH, in. (mm)
- t_w = tebal badan, in. (mm)

4b. Rasio Momen Sambungan EBH ke EBV

Ketentuan rasio momen dalam Pasal E3.4a harus dipenuhi untuk semua perpotongan EBH/EBV tanpa memperhitungkan efek-efek badan.

4c. Pembreisan

EBH harus terbreis agar memenuhi persyaratan untuk komponen struktur daktail sedang dalam Pasal D1.2a.

4d. Bukaan pada Badan

Bukaan pada badan harus diikat pada semua sisi oleh elemen batas menengah melebihi lebar dan tinggi penuh panel, kecuali dibuktikan oleh pengujian dan analisis atau diizinkan oleh Pasal F5.7.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

EBH, EBV dan elemen batas menengah harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail tinggi.

SNI 7860:2020

5b. Badan

Kekuatan geser desain panel, ϕV_n (DFBT), dan kekuatan geser izin, V_n/Ω (DKI), sesuai dengan kondisi batas dari pelelehan geser, harus ditentukan sebagai berikut:

$$V_n = 0,42F_y t_w L_{cf} \sin 2\alpha \tag{F5-1}$$

$$\phi = 0,90 \text{ (DFBT)} \quad \Omega = 1,67 \text{ (DKI)}$$

dengan

L_{cf} = jarak bersih antara sayap-sayap kolom, in. (mm)

t_w = ketebalan badan, in. (mm)

α = sudut pelelehan badan dalam derajat, diukur relatif terhadap vertikal. Sudut inklinasi, α , boleh diambil sebesar 40° , atau diizinkan dihitung sebagai berikut:

$$\tan^4 \alpha = \frac{1 + \frac{t_w L}{2A_c}}{1 + t_w h \left(\frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360I_c L} \right)} \tag{F5-2}$$

dengan

A_b = luas penampang EBH, in.² (mm²)

A_c = luas penampang EBV, in.² (mm²)

5c. EBH

EBH harus didesain untuk mencegah pelelehan lentur pada bagian selain yang dekat sambungan balok ke kolom. Persyaratan ini harus dipenuhi oleh salah satu dari yang berikut:

- (a) EBH dengan kekuatan tersedia untuk menahan dua kali momen balok bentang-sederhana berdasarkan pembebanan gravitasi dan pelelehan pelat-badan
- (b) EBH dengan kekuatan tersedia untuk menahan momen balok bentang-sederhana berdasarkan pembebanan gravitasi dan pelelehan pelat-badan dan dengan sayap-sayap yang direduksi yang memenuhi persyaratan ANSI/AISC 358 Pasal 5.8 Langkah 1 (Step 1) dengan $c = 0,25b_f$.

5d. Zona Terlindung

Zona terlindung DGPK harus memenuhi Pasal D1.3 dan mencakup yang berikut:

- (a) Badan-badan DGPK
- (b) Elemen yang menghubungkan badan ke EBH dan EBV
- (c) Zona sendi plastis pada setiap ujung EBH, di sepanjang daerah dari muka kolom ke satu tinggi balok hingga satu tinggi balok di luar muka kolom, atau seperti dengan cara lain disyaratkan dalam Pasal E3.5c.

6. Sambungan

6a. Las Kritis Perlu

Las-las berikut adalah las-las kritis perlu, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (a) Las-las gruv pada sambungan kolom
- (b) Las-las pada sambungan kolom ke pelat dasar
Pengecualian: Las tidak perlu dianggap kritis perlu jika semua kondisi berikut dipenuhi:
 - (1) Pembentukan sendi plastis kolom yang berada di, atau dekat dengan, pelat dasar kolom tidak dimungkinkan oleh kondisi kekangan.
 - (2) Tidak terdapat tegangan tarik neto akibat kombinasi beban termasuk beban seismik kekuatan lebih.
- (c) Las pada sambungan EBH ke EBV

6b. Sambungan EBH ke EBV

Sambungan EBH ke EBV harus memenuhi persyaratan Pasal E1.6b.

1. Kekuatan perlu

Kekuatan geser perlu sambungan EBH ke EBV harus ditentukan menggunakan efek beban yang dibatasi kapasitas. Efek beban yang dibatasi kapasitas, E_{cl} , harus diambil sebesar gaya geser yang dihitung dari Persamaan E1-1 bersama dengan gaya geser yang dihasilkan dari kekuatan leleh terekspektasi dalam kondisi tarik pelelehan badan pada sudut α .

2. Zona panel

Zona panel EBV yang berada di sebelah bagian atas dan dasar EBH dari DGPK harus memenuhi persyaratan Pasal E3.6e.

6c. Sambungan Badan ke Elemen Batas

Kekuatan perlu dari sambungan badan pada EBH dan EBV yang mengelilinginya harus sebesar kekuatan leleh terekspektasi, dalam kondisi tarik, dari badan dihitung pada suatu sudut α .

6d. Splais Kolom

Splais kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D2.5. Apabila las digunakan untuk membuat splais, las tersebut harus las gruv penetrasi joint komplet. Splais kolom harus didesain mengembangkan paling sedikit 50% kekuatan lentur yang terkecil yang tersedia dari komponen-komponen struktur yang disambung dibagi α_s . Kekuatan geser perlu, V_r , harus ditentukan menggunakan Persamaan F4-2.

7. Badan Berperforasi

7a. Tata Letak Lubang Lingkaran yang Teratur

Pelat berperforasi sesuai dengan pasal ini boleh digunakan sebagai badan dari DGPK. Badan yang berlubang harus memiliki pola lubang yang teratur berdiameter seragam dengan spasi yang sama di seluruh daerah pelat badan dengan pola berderet sehingga lubang membentuk sudut diagonal yang seragam terhadap vertikal. Paling sedikit terdapat lubang-lubang pada empat garis horizontal dan empat garis vertikal harus digunakan. Tepi bukaan harus memiliki kekasaran permukaan sebesar 500 μ -in. (13 microns) atau lebih rendah.

1. Kekuatan

Kekuatan geser desain panel, ϕV_n (DFBT), dan kekuatan geser izin, V_n/Ω (DKI), sesuai dengan kondisi batas dari pelelehan geser, harus ditentukan sebagai berikut:

$$V_n = 0,42F_y t_w L_{cf} \left(1 - \frac{0,7D}{S_{diag}}\right) \quad (F5-3)$$

$$\phi = 0,90 \text{ (DFBT)} \quad \Omega = 1,67 \text{ (DKI)}$$

dengan

D = diameter lubang, in. (mm)

S_{diag} = jarak pusat ke pusat terpendek antara lubang-lubang diukur dalam arah diagonal 45°, in. (mm)

2. Spasi

Spasi, S_{diag} , harus paling sedikit $1,67D$.

Jarak antara lubang-lubang pertama dan sambungan badan ke EBH dan EBV paling sedikit harus sebesar D , tetapi tidak melampaui $(D + 0,7S_{diag})$.

3. Kekakuan

Kekakuan pelat pengisi yang berlubang secara teratur harus dihitung menggunakan ketebalan pelat efektif badan, t_{eff} , sebagai berikut:

$$t_{eff} = \frac{1 - \frac{\pi}{4} \left(\frac{D}{S_{diag}}\right)}{1 - \frac{\pi}{4} \left(\frac{D}{S_{diag}}\right) \left(1 - \frac{N_r D \sin \alpha}{H_c}\right)} t_w \quad (F5-4)$$

dengan

H_c = tinggi kolom (dan pelat badan) antara sayap-sayap balok, in. (mm)

N_r = jumlah baris horizontal lubang-lubang

t_w = tebal pelat badan, in. (mm)

α = sudut dari garis sumbu ke sumbu terpendek dalam deretan bukaan terhadap vertikal, derajat

Catatan Pengguna: Badan-badan berlubang menurut Pasal F5.7a mendorong pengembangan pelelehan badan dalam arah sejajar baris lubang-lubang. Dengan demikian, untuk kasus yang dibahas oleh Pasal F5.7a, α sama dengan 45°.

4. Tegangan tarik terekspektasi efektif

Tegangan tarik terekspektasi efektif untuk analisis sebesar $R_y F_y (1 - 0,7D/S_{diag})$.

7b. Potongan Sudut yang Diperkuat

Pemotongan seperempat-lingkar disizinkan pada sudut badan jika badan disambung ke pelat melengkung perkuatan yang mengikuti tepi dari pemotongan. Pelat harus didesain untuk memungkinkan pengembangan kekuatan penuh dari badan solid dan mempertahankan tahanannya ketika mengalami deformasi yang berhubungan dengan drift antar tingkat desain.

1. Desain untuk Tarik

Pelat melengkung harus memiliki kekuatan tersedia untuk menahan gaya aksial tarik, P_r , yang dihasilkan dari gaya tarik pelat badan tanpa adanya gaya-gaya lain.

$$P_r = \frac{R_y F_y t_w R^2}{4e} \quad (F5-5)$$

dengan

$$\begin{aligned} F_y &= \text{tegangan leleh minimum terspesifikasi pelat badan, ksi. (MPa)} \\ R &= \text{radius pemotongan, in. (mm)} \\ R_y &= \text{rasio dari tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh} \\ &\quad \text{minimum terspesifikasi} \\ e &= R (1 - \sqrt{2}/2), \text{ in. (mm)} \end{aligned} \quad (F5-6)$$

EBH dan EBV harus didesain untuk menahan gaya aksial tarik yang bekerja pada ujung perkuatan yang melengkung.

2. Desain untuk Kombinasi Gaya-gaya Aksial dan Lentur

Pelat melengkung harus memiliki kekuatan tersedia untuk menahan efek kombinasi gaya aksial, P_r , dan momen, M_r pada bidang badan yang dihasilkan dari deformasi sambungan tanpa adanya gaya-gaya lain:

$$P_r = \frac{15EI_y}{\alpha_s(16e^2)} \left(\frac{\Delta}{H} \right) \quad (F5-7)$$

$$M_r = P_r e \quad (F5-8)$$

dengan

$$\begin{aligned} E &= \text{modulus elastisitas, ksi (MPa)} \\ H &= \text{tinggi tingkat, in. (mm)} \\ I_y &= \text{momen inersia pelat terhadap sumbu-y, in.}^4 \text{ (mm}^4\text{)} \\ \Delta &= \text{drift antar tingkat desain, in. (mm)} \end{aligned}$$

EBH dan EBV harus didesain untuk menahan kombinasi kekuatan perlu aksial dan lentur yang bekerja pada ujung perkuatan yang melengkung.

BAB G SISTEM RANGKA MOMEN KOMPOSIT

Bab ini menjelaskan dasar desain dan persyaratan untuk analisis, persyaratan untuk sistem, komponen struktur dan sambungan untuk sistem rangka momen komposit.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- G1. Rangka Momen Biasa Komposit (RMB-K)
- G2. Rangka Momen Menengah Komposit (RMT-K)
- G3. Rangka Momen Khusus Komposit (RMK-K)
- G4. Rangka Momen Terkekang Sebagian Komposit (RMKB-K)

Catatan Pengguna: Persyaratan bab ini juga dilengkapi dengan persyaratan dalam *Spesifikasi* dan peraturan bangunan gedung yang berlaku.

G1. RANGKA MOMEN BIASA KOMPOSIT (RMB-K)

1. Ruang Lingkup

Rangka momen biasa komposit (RMB-K) harus didesain menurut pasal ini. Pasal ini berlaku untuk rangka momen dengan sambungan terkekang penuh (KP) yang terdiri dari kolom komposit atau kolom beton bertulang dan baja struktural, komposit terbungkus beton, atau balok komposit.

2. Dasar Desain

RMB-K yang didesain menurut ketentuan ini diharapkan menyediakan kapasitas deformasi inelastis dalam komponen struktur dan sambungan-sambungannya. Persyaratan Pasal A1, A2, A3.5, A4, B1, B2, B3, B4, D2.7, dan Pasal C berlaku untuk RMB-K. Semua persyaratan lain dalam Pasal A, B, D, I, J dan K tidak berlaku untuk RMB-K.

Catatan Pengguna: Rangka momen biasa komposit, yang sebanding dengan rangka momen biasa beton bertulang, hanya diizinkan dalam kategori desain seismik B atau lebih rendah sesuai ASCE/SEI 7. Hal ini berlawanan dengan rangka momen biasa baja, yang diizinkan pada kategori desain seismik yang lebih tinggi. Persyaratan desain tersebut sepadan dengan penyediaan daktilitas minimal pada komponen-komponen struktur dan sambungan-sambungannya.

3. Analisis

Tidak ada persyaratan khusus untuk sistem ini.

4. Persyaratan Sistem

Tidak ada persyaratan khusus untuk sistem ini.

5. Komponen Struktur

Tidak ada persyaratan tambahan untuk komponen struktur baja atau komponen struktur komposit di luar yang disebut di *Spesifikasi*. Kolom beton bertulang harus memenuhi persyaratan ACI 318, tidak termasuk Bab 18.

5a. Zona Terlindung

Tidak ada zona terlindung yang ditunjuk.

6. Sambungan

Sambungan-sambungan harus terkekang penuh (KP) dan memenuhi persyaratan Pasal D2.7.

6a. Las Kritis Perlu

Tidak ada persyaratan khusus untuk sistem ini.

G2. RANGKA MOMEN MENENGAH KOMPOSIT (RMT-K)

1. Ruang Lingkup

Rangka momen menengah komposit (RMT-K) harus didesain menurut pasal ini. Pasal ini berlaku untuk rangka momen dengan sambungan terkekang penuh (KP) yang terdiri dari kolom komposit atau kolom beton bertulang dan baja struktural, komposit terbungkus beton atau balok komposit.

2. Dasar Desain

RMT-K yang didesain menurut ketentuan ini diharapkan menyediakan kapasitas deformasi inelastis terbatas melalui pelelehan lentur balok dan kolom RMT-K, dan pelelehan geser dari zona panel kolom. Desain sambungan dari balok ke kolom, termasuk zona panel, pelat penerus dan diafragma harus menyediakan kinerja yang disyaratkan Pasal G2.6b, dan membuktikan kesesuaian menurut Pasal G2.6c.

Catatan Pengguna: Rangka momen menengah komposit, yang sebanding dengan rangka momen menengah beton bertulang, hanya diizinkan dalam kategori desain seismik C atau lebih rendah sesuai ASCE/SEI 7. Hal ini berlawanan dengan rangka momen menengah baja, yang diizinkan pada kategori desain seismik yang lebih tinggi. Persyaratan desain tersebut sepadan dengan penyediaan daktilitas minimal pada komponen-komponen struktur dan sambungan-sambungannya.

3. Analisis

Tidak ada persyaratan khusus untuk sistem ini.

4. Persyaratan Sistem

4a. Pembreisan Stabilitas Balok

Balok-balok harus terbreis agar memenuhi persyaratan untuk komponen struktur daktail sedang dalam Pasal D1.2a.

Sebagai tambahan, kecuali jika ditunjukkan melalui pengujian, breis balok harus ditempatkan dekat dengan gaya-gaya terpusat, perubahan penampang, dan lokasi lainnya dengan analisis menunjukkan bahwa sendi plastis akan terbentuk selama deformasi inelastis dari RMT-K tersebut.

SNI 7860:2020

Kekuatan perlu dan kekakuan pembreisan stabilitas yang disediakan berdekatan dengan sendi plastis harus berdasarkan Pasal D1.2c.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Komponen struktur baja dan komposit harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail sedang.

5b. Sayap Balok

Perubahan mendadak di daerah sayap balok tidak diizinkan di daerah sendi plastis. Pengeboran lubang pada sayap atau pemangkasan lebar sayap balok tidak diizinkan kecuali jika pengujian atau kualifikasi membuktikan bahwa konfigurasi yang dihasilkan mampu mengembangkan sendi plastis yang stabil untuk mengakomodasi sudut drift antar tingkat perlu.

5c. Zona Terlindung

Daerah di setiap ujung balok yang mengalami regangan inelastis harus ditunjuk sebagai zona terlindung dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3.

Catatan Pengguna: Zona sendi plastis pada ujung balok RMT-K harus diperlakukan sebagai zona terlindung. Pada umumnya, zona terlindung tersebut membentang dari muka kolom komposit hingga setengah tinggi balok di luar titik sendi plastis.

6. Sambungan

Sambungan-sambungan harus terkekang penuh (KP) dan harus memenuhi persyaratan Pasal D2 dan Pasal ini.

Catatan Pengguna: Semua sub pasal dari Pasal D2 relevan untuk RMT-K.

6a. Las-las Kritis Perlu

Tidak ada persyaratan khusus untuk sistem ini.

6b. Sambungan Balok ke Kolom

Sambungan balok ke kolom komposit yang digunakan pada STGS harus memenuhi persyaratan berikut:

- (a) Sambungan tersebut harus mampu mengakomodasi sudut drift antar tingkat paling sedikit 0,02 rad.
- (b) Ketahanan lentur sambungan yang diukur, yang ditentukan pada muka kolom, harus sebesar paling sedikit $0,80M_p$ balok yang disambung pada suatu sudut drift antar tingkat 0,02 rad, dengan M_p didefinisikan sebagai momen lentur plastis baja, balok terbungkus beton atau balok komposit dan harus memenuhi persyaratan dalam *Spesifikasi* Bab I .

6c. Pembuktian Kesesuaian

Sambungan balok ke kolom yang digunakan pada STGS harus memenuhi persyaratan Pasal G2.6b dengan salah satu dari yang berikut:

- (a) Penggunaan sambungan-sambungan RMT-K yang didesain menurut ANSI/AISC 358.
- (b) Penggunaan sambungan yang terpraktualifikasi untuk RMT-K menurut Pasal K1.
- (c) Hasil-hasil dari paling sedikit dua uji siklik kualifikasi yang dilakukan menurut Pasal K2. Uji-uji tersebut diperbolehkan berdasarkan salah satu dari yang berikut:
 - (1) Uji-uji yang dilaporkan dalam literatur penelitian atau uji-uji terdokumentasi yang dilakukan untuk proyek-proyek lain yang mewakili kondisi proyek tersebut, di dalam batasan-batasan yang dijelaskan dalam Pasal K2.
 - (2) Uji-uji yang dilakukan secara khusus untuk proyek tersebut dan yang mewakili ukuran-ukuran komponen struktur, kekuatan material, konfigurasi sambungan, dan proses penyambungan yang sesuai dengan proyek tersebut, di dalam batasan-batasan yang dijelaskan dalam Pasal K2.
- (d) Perhitungan-perhitungan yang dibuktikan oleh model-model mekanistik dan kriteria desain kondisi batas komponen yang konsisten dengan ketentuan ini.

6d. Kekuatan Geser Perlu

Kekuatan geser perlu sambungan harus ditentukan menggunakan efek beban seismik yang dibatasi kapasitas. Efek beban yang dibatasi kapasitas, E_{cl} , harus diambil sebesar:

$$E_{cl} = 2(1,1M_{p,exp})/L_h \quad (G2-1)$$

dengan

- $M_{p,exp}$ = kekuatan lentur terekspektasi balok baja, terbungkus-beton atau komposit, kip-in. (N-mm)
- L_h = jarak antara lokasi-lokasi sendi plastis balok, in. (mm)

Untuk balok terbungkus beton atau komposit, $M_{p,exp}$ harus dihitung menggunakan metode distribusi tegangan plastis atau kompatibilitas regangan. Faktor-faktor R_y dan R_c yang berlaku harus digunakan untuk elemen-elemen yang berbeda pada penampang ketika menghasilkan keseimbangan gaya penampang dan menghitung kekuatan lentur.

Catatan Pengguna: Untuk balok baja, $M_{p,exp}$ dalam Persamaan G2-1 boleh diambil sebesar $R_y M_p$ balok.

6e. Pelat Diafragma Sambungan

Pelat diafragma sambungan diperbolehkan untuk kolom komposit terisi beton baik di luar (eksternal) kolom maupun di dalam (internal) kolom.

Bila pelat diafragma digunakan, ketebalan pelat harus paling sedikit setebal sayap balok.

Pelat diafragma harus dilas sekeliling keseluruhan perimeter kolom menggunakan las penetrasi joint komplet (PJK) atau las filet di dua sisi. Kekuatan perlu dari joint ini tidak

SNI 7860:2020

boleh lebih kecil daripada kekuatan tersedia dari daerah kontak pelat dengan sisi-sisi kolom.

Diafragma internal harus memiliki bukaan lingkaran yang memadai untuk pengecoran beton.

6f. Splais Kolom

Selain persyaratan Pasal D2.5, splais kolom harus memenuhi persyaratan pasal ini. Apabila las gruv digunakan untuk membuat splais, las-las tersebut harus las gruv PJK. Apabila splais kolom tidak dibuat dengan las gruv, maka splais harus memiliki kekuatan lentur perlu yang paling sedikit sama dengan kekuatan lentur plastis, M_{pcc} , kolom komposit terkecil. Kekuatan geser perlu dari splais badan kolom harus paling sedikit sama dengan $\sum M_{pcc}/H$,

dengan

$$H = \text{tinggi tingkat, in. (mm)}$$

$$\sum M_{pcc} = \text{jumlah kekuatan lentur plastis di ujung atas dan bawah kolom komposit, kip-in. (N-mm)}$$

Untuk kolom komposit, kekuatan lentur plastis harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Bab I termasuk kekuatan aksial perlu, P_{rc} .

G3. RANGKA MOMEN KHUSUS KOMPOSIT (RMK-K)

1. Ruang Lingkup

Rangka momen khusus komposit (RMK-K) harus didesain menurut pasal ini. Pasal ini berlaku untuk rangka momen dengan sambungan terkekang penuh (KP) yang terdiri dari kolom komposit atau kolom beton bertulang dan baik balok baja struktural atau komposit terbungkus beton atau komposit.

2. Dasar Desain

RMK-K yang didesain menurut ketentuan ini diharapkan dapat menyediakan kapasitas deformasi inelastis signifikan melalui pelelehan lentur balok RMK-K dan pelelehan terbatas dari zona panel kolom. Kecuali dinyatakan diizinkan dalam pasal ini, kolom harus didesain untuk lebih kuat dari balok atau girder yang mengalami pelelehan penuh dan pengerasan regangan. Pelelehan lentur pada dasar kolom diizinkan. Desain sambungan balok ke kolom, termasuk zona panel, pelat penerus dan diafragma harus menyediakan kinerja sesuai yang disyaratkan Pasal G3.6b, dan menunjukkan kesesuaian ini seperti disyaratkan Pasal G3.6c.

3. Analisis

Tidak ada persyaratan tambahan untuk sistem rangka momen khusus yang terdiri dari rangka bidang terisolasi.

Untuk sistem rangka momen yang memiliki kolom-kolom yang merupakan bagian dari dua rangka momen khusus yang berpotongan dalam arah tegak lurus atau multiaksial, analisis kolom pada Pasal G3.4a harus mempertimbangkan potensi pelelehan balok dalam arah-arrah tegak lurus secara bersamaan.

4. Persyaratan Sistem

4a. Rasio Momen

Hubungan berikut harus dipenuhi pada sambungan balok ke kolom:

$$\frac{\sum M_{pcc}^*}{\sum M_{p,exp}^*} > 1,0 \quad (G3-1)$$

dengan

M_{pcc}^* = jumlah proyeksi-proyeksi kekuatan lentur plastis, M_{pcc} , kolom (termasuk hauns apabila digunakan) di atas dan di bawah joint pada sumbu balok dengan reduksi gaya aksial pada kolom. Untuk kolom komposit, kekuatan lentur plastis, M_{pcc} harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Bab I termasuk kekuatan aksial perlu, P_{rc} . Untuk kolom beton bertulang, kekuatan lentur plastis, M_{pcc} , harus dihitung berdasarkan ketentuan ACI 318 termasuk kekuatan aksial perlu, P_{rc} . Apabila sumbu balok-balok bertemu pada suatu joint tidak berada pada garis yang sama, garis tengah di antara kedua sumbu balok harus digunakan.

$\sum M_{p,exp}^*$ = jumlah proyeksi-proyeksi kekuatan lentur terekspektasi balok pada lokasi sendi plastis ke sumbu kolom. Diizinkan untuk menghitung $\sum M_{p,exp}^* = \sum (1,1M_{p,exp} + M_{uv})$, dengan $M_{p,exp}$ dihitung seperti dijelaskan dalam Pasal G2.6d.

M_{uv} = momen tambahan akibat amplifikasi gaya geser dari lokasi sendi plastis ke sumbu kolom, kip-in. (N-mm)

Pengecualian: Pengecualian dari Pasal E3.4a harus berlaku, kecuali batas gaya dalam Pengecualian (a) harus $P_{rc} < 0,1P_c$.

4b. Pembreisan Stabilitas Balok

Balok harus terbreis agar memenuhi persyaratan untuk komponen struktur daktail tinggi dalam Pasal D1.2b.

Sebagai tambahan, kecuali ditunjukkan oleh pengujian, breis balok harus ditempatkan dekat dengan gaya terpusat, perubahan penampang, dan lokasi-lokasi lainnya di mana analisis menunjukkan bahwa sendi plastis akan terbentuk saat terjadi deformasi inelastis dari RMK-K tersebut.

Kekuatan dan kekakuan perlu pembreisan stabilitas yang tersedia berdekatan dengan sendi plastis harus sesuai dengan Pasal D1.2c.

4c. Pembreisan Stabilitas pada Sambungan Balok ke Kolom

Kolom komposit dengan sambungan tak terbreis harus memenuhi persyaratan Pasal E3.4c.2.

SNI 7860:2020

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Komponen struktur baja dan komposit harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail tinggi.

Pengecualian: Balok terbungkus beton bertulang harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail sedang jika selimut beton bertulang paling sedikit sebesar 2 in. (50 mm) dan pengekanan diberikan oleh tulangan sengkang tertutup pada daerah di mana sendi plastis diharapkan terjadi akibat deformasi seismik. Tulangan sengkang tertutup harus memenuhi persyaratan ACI 318 Pasal 18.6.4.

Balok komposit terbungkus beton yang merupakan bagian dari RMK-K juga harus memenuhi persyaratan yang berikut. Jarak dari serat tekan beton terluar ke sumbu netral plastis tidak boleh melampaui:

$$Y_{PNA} = \frac{Y_{con} + d}{1 + \left(\frac{1.700F_y}{E}\right)} \tag{G3-2}$$

dengan

- E = modulus elastisitas balok baja, ksi (MPa)
- F_y = tegangan leleh minimum terspesifikasi balok baja, ksi (MPa)
- Y_{con} = jarak dari sisi atas balok baja ke sisi atas beton, in. (mm)
- d = tinggi balok keseluruhan, in. (mm)

5b. Sayap Balok

Perubahan mendadak pada daerah sayap balok tidak boleh berada dalam daerah sendi plastis. Pengeboran lubang pada sayap atau pengurangan lebar sayap balok tidak diizinkan kecuali pengujian atau kualifikasi membuktikan bahwa konfigurasi yang dihasilkan dapat mengembangkan sendi plastis stabil untuk mengakomodasi sudut drift antar tingkat perlu.

5c. Zona Terlindung

Daerah pada setiap ujung balok yang mengalami regangan inelastis harus ditunjuk sebagai zona terlindung, dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3.

Catatan Pengguna: Zona sendi plastis pada ujung balok RMK-K harus diperlakukan sebagai zona terlindung. Pada umumnya, zona terlindung akan membentang dari muka kolom komposit hingga setengah tinggi balok di luar titik sendi plastis.

6. Sambungan

Sambungan harus terkekang penuh (KP) dan harus memenuhi persyaratan Pasal D2 dan pasal ini.

Catatan Pengguna: Semua subpasal dalam Pasal D2 berlaku untuk RMK-K.

6a. Las Kritis Perlu

Las-las berikut merupakan las-las kritis perlu, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (a) Las-las gruv pada sambungan kolom
- (b) Las-las pada sambungan kolom ke pelat dasar
Pengecualian: Las tidak perlu dianggap kritis perlu jika semua kondisi berikut dipenuhi:
 - (1) Pembentukan sendi plastis kolom yang berada di, atau dekat dengan, pelat dasar kolom tidak dimungkinkan oleh kondisi kekangan.
 - (2) Tidak terdapat tegangan tarik neto akibat kombinasi beban termasuk beban seismik kekuatan lebih.
- (c) Las gruv penetrasi joint komplet dari sayap balok ke kolom, pelat-pelat diafragma yang berfungsi sebagai suatu penerus dari sayap balok, pelat geser di dalam ketinggian girder yang merupakan transisi dari girder ke sebuah profil baja terbungkus beton, dan badan balok ke kolom.

6b. Sambungan Balok ke Kolom

Sambungan balok ke kolom komposit yang digunakan dalam STGS harus memenuhi persyaratan berikut:

- (a) Sambungan harus mampu mengakomodasi sudut drift antar tingkat paling sedikit 0,04 rad.
- (b) Ketahanan lentur sambungan yang diukur, ditentukan pada muka kolom, harus paling sedikit sama dengan $0,80M_p$ balok yang disambung pada sudut drift antar tingkat 0,04 rad, dengan M_p dihitung sesuai Pasal G2.6b.

6c. Pembuktian Kesesuaian

Sambungan balok ke kolom komposit yang digunakan dalam STGS harus memenuhi persyaratan Pasal G3.6b dengan salah satu dari yang berikut:

- (a) Penggunaan sambungan RMK-K yang didesain menurut ANSI/AISC 358.
- (b) Penggunaan sambungan terpraktualifikasi untuk RMK-K menurut Pasal K1.
- (c) Sambungan terpraktualifikasi menggunakan hasil uji yang diperoleh sesuai dengan Pasal K2. Hasil-hasil dari paling sedikit dua uji sambungan siklik yang dilakukan menurut Pasal K2. Uji-uji tersebut harus berdasarkan salah satu dari yang berikut:
 - (1) Uji-uji yang dilaporkan dalam literature penelitian atau uji-uji terdokumentasi yang dilakukan untuk proyek-proyek lain yang mewakili kondisi proyek tersebut, di dalam batasan-batasan yang dijelaskan dalam Pasal K2.
 - (2) Uji-uji yang dilakukan secara khusus untuk proyek tersebut dan yang mewakili ukuran-ukuran komponen struktur, kekuatan material, konfigurasi sambungan, dan proses penyambungan yang sesuai dengan proyek tersebut, di dalam batasan-batasan yang dijelaskan dalam Pasal K2.
- (d) Bila balok tidak terpotong atau menerus melalui kolom komposit atau kolom beton bertulang, joint yang dilas pada sayap balok tidak digunakan, dan sambungan

tersebut tidak rentan terhadap fraktur prematur, data lain yang memperkuat boleh digunakan untuk membuktikan kesesuaian.

Sambungan yang mengakomodasi sudut drift antar tingkat yang disyaratkan dalam elemen-elemen sambungan dan menyediakan ketahanan lentur dan kekuatan geser terukur yang disyaratkan dalam Pasal G3.6d boleh digunakan. Selain untuk memenuhi persyaratan di atas, desain harus membuktikan bahwa setiap drift antar lantai tambahan akibat deformasi sambungan dapat diakomodasi oleh struktur. Desain harus meliputi analisis untuk efek stabilitas dari rangka secara keseluruhan, termasuk efek orde kedua.

6d. Kekuatan Geser Perlu

Kekuatan geser perlu sambungan, V_u , harus ditentukan menggunakan efek beban seismik yang dibatasi kapasitas. Efek beban yang dibatasi kapasitas, E_{cl} , harus diambil sebesar:

$$E_{cl} = 2(1,1M_{p,exp})/L_h \quad (G3-3)$$

dengan

L_h = jarak antara lokasi-lokasi sendi plastis balok, in. (mm)
 $M_{p,exp}$ = kekuatan lentur terekspektasi balok baja, terbungkus-beton atau komposit, kip-in. (N-mm). Untuk balok baja terbungkus-beton atau komposit, $M_{p,exp}$, harus dihitung menurut Pasal G2.6d.

6e. Pelat Diafragma Sambungan

Pelat penerus atau diafragma yang digunakan untuk sambungan momen kolom terisi beton harus memenuhi persyaratan Pasal G2.6e.

6f. Splais Kolom

Splais kolom komposit harus memenuhi persyaratan Pasal G2.6f.

G4. RANGKA MOMEN TERKEKANG SEBAGIAN KOMPOSIT (RMKB-K)

1. Ruang Lingkup

Rangka momen terkekang sebagian komposit (RMKB-K) harus didesain menurut pasal ini. Pasal ini berlaku untuk rangka momen yang terdiri dari kolom baja struktural dan balok komposit yang disambung dengan sambungan momen terkekang sebagian (KB) yang memenuhi persyaratan dalam *Spesifikasi* Pasal B3.4b(b).

2. Dasar Desain

RMKB-K yang didesain menurut ketentuan ini diharapkan dapat menyediakan kapasitas deformasi inelastis signifikan melalui pelelehan pada komponen daktail sambungan momen balok ke kolom KB komposit. Pelelehan lentur pada dasar kolom diizinkan. Desain sambungan balok ke kolom, harus berdasarkan uji-uji sambungan yang menyediakan kinerja sesuai yang disyaratkan Pasal G3.6c, dan menunjukkan kesesuaian ini seperti disyaratkan Pasal G3.6d.

3. Analisis

Fleksibilitas sambungan dan aksi balok komposit harus diperhitungkan dalam menentukan karakteristik dinamik, kekuatan dan drift antar tingkat RMKB-K.

Untuk tujuan analisis, kekakuan balok harus ditentukan dengan momen inersia efektif penampang komposit.

4. Persyaratan Sistem

Tidak ada persyaratan tambahan untuk sistem ini.

5. Komponen Struktur

5a. Kolom

Kolom baja harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail sedang.

5b. Balok

Balok komposit harus tidak terbungkus beton, komposit penuh dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail sedang. Pelat solid harus tersedia untuk jarak 12 in. (300 mm) dari muka kolom dalam arah penyalur momen.

5c. Zona Terlindung

Tidak ada zona terlindung yang ditunjuk.

6. Sambungan

Sambungan harus terkekang sebagian (KB) dan harus memenuhi persyaratan Pasal D2 dan pasal ini.

Catatan Pengguna: Semua subpasal dalam Pasal D2 berlaku untuk RMKB-K.

6a. Las Kritis Perlu

Las-las yang berikut adalah las kritis perlu, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (a) Las-las gruv pada sambungan kolom
- (b) Las-las pada sambungan kolom ke pelat dasar
Pengecualian: Las tidak perlu dianggap kritis perlu jika semua kondisi berikut dipenuhi:
 - (1) Pembentukan sendi plastis kolom yang berada di, atau dekat dengan, pelat dasar kolom tidak dimungkinkan oleh kondisi kekangan.
 - (2) Tidak terdapat tegangan tarik neto akibat kombinasi beban termasuk beban seismik kekuatan lebih.

SNI 7860:2020

6b. Kekuatan Perlu

Kekuatan perlu sambungan momen KB balok ke kolom harus ditentukan dengan memperhitungkan efek fleksibilitas sambungan dan momen orde ke dua.

6c. Sambungan Balok ke Kolom

Sambungan balok ke kolom komposit yang digunakan pada STGS harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (a) Sambungan harus mampu mengakomodasi sudut drift antar tingkat paling sedikit 0,02 rad.
- (b) Ketahanan lentur sambungan yang diukur, ditentukan pada muka kolom harus meningkat secara monotonik hingga mencapai sedikitnya $0,50M_p$ balok yang disambung pada sudut drift antar tingkat 0,02 rad, dengan M_p didefinisikan sebagai momen yang berhubungan dengan distribusi tegangan plastis di seluruh penampang komposit, dan harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Bab I .

6d. Pembuktian Kesesuaian

Sambungan balok ke kolom yang digunakan pada STGS harus memenuhi persyaratan Pasal G4.6c dengan ketentuan kualifikasi hasil uji siklik menurut Pasal K2. Hasil-hasil dari paling sedikit dua uji sambungan siklik yang dilakukan menurut Pasal K2. Uji-uji tersebut harus berdasarkan salah satu dari yang berikut:

- (a) Uji-uji yang dilaporkan dalam literature penelitian atau uji-uji terdokumentasi yang dilakukan untuk proyek-proyek lain yang mewakili kondisi proyek tersebut, di dalam batasan-batasan yang dijelaskan dalam Pasal K2.
- (b) Uji-uji yang dilakukan secara khusus untuk proyek tersebut dan yang mewakili ukuran-ukuran komponen struktur, kekuatan material, konfigurasi sambungan, dan proses penyambungan yang sesuai dengan proyek tersebut, di dalam batasan-batasan yang dijelaskan dalam Pasal K2.

6e. Splais Kolom

Splais kolom harus memenuhi persyaratan Pasal G2.6f.

BAB H SISTEM RANGKA TERBREIS DAN DINDING GESER KOMPOSIT

Bab ini memberikan dasar desain dan persyaratan untuk analisis, persyaratan untuk sistem, komponen struktur dan sambungan untuk rangka terbreis komposit dan dinding geser komposit.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- H1. Rangka Terbreis Biasa Komposit (RBB-K)
- H2. Rangka Terbreis Konsentris Khusus Komposit (RBKK-K)
- H3. Rangka Terbreis Eksentris Komposit (RBE-K)
- H4. Dinding Geser Biasa Komposit (DGB-K)
- H5. Dinding Geser Khusus Komposit (DGK-K)
- H6. Dinding Geser Pelat Terbungkus Beton Komposit (DGPBB-K)
- H7. Dinding Geser Pelat Terisi Beton Komposit (DGPIB-K)

Catatan Pengguna: Persyaratan bab ini merupakan tambahan terhadap yang disyaratkan *Spesifikasi* dan peraturan bangunan gedung yang berlaku.

H1. RANGKA TERBREIS BIASA KOMPOSIT (RBB-K)

1. Ruang Lingkup

Rangka terbreis biasa komposit (RBB-K) harus didesain menurut pasal ini. Kolom-kolom harus baja struktural, komposit terbungkus beton, komposit terisi beton atau komponen struktur beton bertulang. Balok harus baja struktural atau balok komposit. Breis harus baja struktural atau komponen struktur komposit terisi beton. Pasal ini berlaku untuk rangka terbreis yang terdiri dari komponen struktur yang disambung secara konsentris dengan setidaknya satu dari elemen (kolom, balok atau breis) adalah suatu komponen struktur komposit atau komponen struktur beton bertulang.

2. Dasar Desain

Pasal ini berlaku untuk rangka terbreis yang terdiri dari komponen struktur yang disambung secara konsentris. Eksentrisitas yang kurang dari tinggi balok diizinkan jika mereka diperhitungkan dalam desain komponen struktur oleh penentuan momen eksentris.

RBB-K yang didesain menurut ketentuan ini diharapkan menyediakan deformasi inelastis terbatas pada komponen struktur dan sambungan-sambungannya.

Persyaratan Pasal A1, A2, A3.5, A4, B1, B2, B3, B4 dan D2.7, dan Bab C berlaku untuk RBB-K. Semua persyaratan lainnya dalam Bab A, B, D, I, J dan K tidak berlaku untuk RBB-K.

Catatan Pengguna: Rangka terbreis biasa komposit, yang sebanding dengan rangka terbreis baja lainnya yang didesain menurut *Spesifikasi* menggunakan $R = 3$, hanya diizinkan dalam kategori desain seismik A, B atau C dalam ASCE/SEI 7. Hal ini berbeda dengan rangka baja terbreis biasa, yang diizinkan dalam kategori desain seismik lebih tinggi. Persyaratan desain sepadan dengan penyediaan daktilitas minimal dalam komponen-komponen struktur dan sambungan-sambungan.

SNI 7860:2020

3. Analisis

Tidak ada persyaratan khusus untuk sistem ini.

4. Persyaratan Sistem

Tidak ada persyaratan khusus untuk sistem ini.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Tidak ada persyaratan khusus untuk sistem ini.

5b. Kolom

Tidak ada persyaratan khusus untuk sistem ini. Kolom beton bertulang harus memenuhi persyaratan ACI 318, tidak termasuk Bab 18.

5c. Breis

Tidak ada persyaratan khusus untuk sistem ini.

5d. Zona Terlindung

Tidak ada zona terlindung yang ditunjuk.

6. Sambungan

Sambungan harus memenuhi persyaratan Pasal D2.7.

6a. Las Kritis Perlu

Tidak ada persyaratan khusus untuk sistem ini.

H2. RANGKA TERBREIS KONSENTRIS KHUSUS KOMPOSIT (RBKK-K)

1. Ruang Lingkup

Rangka terbreis konsentris khusus komposit (RBKK-K) harus didesain menurut pasal ini. Kolom harus terbungkus beton atau komposit terisi beton. Balok harus baja struktural atau balok komposit. Breis harus baja struktural atau komponen komposit terisi beton. Balok kolektor yang menyambungkan breis RBKK-K harus dianggap sebagai bagian dari RBKK-K.

2. Dasar Desain

Pasal ini berlaku untuk rangka terbreis yang terdiri dari komponen struktur yang disambung secara konsentris. Eksentrisitas yang kurang dari tinggi balok diizinkan jika gaya komponen struktur dan sambungan yang dihasilkan dibahas dalam desain dan tidak mengubah sumber kapasitas deformasi inelastis terekspektasi.

RBKK-K yang didesain menurut ketentuan ini diharapkan dapat menyediakan kapasitas deformasi inelastis signifikan terutama melalui tekuk breis dan pelelehan breis dalam kondisi tarik.

3. Analisis

Persyaratan analisis untuk RBKK-K harus memenuhi persyaratan analisis Pasal F2.3 yang dimodifikasi untuk memperhitungkan penampang komposit keseluruhan dalam menentukan kekuatan breis terekspektasi dalam kondisi tarik dan tekan.

4. Persyaratan Sistem

Persyaratan sistem untuk RBKK-K harus memenuhi persyaratan sistem Pasal F2.4. Breis komposit tidak diizinkan untuk digunakan dalam rangka terbreis bertingkat banyak.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Kolom komposit dan breis baja atau breis komposit harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail tinggi. Balok baja atau balok komposit harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail sedang.

Catatan Pengguna: Untuk memenuhi persyaratan tersebut, rasio ketebalan terhadap lebar aktual dari breis komposit terisi beton bujur sangkar dan persegi panjang dapat dikalikan dengan suatu faktor, $(0,264 + 0,0082 L_c/r)$, untuk L_c/r di antara 35 dan 90; L_c/r menjadi rasio kelangsingan efektif breis.

5b. Breis Diagonal

Breis baja struktural dan breis komposit terisi beton harus memenuhi persyaratan RBKK-K Pasal F2.5b. Radius girasi dalam Pasal F2.5b harus diambil seperti untuk penampang baja saja.

5c. Zona Terlindung

Zona terlindung RBKK-K harus memenuhi Pasal D1.3 dan termasuk yang berikut:

- (a) Untuk breis, seperempat panjang breis yang berada di tengah panjang breis dan zona yang berdekatan dengan setiap sambungan yang sama dengan tinggi breis dalam bidang tekuk.
- (b) Elemen-elemen yang menyambungkan breis ke balok dan kolom.

6. Sambungan

Desain sambungan pada RBKK-K harus berdasarkan Pasal D2 dan ketentuan pasal ini.

6a. Las Kritis Perlu

Las-las yang berikut adalah las kritis perlu, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (a) Las-las gruv pada sambungan kolom

- (b) Las-las pada sambungan kolom ke pelat dasar

Pengecualian: Las tidak perlu dianggap kritis perlu jika semua kondisi berikut dipenuhi:

- (1) Pembentukan sendi plastis kolom yang berada di, atau dekat dengan, pelat dasar kolom tidak dimungkinkan oleh kondisi kekangan.
- (2) Tidak terdapat tegangan tarik neto akibat kombinasi beban termasuk beban seismik kekuatan lebih.

- (c) Las pada sambungan balok ke kolom sesuai dengan Pasal H2.6b(b)

6b. Sambungan Balok ke Kolom

Bila breis atau pelat buhul disambungkan ke kedua komponen struktur pada sambungan balok ke kolom, sambungan harus sesuai dengan satu dari yang berikut:

- (a) Sambungan harus sambungan yang sederhana yang memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Pasal B3.4a di mana rotasi perlu diambil sebesar 0,025 rad; atau
- (b) Sambungan balok ke kolom harus memenuhi persyaratan untuk sambungan momen terkekang penuh (KP) seperti disyaratkan dalam Pasal D2, G2.6d, dan G2.6e.

Kekuatan lentur perlu sambungan harus ditentukan dari analisis dan diperhitungkan dalam kombinasi dengan kekuatan perlu sambungan breis dan sambungan balok, termasuk gaya-gaya kolektor diafragma yang ditentukan menggunakan beban seismik kekuatan lebih.

6c. Kekuatan Perlu Sambungan Breis

Sambungan breis harus memenuhi persyaratan Pasal F2.6c, kecuali bila kekuatan perlu harus dimodifikasi untuk memperhitungkan seluruh penampang komposit dalam menentukan kekuatan breis terekspektasi dalam kondisi tarik dan tekan. Faktor R_y yang berlaku harus digunakan untuk elemen-elemen yang berbeda dari penampang untuk menghitung kekuatan breis terekspektasi. Kekuatan lentur breis terekspektasi harus ditentukan sebesar $M_{p,exp}$, dengan $M_{p,exp}$ dihitung seperti yang disyaratkan dalam Pasal G2.6d.

6d. Splais Kolom

Selain persyaratan Pasal D2.5, splais kolom harus sesuai dengan persyaratan pasal ini. Jika las digunakan untuk membuat splais, las tersebut harus berupa las gruv penetrasi joint komplet. Jika splais kolom tidak dibuat dengan las gruv, splais tersebut harus memiliki kekuatan lentur perlu yaitu paling sedikit sama dengan kekuatan lentur plastis, M_{pcc} , kolom komposit terkecil. Kekuatan lentur perlu splais badan kolom harus paling sedikit sama dengan $\sum M_{pcc}/H$, dengan $\sum M_{pcc}$ adalah jumlah kekuatan lentur plastis di ujung-ujung atas dan bawah kolom komposit dan H adalah tinggi tingkat, in. (mm). Kekuatan lentur plastis harus memenuhi persyaratan-persyaratan *Spesifikasi* Bab I termasuk kekuatan aksial perlu P_{rc} .

H3. RANGKA TERBREIS EKSENTRIS KOMPOSIT (RBE-K)

1. Ruang Lingkup

Rangka terbreis eksentris komposit RBE-K harus didesain menurut pasal ini. Kolom harus komposit terbungkus beton atau komposit terisi beton. Balok harus baja struktural atau balok komposit. Elemen perangkai harus baja struktural. Breis harus komponen baja struktural atau komponen struktur komposit terisi beton. Pasal ini berlaku untuk rangka terbreis di mana salah satu ujung setiap breis berpotongan dengan balok pada suatu eksentrisitas dari perpotongan dengan sumbu balok ke breis yang berdekatan atau kolom.

2. Dasar Desain

RBE-K harus memenuhi persyaratan pasal F3.2, kecuali seperti yang dimodifikasi dalam pasal ini.

Pasal ini berlaku pada rangka terbreis yang salah satu ujung setiap breis memotong balok pada suatu eksentrisitas dari perpotongan dengan sumbu balok ke breis yang berdekatan atau kolom, membentuk elemen perangkai yang menahan geser dan lentur. Eksentrisitas yang kurang dari tinggi balok diizinkan pada sambungan breis di luar elemen perangkai jika gaya-gaya komponen struktur dan sambungan yang dihasilkan dibahas dalam desain dan tidak mengubah sumber kapasitas deformasi inelastis yang diharapkan.

RBE-K yang didesain menurut ketentuan ini diharapkan menyediakan kapasitas deformasi inelastis signifikan terutama melalui pelelehan geser atau lentur pada elemen perangkai.

Kekuatan tersedia dari komponen struktur harus memenuhi persyaratan dalam *Spesifikasi*, kecuali seperti yang dimodifikasi dalam pasal ini.

3. Analisis

Analisis RBE-K harus memenuhi persyaratan analisis Pasal F3.3.

4. Persyaratan Sistem

Persyaratan sistem untuk RBE-K harus memenuhi persyaratan sistem Pasal F3.4.

5. Komponen Struktur

Persyaratan komponen struktur RBE-K harus memenuhi persyaratan komponen struktur Pasal F3.5.

6. Sambungan

Persyaratan sambungan RBE-K harus memenuhi persyaratan sambungan Pasal F3.6 kecuali yang tercantum di bawah ini.

6a. Sambungan Balok ke Kolom

Bila breis atau pelat buhul disambungkan ke kedua komponen struktur pada sambungan balok ke kolom, sambungan harus sesuai dengan satu dari yang berikut:

SNI 7860:2020

- (a) Sambungan harus sambungan yang sederhana yang memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Pasal B3.4a di mana rotasi perlu diambil sebesar 0,025 rad; atau
- (b) Sambungan balok ke kolom harus memenuhi persyaratan untuk sambungan momen terkekang penuh (KP) seperti disyaratkan dalam Pasal D2, G2.6d, dan G2.6e.

Kekuatan lentur perlu sambungan harus ditentukan dari analisis dan diperhitungkan dalam kombinasi dengan kekuatan perlu sambungan breis dan sambungan balok, termasuk gaya-gaya kolektor diafragma yang ditentukan menggunakan beban seismik kekuatan lebih.

H4. DINDING GESER BIASA KOMPOSIT (DGB-K)

1. Ruang Lingkup

Dinding geser biasa komposit (DGB-K) harus didesain menurut pasal ini. Pasal ini berlaku untuk dinding beton bertulang tidak terkopel dengan elemen batas komposit, dan dinding beton bertulang terkopel dengan atau tanpa elemen batas komposit, dengan balok baja struktural atau balok kopel komposit yang menghubungkan dua atau lebih dinding beton bertulang yang bersebelahan.

2. Dasar Desain

DGB-K yang didesain menurut ketentuan ini diharapkan memberi kapasitas deformasi inelastis terbatas melalui pelelehan pada dinding beton bertulang dan elemen baja atau elemen komposit.

Dinding beton bertulang harus memenuhi persyaratan ACI 318 tidak termasuk Bab 18, kecuali seperti yang dimodifikasi dalam pasal ini.

3. Analisis

Analisis harus memenuhi persyaratan Bab C seperti yang dimodifikasi dalam pasal ini.

- (a) Nilai kekakuan efektif tak retak untuk analisis elastis harus ditetapkan menurut ACI 318 Bab 6 untuk pier dinding dan balok kopel komposit.
- (b) Apabila fungsi profil terbungkus beton sebagai komponen struktur batas, analisis harus berdasarkan suatu penampang beton transformasi menggunakan properti material elastis.

4. Persyaratan Sistem

Pada dinding terkopel, diizinkan untuk meredistribusi gaya-gaya balok kopel secara vertikal ke lantai-lantai yang berdekatan. Gaya geser pada tiap balok kopel individu tidak boleh direduksi lebih dari 20% dari nilai yang ditentukan secara elastis. Jumlah ketahanan geser balok kopel di sepanjang tinggi bangunan gedung harus lebih besar dari atau sama dengan jumlah dari nilai yang ditentukan secara elastis.

5. Komponen Struktur

5a. Komponen Struktur Batas

Komponen struktur pembatas harus memenuhi persyaratan berikut:

- Kekuatan aksial perlu komponen struktur batas harus ditentukan dengan asumsi bahwa gaya geser disalurkan melalui dinding beton bertulang dan seluruh gaya gravitasi serta gaya guling disalurkan melalui komponen struktur batas bersama-sama dengan dinding geser.
- Apabila komponen struktur batas baja struktural terbungkus beton memenuhi syarat sebagai suatu kolom komposit seperti dijelaskan dalam *Spesifikasi* Bab I, maka komponen struktur tersebut harus didesain sebagai kolom komposit untuk memenuhi persyaratan Bab I *Spesifikasi*.
- Stad berkepala atau angkur tulangan yang dilas harus disediakan untuk menyalurkan kekuatan geser perlu antara komponen struktur batas baja struktural dan dinding beton bertulang. Stad berkepala, jika digunakan, harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Bab I. Angkur tulangan yang dilas, jika digunakan, harus memenuhi persyaratan *Structural Welding Code-Reinforcing Steel* (AWS D1.4/D1.4M)

5b. Balok Kopel

1. Balok Kopel Baja Struktural

Balok kopel baja struktural yang digunakan di antara dinding beton bertulang yang bersebelahan harus memenuhi persyaratan-persyaratan *Spesifikasi* dan pasal ini. Persyaratan berikut berlaku untuk balok kopel baja sayap lebar.

- Balok kopel baja harus didesain memenuhi persyaratan Bab F dan G *Spesifikasi*.
- Kekuatan geser sambungan tersedia, $\phi V_{n,connection}$, harus dihitung dari Persamaan H4-1 dan H4-1M, dengan $\phi = 0,90$.

$$V_{n,connection} = 1,54 \sqrt{f'_c} \left(\frac{b_w}{b_f} \right)^{0,66} \beta_1 b_f L_e \left(\frac{0,58 - 0,22\beta_1}{0,88 + \frac{g}{2L_e}} \right) \quad (H4-1)$$

$$V_{n,connection} = 4,04 \sqrt{f'_c} \left(\frac{b_w}{b_f} \right)^{0,66} \beta_1 b_f L_e \left(\frac{0,58 - 0,22\beta_1}{0,88 + \frac{g}{2L_e}} \right) \quad (H4-1M)$$

dengan

- L_e = panjang penanaman balok kopel diukur dari muka dinding, in. (mm)
- b_w = tebal *pier* dinding, in. (mm)
- b_f = lebar sayap balok, in. (mm)
- f'_c = kekuatan tekan terspesifikasi beton, ksi (MPa)
- β_1 = faktor yang menghubungkan tinggi blok tegangan tekan persegi panjang ekuivalen dengan tinggi sumbu netral, seperti dijelaskan dalam ACI 318
- g = bentang bersih balok kopel, in. (mm)

- (c) Tulangan dinding vertikal dengan kekuatan aksial nominal yang sama dengan kekuatan geser perlu balok kopel harus berada di sepanjang penanaman balok dengan dua-pertiga dari baja terletak sepanjang paruh pertama dari panjang yang tertanam. Tulangan dinding ini harus membentang di suatu jarak paling sedikit satu panjang penyaluran tarik di atas dan di bawah sayap balok kopel. Tulangan vertikal yang ditempatkan untuk tujuan lain, seperti untuk komponen struktur batas vertikal, sebagai bagian dari tulangan vertikal yang diperlukan, boleh digunakan.

2. Balok Kopel Komposit

Penampang komposit terbungkus beton yang bekerja sebagai balok kopel harus memenuhi persyaratan berikut:

- (a) Balok kopel harus memiliki panjang penanaman ke dinding beton bertulang sehingga mencukupi untuk mengembangkan kekuatan geser perlu, dengan kekuatan sambungan dihitung dengan Persamaan H4-1 atau H4-1M. Kekuatan geser tersedia balok komposit, $\phi V_{n,comp}$, dihitung dari Persamaan H4-2 dan H4-2M, dengan $\phi = 0,90$.

$$V_{n,comp} = V_p + \left(0,0632 \sqrt{f'_c} b_{wc} d_c + \frac{A_{sr} F_{ysr} d_c}{s} \right) \quad (H4-2)$$

$$V_{n,comp} = V_p + \left(0,166 \sqrt{f'_c} b_{wc} d_c + \frac{A_{sr} F_{ysr} d_c}{s} \right) \quad (H4-2M)$$

dengan

- A_{sr} = luas tulangan transversal, in.² (mm²)
- F_{ysr} = tegangan leleh minimum terspesifikasi tulangan transversal, ksi (MPa)
- V_p = $0,6F_y A_w$, kips (N)
- A_w = luas badan balok baja, in.² (mm²)
- b_{wc} = lebar penampang beton pembungkus, in. (mm)
- d_c = tinggi efektif penampang beton pembungkus, in. (mm)
- s = spasi tulangan transversal, in. (mm)

5c. Zona Terlindung

Tidak ada zona terlindung yang ditunjuk.

6. Sambungan

Tidak ada persyaratan tambahan di luar Pasal H4.5.

6a. Las Kritis Perlu

Tidak ada persyaratan khusus untuk sistem ini.

H5. DINDING GESER KHUSUS KOMPOSIT (DGK-K)

1. Ruang Lingkup

Dinding geser khusus komposit (DGK-K) harus didesain menurut pasal ini. Pasal ini berlaku bila dinding beton bertulang adalah komposit dengan elemen baja struktural, termasuk baja struktural atau penampang komposit yang bekerja sebagai komponen struktur batas untuk dinding dan balok baja struktural atau balok kopel komposit yang menyambungkan dua atau lebih dinding beton bertulang yang bersebelahan.

2. Dasar Desain

DGK-K yang didesain menurut ketentuan ini diharapkan dapat menyediakan kapasitas deformasi inelastis signifikan melalui pelelehan dalam dinding beton bertulang dan elemen baja atau elemen komposit. Elemen dinding beton bertulang harus didesain untuk menyediakan deformasi inelastis pada drift antar tingkat desain konsisten dengan ACI 318 termasuk Bab 18. Balok baja struktural dan balok kopel komposit harus didesain untuk menyediakan deformasi inelastis pada drift antar tingkat desain melalui pelelehan dalam lentur atau geser. Sambungan balok kopel dan desain dari dinding harus didesain dengan memperhitungkan kekuatan terekspektasi termasuk pengerasan regangan dalam balok kopel. Elemen pembatas baja struktural dan komposit harus didesain untuk menyediakan deformasi inelastis pada drift antar tingkat desain melalui pelelehan akibat gaya aksial.

Sistem DGK-K harus memenuhi persyaratan Pasal H4 dan persyaratan dinding geser dari ACI 318 termasuk Bab 18, kecuali seperti yang dimodifikasi dalam pasal ini.

Catatan Pengguna: Balok kopel baja dapat diproporsikan untuk menjadi kritis geser atau kritis lentur. Balok kopel dengan panjang $g \leq 1,6 M_p/V_p$ dapat diasumsikan sebagai kritis geser, dengan g , M_p dan V_p dijelaskan dalam Pasal H4.5b.1. Balok kopel dengan panjang $g \geq 2,6 M_p/V_p$ dapat dianggap sebagai kritis lentur. Panjang balok kopel di antara kedua nilai tersebut dianggap mengalami leleh dalam kondisi lentur dan geser secara bersamaan.

3. Analisis

Persyaratan analisis Pasal H4.3 harus dipenuhi dengan pengecualian sebagai berikut:

- (a) Nilai kekakuan efektif penampang retak untuk analisis elastis harus ditetapkan menurut ACI 318 Bab 6 yang diterapkan untuk pier dinding dan balok kopel komposit.
- (b) Efek distorsi geser balok kopel baja harus diperhitungkan.

4. Persyaratan Sistem

Selain persyaratan sistem Pasal H4.4, hal-hal berikut harus dipenuhi:

- (a) Pada dinding terkopel, balok kopel harus leleh di sepanjang tinggi struktur diikuti dengan pelelehan pada dasar pier dinding.
- (b) Pada dinding terkopel, kekuatan desain aksial dinding pada kondisi seimbang, P_b , harus sama atau melampaui total kekuatan aksial tekan perlu pada pier dinding, dihitung sebagai jumlah kekuatan perlu yang berhubungan dengan dinding-dinding dari komponen beban gravitasi dalam kombinasi beban lateral ditambah jumlah kekuatan geser balok terekspektasi yang ditingkatkan dengan faktor 1,1

untuk memperhitungkan efek pengerasan regangan pada semua balok kopel yang merangka ke dinding.

5. Komponen Struktur

5a. Elemen Daktail

Pengelasan pada balok kopel baja diizinkan untuk pengikatan pengaku-pengaku, seperti yang disyaratkan dalam Pasal F3.5b.4.

5b. Komponen Struktur Batas

Kolom baja struktural yang tidak terbungkus beton harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail tinggi dan Pasal H4.5a(a).

Selain persyaratan Pasal H4.3(b) dan H4.5a(b), persyaratan dalam pasal ini berlaku untuk dinding dengan komponen struktur batas baja struktural terbungkus beton. Komponen struktur pembatas baja struktural terbungkus beton yang memenuhi syarat sebagai kolom komposit dalam *Spesifikasi* Bab I harus memenuhi persyaratan komponen struktur daktail tinggi Pasal D1.4b.2. Sebaliknya, komponen struktur tersebut harus didesain sebagai komponen struktur tekan komposit untuk memenuhi persyaratan ACI 318, termasuk persyaratan gempa khusus untuk komponen struktur batas dalam ACI 318 Pasal 18.10.6. Tulangan transversal untuk pengekangan komponen struktur batas komposit harus dipasang hingga jarak $2h$ ke dalam dinding, dengan h adalah tinggi keseluruhan komponen struktur batas dalam bidang dinding.

Stad berkepala atau angkur perkuatan yang dilas harus disediakan seperti disyaratkan dalam Pasal H4.5a(c).

Tulangan dinding vertikal seperti disyaratkan dalam Pasal H4.5b.1(c) harus dikekang oleh tulangan transversal yang memenuhi persyaratan komponen struktur batas dalam ACI 318 Pasal 18.10.6.

5c. Balok Kopel Baja

Desain dan pendetailan balok kopel baja harus memenuhi yang berikut:

- (a) Panjang penanaman, L_e , balok kopel harus dihitung dari Persamaan H5-1 dan H5-1M.

$$V_n = 1,54 \sqrt{f_c'} \left(\frac{b_w}{b_f} \right)^{0,66} \beta_1 b_f L_e \left(\frac{0,58 - 0,22\beta_1}{0,88 + \frac{g}{2L_e}} \right) \quad (\text{H5-1})$$

$$V_n = 4,04 \sqrt{f_c'} \left(\frac{b_w}{b_f} \right)^{0,66} \beta_1 b_f L_e \left(\frac{0,58 - 0,22\beta_1}{0,88 + \frac{g}{2L_e}} \right) \quad (\text{H5-1M})$$

dengan

L_e = panjang penanaman balok kopel, dianggap mulai dari sisi dalam lapis pertama tulangan pengekang, yang paling dekat dengan sisi dinding, dalam komponen struktur batas dinding, in. (mm)

g = bentang bersih balok kopel ditambah selimut beton dinding di setiap ujung balok, in. (mm)

V_n = kekuatan geser terekspektasi balok kopel baja yang dihitung dari Persamaan H5-2, kips (N)

$$= \frac{2(1,1R_y)M_p}{g} \leq (1,1R_y)V_n \quad (\text{H5-2})$$

dengan

- A_{tw} = luas badan balok baja, in.² (mm²)
- F_y = tegangan leleh minimum terekspektasi, ksi (MPa)
- M_p = $F_y Z$, kip-in. (N-mm)
- V_p = $0,6 F_y A_{tw}$, kips. (N)
- Z = modulus penampang plastis terhadap sumbu lentur, in.³ (mm³)

- (b) Balok kopel baja struktural harus memenuhi persyaratan Pasal F3.5b, kecuali bahwa untuk penampang tersusun, las sayap ke balok diizinkan untuk dibuat dengan las filet dua sisi, las gruv penetrasi joint parsial, atau las gruv penetrasi joint komplet yang mengembangkan kekuatan terekspektasi balok. Apabila disyaratkan dalam Pasal F3.5b.4, rotasi balok kopel harus diasumsikan sebagai rotasi elemen perangkai sebesar 0,08 rad kecuali nilai terkecil yang dibenarkan oleh analisis rasional dari deformasi inelastis yang diharapkan akibat drift antar tingkat desain. Pelat tumpuan muka harus disediakan pada kedua sisi balok kopel di muka dinding beton bertulang. Pelat-pelat tersebut harus memenuhi persyaratan pendetailan Pasal F3.5b.4.
- (c) Balok kopel baja harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail tinggi. Sayap-sayap balok kopel dengan profil I dengan $g \leq 1,6 M_p/V_p$ diizinkan untuk memenuhi persyaratan untuk komponen struktur daktail sedang.
- (d) Komponen struktur baja yang tertanam harus dilengkapi dengan dua daerah tulangan penyalur vertikal yang diikatkan pada sayap atas dan bawah dari komponen struktur tertanam. Daerah pertama harus terletak bertepatan dengan lokasi batang tulangan dinding longitudinal yang paling dekat dengan muka dinding. Daerah kedua harus berada pada jarak yang tidak kurang dari $d/2$ dari penghentian panjang penanaman. Semua batang tulangan penyalur harus sepenuhnya dikembangkan di mana batang tulangan tersebut bertemu dengan sayap balok yang mengkopel. Penggunaan pengangkuran lurus, dikait atau mekanis untuk menyediakan pengembangan diizinkan. Penggunaan kopler mekanis yang di las ke sayap untuk melekatkan batang tulangan penyalur beban vertikal diizinkan. Luas tulangan penyalur vertikal yang diperlukan dihitung dengan Persamaan H5-3:

$$A_{tb} \geq 0,03 f'_c L_{eb} b_f / F_{ysr} \quad (\text{H5-3})$$

dengan

- A_{tb} = luas tulangan penyalur yang diperlukan pada setiap daerah pertama dan kedua yang melekat pada setiap sayap atas dan bawah, in.² (mm²)
- F_{ysr} = tegangan leleh minimum tulangan penyalur terspesifikasi, ksi (MPa)
- b_f = lebar sayap balok, in. (mm)
- f'_c = kekuatan tekan beton terspesifikasi, ksi (MPa)

Luas tulangan penyalur vertikal tidak boleh melampaui yang dihitung dengan Persamaan H5-4:

$$\sum A_{tb} < 0,08 L_e b_w - A_{sr} \quad (\text{H5-4})$$

dengan

$$\begin{aligned} \sum A_{tb} &= \text{luas total tulangan penyalur yang disediakan pada daerah pertama dan kedua yang melekat pada sayap atas atau bawah, in.}^2 \text{ (mm}^2\text{)} \\ A_{sr} &= \text{luas tulangan dinding longitudinal yang tersedia di sepanjang panjang penanaman, } L_e, \text{ in.}^2 \text{ (mm}^2\text{)} \\ b_w &= \text{lebar dinding, in. (mm)} \end{aligned}$$

5d. Balok Kopel Komposit

Penampang komposit terbungkus beton yang berfungsi sebagai balok kopel harus memenuhi persyaratan Pasal H5.5c kecuali persyaratan Pasal F3.5b.4 tidak perlu dipenuhi, dan Persamaan H5-5 atau H5-5M harus digunakan sebagai pengganti Persamaan H4-2 atau H4-2M. Untuk semua balok kopel komposit terbungkus beton, kekuatan geser terekspektasi yang membatasi, V_{comp} , adalah:

$$V_{comp} = 1,1R_y V_p + 0,08 \sqrt{R_c f'_c} b_{wc} d_c + \frac{1,33R_{yr} A_s F_{ysr} d_c}{s} \quad \text{(H5-5)}$$

$$V_{comp} = 1,1R_y V_p + 0,21 \sqrt{R_c f'_c} b_{wc} d_c + \frac{1,33R_{yr} A_s F_{ysr} d_c}{s} \quad \text{(H5-5M)}$$

dengan

$$\begin{aligned} F_{ysr} &= \text{tegangan leleh tulangan transversal terspesifikasi, ksi (MPa)} \\ R_c &= \text{faktor untuk memperhitungkan kekuatan beton terekspektasi} = 1,5 \\ R_{yr} &= \text{rasio tegangan leleh terekspektasi material tulangan transversal terhadap tegangan leleh terspesifikasi, } F_{ysr} \end{aligned}$$

5e. Zona Terlindung

Bentang bersih balok kopel di antara muka-muka dinding geser harus ditunjuk sebagai zona terlindung dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3. Penyambungan pengaku-pengaku dan pelat-pelat tumpu muka sebagaimana disyaratkan Pasal H5.5c(b), diizinkan.

6. Sambungan

6a. Las Kritis Perlu

Las-las yang berikut adalah las kritis perlu, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (a) Las-las gruv pada sambungan kolom
- (b) Las-las pada sambungan kolom ke pelat dasar
Pengecualian: Las tidak perlu dianggap kritis perlu jika semua kondisi berikut dipenuhi:
 - (1) Pembentukan sendi plastis kolom yang berada di, atau dekat dengan, pelat dasar kolom tidak dimungkinkan oleh kondisi kekangan.
 - (2) Tidak terdapat tegangan tarik neto akibat kombinasi beban termasuk beban seismik kekuatan lebih.

6b. Splais Kolom

Splais kolom harus didesain sesuai dengan persyaratan Pasal G2.6f.

H6. DINDING GESER PELAT KOMPOSIT TERBUNGKUS BETON (DGP-K/BB)**1. Ruang Lingkup**

Dinding geser pelat komposit terbungkus beton (DGP-K/BB) harus didesain menurut pasal ini. DGP-K/BB terdiri dari pelat baja dengan bungkus beton bertulang pada satu atau kedua sisi pelat dan komponen struktur batas baja struktural atau komposit.

2. Dasar Desain

DGP-K/BB yang didesain menurut ketentuan ini diharapkan dapat menyediakan kapasitas deformasi inelastis yang signifikan melalui pelelehan di dalam badan pelat. Elemen pembatas horizontal (EBH) dan elemen batas vertikal (EBV) yang berdekatan dengan badan komposit harus didesain untuk tetap pada dasarnya elastis akibat gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan oleh badan baja yang leleh secara penuh di sepanjang badan beton bertulang sesudah badan baja mengalami pelelehan penuh, kecuali bahwa sendi plastis pada ujung EBH diizinkan terjadi.

3. Analisis**3a. Badan**

Analisis harus memperhitungkan bukaan-bukaan pada badan.

3b. Komponen Struktur dan Sambungan Lainnya

Kolom, balok dan sambungan pada DGP-K/BB harus didesain untuk menahan gaya-gaya seismik yang ditentukan dari suatu analisis yang mencakup kekuatan terekspektasi badan baja dalam kondisi geser, $0,6R_yF_yA_{sp}$, dan tiap bagian beton bertulang dari dinding yang aktif pada drift antar tingkat desain,

dengan

A_{sp} = luas horizontal pelat baja yang diperkaku, in.² (mm²)

F_y = tegangan leleh minimum terspesifikasi, ksi (MPa)

R_y = rasio tegangan leleh terekspektasi terhadap tegangan leleh terspesifikasi,

F_y

EBV diizinkan untuk leleh pada tumpuan dasar.

4. Persyaratan Sistem**4a. Tebal Pelat Baja**

Pelat baja dengan ketebalan kurang dari 3/8 in. (10 mm) tidak boleh digunakan.

4b. Kekakuan Elemen Batas Vertikal

EBV harus memenuhi persyaratan pasal F5.4a.

SNI 7860:2020

4c. Rasio Momen Sambungan EBH ke EBV

Rasio momen balok-kolom harus memenuhi persyaratan Pasal F5.4b.

4d. Pembreisan

EBH harus terbreis untuk memenuhi persyaratan untuk komponen struktur daktail sedang.

4e. Bukaan pada Badan

Komponen struktur pembatas harus diberi bukaan di sekeliling badan dinding geser seperti disyaratkan oleh analisis.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

EBH dan EBV baja dan komposit harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail tinggi.

5b. Badan

Kekuatan geser desain, ϕV_n , untuk kondisi batas pelelehan geser dengan pelat komposit yang sesuai dengan Pasal H6.5c adalah:

$$V_n = 0,6A_{sp}F_y \quad (H6-1)$$

$$\phi = 0,90 \text{ (DFBT)}$$

dengan

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

A_{sp} = luas horizontal pelat baja diperkaku, in.² (mm²)

Kekuatan geser tersedia DGP-K/BB dengan suatu pelat yang tidak memenuhi persyaratan pengakuan dalam Pasal H6.5c harus berdasarkan kekuatan pelat yang ditentukan menurut Pasal F5.5 dan harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Pasal G2.

5c. Elemen Pengaku Beton

Pelat baja harus diperkaku dengan pembungkusan atau pelekatan ke panel beton bertulang. Kesesuaian dengan persyaratan ini harus dibuktikan dengan analisis tekuk pelat elastis yang memperlihatkan bahwa dinding komposit mampu menahan gaya geser nominal sebesar V_{ns} , seperti yang ditentukan dalam Pasal H6.5b.

Ketebalan beton minimum harus 4 in. (100 mm) pada setiap sisi bila beton disediakan di kedua sisi pelat baja dan 8 in. (200 mm) bila beton disediakan pada satu sisi pelat baja. Angkur baja stad berkepala atau sambungan mekanikal lainnya harus disediakan untuk mencegah tekuk lokal dan pemisahan pelat dan beton bertulang. Penulangan horizontal dan vertikal harus tersedia pada bungkus beton untuk memenuhi atau melampaui persyaratan ACI 318 Pasal 11.6 dan 11.7. Rasio penulangan dalam kedua arah tidak boleh kecil dari 0,0025. Jarak maksimum antar batang tulangan tidak boleh melampaui 18 in. (450 mm).

5d. Komponen Struktur Batas

Komponen struktur pembatas baja struktural dan komposit harus didesain untuk menahan kekuatan geser terekspektasi pelat baja dan porsi beton bertulang dari dinding beton bertulang yang aktif pada drift antar tingkat desain. Komponen pembatas komposit dan beton bertulang juga harus memenuhi persyaratan Pasal H5.5b. Komponen struktur pembatas baja juga harus memenuhi persyaratan Pasal F5.

5e. Zona Terlindung

Tidak ada zona terlindung yang ditunjuk.

6. Sambungan**6a. Las Kritis Perlu**

Las-las yang berikut adalah las kritis perlu, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (a) Las-las gruv pada sambungan kolom
- (b) Las-las pada sambungan kolom ke pelat dasar
Pengecualian: Las tidak perlu dianggap kritis perlu jika semua kondisi berikut dipenuhi:
 - (1) Pembentukan sendi plastis kolom yang berada di, atau dekat dengan, pelat dasar kolom tidak dimungkinkan oleh kondisi kekangan.
 - (2) Tidak terdapat tegangan tarik neto akibat kombinasi beban termasuk beban seismik kekuatan lebih.
- (c) Las-las pada sambungan EBH ke EBV

6b. Sambungan EBH ke EBV

Sambungan EBH ke EBV harus memenuhi persyaratan Pasal F5.6b.

6c. Sambungan Pelat Baja ke Elemen Batas

Pelat baja harus di las secara menerus atau dibaut pada semua tepi ke rangka baja struktural dan/atau komponen struktur batas baja, atau komponen baja dari komponen struktur batas komposit. Las dan/atau baut kekuatan tinggi slip-kritis yang diperlukan untuk mengembangkan kekuatan geser nominal pelat harus disediakan.

6d. Sambungan Pelat Baja ke Panel Beton Bertulang

Angkur baja di antara pelat baja dan panel beton bertulang harus didesain untuk mencegah tekuk secara keseluruhan. Angkur baja harus didesain untuk memenuhi kondisi-kondisi berikut:

1. Gaya Tarik pada Konektor

Angkur baja harus didesain untuk menahan gaya tarik yang dihasilkan dari tekuk lokal inelastis pelat baja.

2. Gaya Geser dalam Konektor

Angkur baja secara kolektif harus didesain untuk menyalurkan kekuatan geser terekspektasi dari pelat baja atau panel beton bertulang, diambil yang terkecil.

6e. Splais Kolom

Selain persyaratan Pasal D2.5, splais kolom harus sesuai dengan persyaratan pasal ini. Jika las digunakan untuk membuat splais, las tersebut harus berupa las gruv penetrasi joint komplet. Jika splais kolom tidak dibuat dengan las gruv, splais tersebut harus memiliki kekuatan lentur perlu yaitu paling sedikit sama dengan kekuatan lentur plastis, M_{pcc} , kolom komposit terkecil. Kekuatan lentur perlu splais badan kolom harus paling sedikit sama dengan $\sum M_{pcc}/H$, dengan $\sum M_{pcc}$ adalah jumlah kekuatan lentur plastis di ujung-ujung atas dan bawah kolom komposit dan H adalah tinggi tingkat. Untuk kolom komposit, kekuatan lentur plastis harus memenuhi persyaratan-persyaratan *Spesifikasi* Bab I dengan memperhitungkan kekuatan aksial perlu P_{rc} .

H7. DINDING GESER PELAT KOMPOSIT – TERISI BETON (DGP-K/IB)

1. Ruang Lingkup

Dinding geser pelat komposit – terisi beton (DGP-K/IB) harus didesain menurut pasal ini. Pasal ini berlaku untuk dinding geser pelat komposit yang terdiri dari dua pelat badan baja bidang dengan pengisi beton di antara pelat-pelat, dengan atau tanpa elemen batas. Aksi komposit antara pelat-pelat dan pengisi beton harus dicapai menggunakan batang-batang pengikat atau kombinasi batang pengikat dan stad geser. Kedua pelat tersebut harus sama tebal dan harus ditempatkan pada jarak yang konstan dan menggunakan batang-batang pengikat. Jika termasuk komponen struktur batas, komponen struktur tersebut harus penampang setengah lingkaran dengan diameter sama dengan jarak antara kedua pelat badan atau tabung baja terisi-beton lingkaran.

2. Dasar Desain

DGP-K/IB yang didesain menurut ketentuan ini diharapkan dapat menyediakan kapasitas deformasi inelastis yang signifikan melalui pengembangan kekuatan momen plastis penampang komposit DGP-K/IB, dengan pelelehan seluruh pelat selubung dan beton yang mencapai kekuatan tekannya. Penampang tersebut harus didetail sehingga mampu mencapai kekuatan momen plastis. Pelelehan geser pelat selubung badan baja tidak boleh menjadi mekanisme yang menentukan.

DGP-K/IB tanpa elemen batas yang didesain sesuai dengan ketentuan ini diharapkan untuk menyediakan kapasitas deformasi inelastis dengan pengembangan kekuatan momen leleh pada penampang DGP-K/IB, dengan pelelehan tarik lentur pada pelat-pelat baja. Dinding-dinding tersebut harus didetail sehingga pelelehan tekan lentur terjadi sebelum tekuk lokal pada pelat-pelat baja.

3. Analisis

Analisis harus memenuhi berikut ini:

- (a) Kekakuan lentur efektif dinding harus dihitung sesuai Persamaan 12-12 *Spesifikasi*, dengan C_3 diambil sebesar 0,40.
- (b) Kekakuan geser dinding harus dihitung menggunakan kekakuan geser penampang melintang komposit.

4. Persyaratan Sistem

4a. Pelat Badan DGP-K/IB dengan Elemen Batas

Spasi maksimum batang-batang pengikat dalam arah vertikal dan horizontal, w_i , harus:

$$w_i = 1,8t \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{H7-1})$$

dengan

- E = modulus elastisitas baja = 29.000 ksi (200 000 MPa)
- F_y = tegangan leleh minimum terspesifikasi, ksi (MPa)
- t = tebal pelat badan baja, in. (mm)

4b. Pelat Badan DGP-K/IB tanpa Elemen Batas

Spasi maksimum batang-batang pengikat dalam arah vertikal dan horizontal, w_1 , harus:

$$w_1 = 1,0t \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{H7-2})$$

dengan

- t = tebal pelat badan baja, in. (mm)

4c. Ujung DGP-K/IB Setengah Lingkaran atau Lingkaran Penuh dengan Elemen Batas

Rasio D/t_{HSS} untuk bagian lingkaran penampang DGP-K/IB harus sesuai dengan:

$$\frac{D}{t_{HSS}} \leq 0,044 \frac{E}{F_y} \quad (\text{H7-3})$$

dengan

- D = diameter luar PSR (*HSS*) bundar, in. (mm)
- t = tebal PSR (*HSS*), in. (mm)

4d. Spasi Batang Pengikat dalam DGP-K/IB dengan atau tanpa Elemen Batas

Batang-batang pengikat harus terdistribusi dalam arah vertikal dan horizontal, seperti dijelaskan dalam Persamaan H7-1 dan H7-2.

4e. Diameter Batang Pengikat dalam DGP-K/IB dengan atau tanpa Elemen Batas

Batang-batang pengikat harus didesain untuk menahan gaya tarik, T_{req} , secara elastis yang ditentukan sebagai berikut:

$$T_{req} = T_1 + T_2 \quad (H7-4)$$

T_1 adalah gaya tarik yang dihasilkan dari pelat badan tertekuk secara lokal yang mengembangkan sendi plastis pada garis leleh horizontal di sepanjang batang pengikat dan pada setengah jarak vertikal di antara batang-batang pengikat, dan ditentukan sebagai berikut:

$$T_1 = 2 \left(\frac{w_2}{w_1} \right) t_s^2 F_y \quad (H7-5)$$

dengan

t_s = tebal pelat badan baja yang tersedia, in. (mm)
 w_1, w_2 = spasi batang-batang pengikat vertikal dan horizontal, in. (mm)

T_2 adalah gaya tarik yang berkembang untuk mencegah pembelahan elemen beton pada bidang sejajar dengan pelat baja.

$$T_2 = \left(\frac{t_s F_{y,plate} t_w}{4} \right) \left(\frac{w_2}{w_1} \right) \left[\frac{6}{18 \left(\frac{t_w}{w_{min}} \right)^2 + 1} \right] \quad (H7-6)$$

dengan

t_w = tebal total dinding, in. (mm)
 w_{min} = minimum dari w_1 dan w_2 , in. (mm)

4f. Sambungan antara Batang Pengikat dan Pelat Baja

Sambungan antara batang pengikat dan pelat baja harus mampu mengembangkan kekuatan tarik penuh batang pengikat.

4g. Sambungan antara Komponen-komponen Baja DGP-K/IB

Las-las antara pelat badan baja dan ujung-ujung setengah lingkaran atau lingkaran penuh penampang melintang harus merupakan las gruv penetrasi joint komplet.

4h. Sambungan antara DGP-K/IB dan Fondasi

Sambungan antara DGP-K/IB dan fondasi harus didetailkan agar sambungan tersebut mampu menyalurkan gaya geser dan gaya aksial dasar yang bekerja bersama dengan momen guling, yang berhubungan dengan 1,1 kali kekuatan lentur komposit plastis dinding, di mana kekuatan komposit lentur plastis diperoleh dengan metode distribusi tegangan plastis yang dijelaskan dalam *Spesifikasi* Pasal I1.2a dengan mengasumsikan bahwa komponen-komponen baja telah mencapai tegangan sebesar kekuatan leleh terekspektasi, $R_y F_y$, dalam kondisi tarik atau tekan dan komponen-komponen baja dalam kondisi tekan akibat gaya aksial dan lentur yang mencapai tegangan sebesar f_c' .

5. Komponen Struktur

5a. Kekuatan Lentur

Kekuatan momen plastis nominal DGP-K/IB dengan elemen batas harus dihitung dengan mempertimbangkan bahwa semua beton dalam kondisi tarik sudah mencapai kekuatan tekan terspesifikasi, f_c' , dan bahwa baja dalam kondisi tarik dan tekan sudah

mencapai kekuatan leleh minimum terspesifikasi, F_y , yang ditentukan berdasarkan lokasi sumbu netral plastis.

Kekuatan momen nominal DGP-K/IB tanpa elemen batas harus dihitung sebesar momen leleh, M_y , yang berhubungan dengan pelelehan pelat baja dalam kondisi tarik lentur dan leleh pertama dalam kondisi tekan lentur. Kekuatan pada leleh pertama harus dihitung dengan mengasumsikan distribusi tegangan elastis linier dengan tegangan tekan beton maksimum dibatasi sebesar $0,7f_c'$ dan tegangan baja maksimum dibatasi sebesar F_y .

Catatan Pengguna: Pengertian dan perhitungan momen leleh, M_y , untuk DGP-K/IB tanpa elemen batas serupa dengan Pengertian dan perhitungan momen leleh, M_y , untuk komponen struktur komposit terisi beton nonkompak dalam *Spesifikasi Pasal I3.4b(b)*.

5b. Kekuatan Geser

Kekuatan geser tersedia DGP-K/IB harus ditentukan sebagai berikut:

- (a) Kekuatan geser desain, ϕV_{ni} , DGP-K/IB dengan elemen batas harus ditentukan sebagai berikut:

$$V_{ni} = \kappa F_y A_{sw} \quad (\text{H7-7})$$

$$\phi = 0,90 \text{ (DFBT)}$$

dengan

$$\kappa = 1,11 - 5,16\bar{p} \leq 1,0 \quad (\text{H7-8})$$

\bar{p} = rasio tulangan yang kekuatannya disesuaikan

$$= \frac{A_{sw} F_{yw}}{A_{cw} \sqrt{1000 f_c'}} \quad (\text{H7-9})$$

$$= \frac{1}{12} \frac{A_{sw} F_{yw}}{A_{cw} \sqrt{1000 f_c'}} \quad (\text{H7-9M})$$

A_{sw} = luas pelat badan baja, in.² (mm²)

A_{cw} = luas beton di antara pelat-pelat badan, in.² (mm²)

F_{yw} = tegangan leleh minimum terspesifikasi pelat selubung badan, ksi (MPa)

f_c' = tegangan tekan beton terspesifikasi, ksi (MPa)

Catatan Pengguna: Untuk kebanyakan kasus, $0,9 \leq \kappa \leq 1,0$

- (b) Kekuatan geser nominal DGP-K/IB tanpa elemen batas harus dihitung untuk pelat baja saja, sesuai dengan Pasal D1.4c.

BAB I FABRIKASI DAN EREKSI

Bab ini membahas persyaratan untuk fabrikasi dan ereksi.

Catatan Pengguna: Semua persyaratan dari *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Bab M juga diterapkan, kecuali secara spesifik dimodifikasi oleh standar ini.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- I1. Gambar Kerja dan Gambar Ereksi
- I2. Fabrikasi dan Ereksi

I1. GAMBAR KERJA DAN GAMBAR EREKSI

1. Gambar Kerja untuk Konstruksi Baja

Gambar kerja harus menunjukkan pekerjaan yang dilakukan, dan mencakup bagian-bagian yang disyaratkan oleh *Spesifikasi untuk bangunan gedung struktural*, AISC Code of standard practice for steel buildings and bridges, peraturan bangunan gedung yang berlaku, persyaratan Pasal A4.1 dan A4.2, dan yang berikut, yang sesuai:

- (1) Lokasi baut pratarik
- (2) Lokasi Kelas A, atau di atasnya, permukaan pelekatan
- (3) Pelat buhul dibuat berskala bila pelat tersebut dirancang untuk mengakomodasi rotasi inelastis
- (4) Dimensi lubang akses las, profil permukaan dan persyaratan penyelesaian akhir
- (5) Pengujian Non Destruktif (UND) yang dilakukan oleh pabrikator

2. Gambar Ereksi untuk Konstruksi Baja

Gambar ereksi harus menunjukkan pekerjaan yang dilakukan, dan mencakup bagian-bagian yang disyaratkan oleh *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*, AISC Code of standard practice for steel buildings and bridges, peraturan bangunan gedung yang berlaku, persyaratan Pasal A4.1 dan A4.2, dan yang berikut, yang sesuai:

- (1) Lokasi baut pratarik
- (2) Joint atau kelompok joint dengan pemesanan rakitan khusus, urutan pengelasan, teknik pengelasan atau tindakan pencegahan khusus lainnya yang disyaratkan.

3. Gambar Kerja dan Gambar Ereksi untuk Konstruksi Komposit

Gambar kerja dan gambar ereksi untuk komponen baja dari baja komposit-konstruksi beton harus memenuhi persyaratan Pasal I1.1 dan I1.2. Gambar kerja dan gambar ereksi juga harus memenuhi persyaratan Pasal A4.3.

Catatan Pengguna: Untuk konstruksi beton bertulang dan beton-baja komposit, digunakan ketentuan ACI 315 *Details and Detailing of Concrete Reinforcement* and ACI 315-R *Manual of Engineering and Placing Drawings for Reinforced Concrete Structures*.

12. FABRIKASI DAN EREKSI

1. Zona Terlindung

Zona terlindung yang dimaksud oleh standar ini atau ANSI/AISC 358 harus memenuhi persyaratan berikut ini:

- (1) Dalam zona terlindung, lubang-lubang, las titik, peralatan ereksi, *air-arc gouging* dan pemotongan termal yang tidak ditentukan dari fabrikasi atau pelaksanaan ereksi harus diperbaiki seperti yang diminta oleh *penanggungjawab perancangan*.
- (2) Angkur baja stad berkepala dan pengikatan pendukung yang menembus sayap balok tidak boleh ditempatkan pada sayap balok di zona terlindung.
- (3) Diizinkan menggunakan las busur titik (*Arc spot weld*) untuk mengamankan *decking*.
- (4) Ikatan yang dilas, dibaut, diskrup atau ditembak untuk siku tepi perimeter, fasad eksterior, partisi, pekerjaan dakting, perpipaan atau konstruksi lainnya tidak boleh berada pada zona terlindung.

Pengecualian: Ikatan lainnya diizinkan bila ditunjukkan atau disetujui oleh penanggungjawab perancangan. Lihat pasal D1.3.

Catatan Pengguna: AWS D1.8/D1.8M Pasal 6.18 berisi persyaratan untuk penghilangan las dan perbaikan *gouge* dan takik pada zona terlindung.

2. Joint Baut

Joint baut harus memenuhi persyaratan Pasal D2.2.

3. Joint Las

Pengelasan dan sambungan las harus menurut *Structural Welding Code – Steel* (AWS D1.1/D1.1M), selanjutnya disebut seperti AWS D1.1/D1.1M, dan AWS D1.8/D1.8M.

Spesifikasi Prosedur Pengelasan (SPL) harus disetujui oleh penanggungjawab perancangan.

Tab las harus menurut AWS D1.8/D1.8M Pasal 6.10, kecuali pada las sisi luar dari ujung pelat penerus ke kolom, tab las dan logam las tidak perlu dihilangkan untuk yang lebih dekat dari ¼ in. (6 mm) dari tepi pelat penerus.

Pasal-pasal AWS D1.8/D18 yang berkaitan dengan fabrikasi harus berlaku sama untuk pengelasan di bengkel dan pengelasan lapangan saat ereksi.

Catatan Pengguna: AWS D1.8/D1.8 secara khusus ditulis untuk memberikan persyaratan tambahan untuk pengelasan pada *sistem penahan gaya seismik*, dan telah dikoordinasikan sedapat mungkin dengan Standar ini. Persyaratan AWS D1.8/D1.8M terkait dengan fabrikasi dan ereksi diatur sebagai berikut, termasuk lampiran normatif (wajib):

1. Persyaratan Umum
2. Dokumen Acuan
3. Definisi

SNI 7860:2020

4. Detail Sambungan Las
5. Kualifikasi Tukang Las
6. Pabrikasi

Lampiran A. WPS Heat Input Envelope Testing of Filler Metals for Demand Critical Welds

Lampiran B. Intermix CVN Testing of filler metal combinations (where one of the filler metals is FCAW-S)

Lampiran C. Supplemental Welder Qualification for Restricted Access Welding

Lampiran D. Supplemental Testing for Extended Exposure Limits for FCAW Filler Metals

AWS D1.8/D1.8 mensyaratkan penghilangan secara menyeluruh dari semua material tab las, menyisakan hanya logam dasar dan logam las pada tepi joint. Ini adalah untuk menghilangkan setiap diskontinuitas las pada ujung-ujung las, serta memfasilitasi pengujian partikel magnetik (UPM) pada daerah ini. Pada pelat penerus, Standar ini mengizinkan adanya sedikit sisa dari material tab las karena regangan berkurang pada pelat penerus, dan setiap diskontinuitas las yang tersisa di daerah ujung pengelasan ini mungkin tidak signifikan. Juga, penghilangan tab las pada pelat penerus tidak perlu dilakukan UPM.

AWS D1.8/D1.8M ayat 6 berjudul "Fabrikasi", tetapi maksud dari AWS adalah semua ketentuan dari AWS D1.8/D1.8M berlaku sama untuk kegiatan fabrikasi dan ereksi seperti yang dijelaskan dalam *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* dan dalam Standar ini.

4. Pelat Penerus dan Pengaku

Sudut dari pelat penerus dan pengaku yang ditempatkan pada badan dari profil gilas harus didetail menurut AWS D1.8 ayat 4.1.

BAB J PENGENDALIAN KUALITAS DAN PENJAMINAN KUALITAS

Bab ini membahas persyaratan untuk pengendalian kualitas dan penjaminan kualitas.

Catatan Pengguna: Semua persyaratan dari *Spesifikasi* Bab N juga berlaku, kecuali secara khusus dimodifikasi oleh Ketentuan ini.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- J1. Ruang Lingkup
- J2. Dokumen Fabrikator dan Erektor
- J3. Dokumen Badan Penjamin Kualitas
- J4. Personel Inspeksi dan Pengujian Non-Destruktif
- J5. Tugas Inspeksi
- J6. Inspeksi dan Pengujian Non-Destruktif Pengelasan
- J7. Inspeksi Pembautan Kekuatan Tinggi
- J8. Inspeksi Struktur Baja Lainnya
- J9. Inspeksi Struktur Komposit
- J10. Inspeksi Fondasi Tiang

J1. RUANG LINGKUP

Pengendalian kualitas (KK) seperti disyaratkan dalam bab ini harus disediakan oleh fabrikator, erektor atau kontaktor yang bertanggungjawab lainnya sesuai yang berlaku. Penjaminan kualitas (JK) seperti yang disyaratkan dalam bab ini harus diberikan melalui lain-lainnya bila disyaratkan oleh pihak yang berwenang (PYW), peraturan bangunan gedung yang berlaku (ABGL), pembeli, pemilik atau penanggung jawab perancangan (TR). Pengujian Nondestruktif (UND) harus dilakukan oleh badan atau perusahaan yang bertanggungjawab untuk Penjaminan Kualitas, kecuali seperti diizinkan menurut *Spesifikasi* Pasal N6.

Catatan Pengguna: Rencana penjaminan mutu pada pasal ini dianggap telah memadai dan efektif untuk sebagian besar sistem penahan gaya seismik dan harus digunakan tanpa modifikasi. Rencana penjaminan mutu dimaksudkan untuk memastikan bahwa sistem penahan gaya seismik secara signifikan bebas dari cacat yang akan sangat mengurangi daktilitas dari sistem. Ada beberapa kasus (sebagai contoh, komponen struktur penyalur utama nonredundan, atau di mana pekerjaan dilakukan di lokasi yang sulit di akses) di mana pengujian tambahan mungkin dianjurkan. Sebagai tambahan, jika program pengendalian kualitas fabrikator atau erektor telah menunjukkan kemampuan untuk melakukan beberapa tugas yang telah ditetapkan oleh rencana ini untuk penjaminan mutu, modifikasi rencana harus dipertimbangkan.

J2. DOKUMEN FABRIKATOR DAN EREKTOR

1. Dokumen yang Harus Disampaikan untuk Konstruksi Baja

Selain persyaratan dari *Spesifikasi* Pasal N3.1, dokumen berikut harus disampaikan untuk ditinjau oleh IPS atau pihak yang ditunjuk oleh TR (PR's designee), sebelum fabrikasi atau ereksi pekerjaan terdampak, yang sesuai:

- (a) *Spesifikasi* prosedur pengelasan (SPL)

SNI 7860:2020

- (b) Salinan sertifikat tipikal pemanufaktur tentang kesesuaian untuk semua elektroda, fluks dan gas pelindung yang digunakan
- (c) Untuk las kritis perlu, sertifikasi pemanufaktur yang berlaku bahwa logam pengisi memenuhi persyaratan keteguhan takik tambahan, sesuai yang berlaku. Jika pemanufaktur logam pengisi tidak menyediakan sertifikasi tambahan, fabrikator atau erektor, yang berlaku, harus sudah melakukan pengujian yang diperlukan dan memberikan laporan uji yang berlaku
- (d) Lembaran data produk atau data katalog pemanufaktur untuk logam pengisi (berinti) komposit pengelasan busur metal terselubung (LBMS), pengelasan busur berinti fluks (LBIF) dan pengelasan busur metal gas (LBMG) digunakan
- (e) Prosedur pemasangan baut
- (f) Urutan rakitan spesifik, urutan pengelasan, teknik pengelasan, atau tindakan pencegahan khusus lainnya untuk joint atau group joint di mana item tersebut ditunjuk untuk disampaikan kepada penanggungjawab perancangan

2. Dokumen yang Harus Disediakan untuk Tinjauan Konstruksi Baja

Dokumen tambahan seperti yang disyaratkan oleh IPS pada dokumen kontrak harus disediakan oleh fabrikator dan erektor untuk ditinjau oleh IPS atau yang ditunjuk oleh IPS sebelum fabrikasi atau ereksi, sebagaimana berlaku.

Fabrikator dan erektor harus menyimpan dokumen mereka minimal satu tahun setelah penyelesaian konstruksi yang penting.

3. Dokumen yang Harus Disampaikan untuk Konstruksi Komposit

Dokumen yang berikut harus disampaikan oleh kontraktor yang bertanggung jawab untuk ditinjau oleh IPS atau yang ditunjuk oleh IPS, sebelum produksi atau pengecoran beton, yang sesuai:

- (a) Desain campuran beton dan laporan uji untuk desain campuran
- (b) Gambar kerja baja tulangan
- (c) Urutan, teknik dan pembatasan pengecoran beton

4. Dokumen yang Harus Disediakan untuk Tinjauan Konstruksi Komposit

Dokumen yang berikut harus tersedia dari kontraktor yang bertanggung jawab untuk ditinjau oleh IPS atau yang ditunjuk oleh IPS sebelum fabrikasi atau ereksi, sebagaimana berlaku, kecuali disyaratkan untuk disampaikan:

- (a) Laporan uji material untuk baja tulangan
- (b) Prosedur inspeksi
- (c) Prosedur ketidaksesuaian
- (d) Prosedur pengendalian material

- (e) Catatan kualifikasi kinerja pengelas (CKKL) seperti disyaratkan oleh *Structural Welding Code – Reinforcing Steel* (AWS D1.4/D1.4M)
- (f) Kualifikasi inspektur JK

Kontraktor yang bertanggung jawab harus menyimpan dokumen mereka selama paling sedikit satu tahun setelah penyelesaian konstruksi penting.

J3. DOKUMEN BADAN PENJAMIN KUALITAS

Badan yang bertanggung jawab untuk penjaminan kualitas harus menyampaikan dokumen-dokumen berikut kepada pihak yang berwenang, IPS, dan pemilik atau yang ditunjuk oleh pemilik:

- (a) Praktik tertulis badan JK untuk memantau dan mengontrol operasional badan tersebut. Praktik tertulis tersebut harus mencakup:
 - (1) Prosedur badan tersebut untuk pemilihan dan administrasi personel inspeksi, penjelasan persyaratan pelatihan, pengalaman dan pemeriksaan untuk kualifikasi dan sertifikasi personel inspeksi
 - (2) Prosedur inspeksi badan tersebut, termasuk pemeriksaan umum, pengendalian material, dan inspeksi pengelasan visual
- (b) Kualifikasi manajemen dan personel JK yang ditunjuk untuk proyek tersebut
- (c) Catatan kualifikasi untuk inspektur dan teknisi UND yang ditunjuk untuk proyek tersebut
- (d) Prosedur UND dan catatan kalibrasi peralatan untuk UND yang dilakukan dan peralatan yang digunakan untuk proyek tersebut
- (e) Untuk konstruksi komposit, prosedur dan peralatan pengujian beton

J4. PERSONEL INSPEKSI DAN PENGUJIAN NON-DESTRUKTIF

Selain persyaratan dari *Spesifikasi* Pasal N4.1 dan N4.2, inspeksi pengelasan visual dan UND harus dilakukan oleh personel yang memenuhi syarat menurut AWS D1.8/D1.8M pasal 7.2. Selain persyaratan *Spesifikasi* Pasal N4.3, teknisi pengujian ultrasonik harus memenuhi syarat menurut AWS D1.8/D1.8M pasal 7.2.4.

Catatan Pengguna: Rekomendasi dari International Code Council *Model Program for Special Inspection* harus dipertimbangkan sebagai persyaratan minimum untuk menetapkan kualifikasi inspektur pembautan.

J5. TUGAS PEMERIKSAAN

Tugas dan dokumentasi pemeriksaan untuk KK dan JK untuk sistem penahan gaya seismik (STGS) harus seperti yang diberikan dalam tabel-tabel dalam Pasal J6, J7, J8, J9 dan J10. Catatan-catatan berikut digunakan dalam tabel-tabel tersebut:

SNI 7860:2020

1. Observasi (O)

Inspektur harus mengamati fungsi-fungsi ini secara acak setiap hari. Operasi tidak perlu ditunda menunggu observasi.

2. Kinerja (K)

Inspeksi tersebut harus dilakukan sebelum penerimaan akhir dari item tersebut.

3. Dokumen (D)

Inspektur harus mempersiapkan laporan-laporan yang mengindikasikan bahwa pekerjaan telah dilakukan sesuai dengan dokumen kontrak. Laporan tidak perlu menyediakan pengukuran detail untuk penyetelan joint, pengaturan SPL, las yang sudah lengkap, atau butir-butir individu lainnya yang tertera pada tabel. Untuk fabrikasi di bengkel, laporan harus menunjukkan tanda potongan dari bagian yang diinspeksi. Untuk pekerjaan di lapangan, laporan harus menunjukkan baris grid acuan dan lantai atau elevasi yang diinspeksi. Pekerjaan yang tidak sesuai dengan dokumen kontrak dan jika ketidaksesuaian tersebut telah diperbaiki dengan memuaskan, harus dicatat dalam laporan inspeksi.

4. Inspeksi Terkoordinasi

Bila suatu tugas ditetapkan untuk dilakukan oleh KK dan JK, koordinasi fungsi inspeksi antara KK dan JK diizinkan menurut *Spesifikasi* Pasal N5.3.

J6. INSPEKSI PENGELASAN DAN PENGUJIAN NONDESTRUKTIF

Inspeksi pengelasan dan pengujian non-destruktif harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi*, pasal ini dan AWS D1.8/D1.8M.

Catatan Pengguna: AWS D1.8/D1.8M secara khusus ditulis untuk memberikan persyaratan tambahan untuk pengelasan dari sistem penahan gaya seismik, dan telah dikoordinasikan bila mungkin dengan Ketentuan ini. Persyaratan AWS D1.8/D1.8M yang berkaitan dengan inspeksi dan pengujian nondestruktif diatur sebagai berikut, termasuk lampiran normatif (wajib):

1. Persyaratan umum
7. Inspeksi
- Lampiran F. Pengujian teknisi ultrasonik tambahan
- Lampiran G. Prosedur pengujian partikel magnetik tambahan
- Lampiran H. Pengukuran cacat dengan pengujian ultrasonik

1. Inspeksi Pengelasan Visual

Semua persyaratan *Spesifikasi* harus diterapkan, kecuali seperti dimodifikasi secara khusus oleh AWS D1.8/D1.8M.

Inspeksi pengelasan visual harus dilakukan oleh personel pengendalian kualitas dan personel penjaminan kualitas. Minimum, tugas harus seperti dijelaskan dalam J6.1, J6.2 dan J6.3.

Tabel J6-1 – Tugas Inspeksi Visual sebelum Pengelasan

Tugas inspeksi visual sebelum pengelasan	KK		JK	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Identifikasi material (tipe/mutu)	O	-	O	-
Sistem identifikasi pengelas	O	-	O	-
Fit-up dari las gruv (mencakup geometri joint) - persiapan joint - dimensi (<i>alignment, root opening, root face, bevel</i>) - Kebersihan (kondisi dari permukaan baja) - Pengelasan titik (mutu las titik dan lokasi) - Tipe dan kecocokan <i>backing</i> (jika diterapkan)	P/O**	-	O	-
Konfigurasi dan finish dari lubang akses	O	-	O	-
Fit-up dari las filet - Dimensi (<i>alignment, celah pada root</i>) - Kebersihan(kondisi dari permukaan baja) - Tacking (mutu las titik dan lokasi)	P/O**	-	O	-
** Bila sPRang tukang las telah melakukan sepuluh lasan secara baik dengan menunjukkan pemahaman tentang persyaratan, ketrampilan, dan penguasaan alat, maka penandaan P dapat diturunkan menjadi O dan dia harus tetap di dalam kinerja tersebut. Bila Pengawas menentukan bahwa tukang las tersebut tidak menunjukkan kinerja yang baik untuk tugas ini, maka dia dikembalikan ke status P sampai Pengawas yakin bahwa tukang las tersebut dapat melakukan tugasnya dengan kinerja baik.				

Tabel J6-2 – Tugas pemeriksaan visual selama pengelasan

Tugas pemeriksaan visual selama pengelasan	PK		JK	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Ikuti Spesifikasi Prosedur Pengelasan - Pengaturan pada peralatan pengelasan - Travel speed - Bahan las yang dipilih - Tipe gas pelindung/laju alir - Preheat diterapkan - Pertahankan temperatur interpass (min/max) - Posisi yang tepat (F, V, H, OH) - Hindari pencampuran logam pengisi kecuali disetujui	O	-	O	-
Gunakan juru las yang memenuhi syarat	O	-	O	-
Pengendalian dan penanganan bahan habis pakai untuk pengelasan - Pengepakan - Pengendalian eksposur	O	-	O	-
Kondisi lingkungan - Kecepatan angin di dalam batas - Pengendalian dan temperatur	O	-	O	-
Teknik pengelasan - Interpass dan final cleaning - Each pass within profile limitations - Each pass meet quality requirements	O	-	O	-
No welding over cracked tacks	O	-	O	-

Tabel J6-3 – Tugas pemeriksaan visual sesudah pengelasan

Tugas pemeriksaan visual sesudah pengelasan	PK		JK	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Las dibersihkan	O	-	O	-
Ukuran panjang, dan lokasi dari las-las	P	-	P	-
Las-las memenuhi kriteria penerimaan secara visual - Larangan retak - Las/dasar-logam fusi - Crater cross-section - Profil las dan ukuran - Undercut - Porositas	P	D	P	D
Penempatan penguatan las filet	P	D	P	D
<i>Backing</i> dihilangkan, las titik dihilangkan dan dirapihkan, dan las filet ditambahkan (jika diperlukan)	P	D	P	D
Aktifitas perbaikan	P	-	P	D

2. UND Joint Las

Selain persyaratan *Spesifikasi* Pasal N5.5, pengujian nondestruktif joint las harus seperti yang disyaratkan dalam pasal ini.

2a. UND Las gruv PJK

Pengujian ultrasonik (UU) harus dilakukan pada 100% las gruv penetrasi joint komplet (PJK) untuk ketebalan bahan 5/16 in. (8 mm) atau lebih besar. UU bahan dengan ketebalan kurang dari 5/16 in. (8 mm) tidak diperlukan. Las yang tidak menerus harus diterima atau ditolak berdasarkan AWS D1.1/D1.1M Tabel 6.2. Pengujian partikel magnetik (UPM) harus dilakukan pada 25% dari semua las gruv PJK balok ke kolom. Persentase UU dan PK) boleh direduksi sesuai dengan Pasal J6.2g dan J6.2h.

Pengecualian: Untuk rangka momen biasa pada struktur dalam kategori risiko I atau II, UU dan PK untuk PJK hanya diperlukan untuk las kritis perlu.

Catatan Pengguna: Untuk struktur dalam kategori risiko III atau IV, *Spesifikasi* Pasal N5.5b mensyaratkan bahwa UU tersebut harus dilakukan oleh JK pada semya las gruv PJK yang dikenakan pembebanan tarik yang diterapkan secara transversal dalam joint *butt*, joint T dan sudut, dalam material dengan ketebalan 5/16 in. (8 mm) atau lebih besar.

2b. UND Las gruv PJK Splais Kolom dan Kolom ke Pelat Dasar

UU harus dilakukan harus dilakukan pada 100% las gruv penetrasi joint komplet (PJK) dalam splais kolom dan sambungan kolom ke pelat dasar. Persentase UU boleh direduksi sesuai J6.2g.

UU harus dilakukan menggunakan prosedur tertulis dan teknisi UU yang memenuhi syarat berdasarkan AWS D1.8/D1.8M. Contoh joint las yang digunakan untuk memenuhi syarat prosedur dan teknisi harus mencakup paling sedikit satu joint las gruv PJK bevel tunggal dan joint las gruv PJK bevel ganda, yang didetail untuk menyediakan pembatasan akses transduser yang serupa dengan yang ditemui pada muka las dan oleh badan kolom. Penolakan diskontinuitas di luar tenggorok las gruv harus dipertimbangkan sebagai indikasi kesalahan dalam kualifikasi prosedur dan personel. Prosedur yang memenuhi syarat menggunakan contoh dengan cacat buatan 1/16 in. (1,5 mm) dalam dimensi terkecilnya diperbolehkan.

Pemeriksaan UU las menggunakan teknik alternatif sesuai AWS D1.1/D1.1M Lampiran Q diperbolehkan.

Diskontinuitas las yang berada di dalam tenggorok las gruv harus diterima atau ditolak berdasarkan kriteria AWS D1.1/D1.1M Tabel 6.2, kecuali jika teknik alternatif digunakan, kriteria tersebut harus seperti yang diberikan dalam AWS D1.1/D1.1M Lampiran Q.

2c. UND Logam Dasar untuk Penyobekan Lamelar dan Laminasi

Sesudah penyelesaian joint, logam dasar yang lebih tebal dari $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm) yang dibebani dalam kondisi tarik pada arah tegak lurus ketebalan dalam sambungan-T dan sambungan sudut, di mana bahan yang disambung lebih tebal dari $\frac{3}{4}$ in. (19 mm) dan berisi las gruv PJK, harus diuji secara ultrasonik untuk diskontinuitas di belakang dan berdekatan dengan garis fusi las tersebut. Diskontinuitas logam dasar yang ditemukan dalam $t/4$ dari permukaan baja harus diterima atau ditolak berdasarkan kriteria AWS D1.1/D1.1M Tabel 6.2, dengan t adalah ketebalan dari bagian yang menahan regangan tegak lurus ketebalan.

2d. UND Coakan Balok dan Lubang Akses

Pada splais dan sambungan las, permukaan coakan balok dan lubang akses yang dipotong secara termal harus diuji menggunakan pengujian partikel magnetik atau pengujian penetran, bila ketebalan sayap melebihi $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm) untuk profil gilas, atau bila ketebalan badan melebihi $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm) untuk profil tersusun.

2e. UND Perbaikan Profil Balok Tereduksi

UM harus dilakukan pada las dan daerah yang berdekatan pada permukaan potongan profil balok tereduksi (PBR) yang telah diperbaiki dengan pengelasan, atau pada permukaan potongan logam dasar PBR jika lekukan yang tajam telah dihilangkan dengan penggerindaan.

2f. Lokasi Penghapusan Tab Las

Pada ujung las di mana tab las telah dihilangkan, UM harus dilakukan pada joint balok ke kolom yang sama yang menerima UU seperti disyaratkan oleh Pasal J6.2a. Persentase UM diizinkan untuk direduksi sesuai dengan Pasal J6.2h. UM lokasi penghapusan tab las pelat penerus tidak diperlukan.

2g. Pengurangan Persentase Pengujian Ultrasonik

Pengurangan persentase UU diizinkan untuk direduksi menurut *Spesifikasi* Pasal N5.5e, kecuali tidak ada reduksi yang diizinkan untuk las kritis perlu.

2h. Pengurangan Persentase Pengujian Partikel Magnetik

Jumlah pengujian UM pada las gruv PJK diizinkan untuk direduksi jika disetujui oleh insinyur yang bersertifikat dan pihak yang berwenang. Persentase pengujian UM untuk masing-masing pengelas atau operator pengelasan diizinkan untuk direduksi sampai 10%, asalkan persentase penolakan dibuktikan sebesar 5% atau lebih kecil dari las yang diuji untuk pengelas atau operator pengelasan. Sampel minimum 20 las lengkap untuk suatu pekerjaan harus diambil untuk evaluasi pengurangan tersebut. Persentase penolakan adalah jumlah las yang mengandung cacat yang harus ditolak dibagi dengan jumlah las yang sudah diselesaikan. Pengurangan ini tidak boleh dilakukan pada las dalam daerah-*k*, pada lokasi perbaikan, lokasi penghapusan *backing*, dan lubang akses.

J7. INSPEKSI PEMBAUTAN KEKUATAN TINGGI

Inspeksi pembautan harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Pasal N5.6 dan pasal ini. Inspeksi pembautan harus dilakukan oleh personel pengendalian kualitas dan personel penjamin kualitas. Sebagai syarat minimum, tugas tersebut harus seperti yang tertera pada Tabel J7-1, J7-2 dan J7-3.

Tabel J7-1 – Tugas Pemeriksaan Sebelum Pembautan

Tugas pemeriksaan sebelum pembautan	PK/QC		JK/QA	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Baut yang tepat dipilih untuk detail joint	O	-	O	-
Prosedur pembautan yang tepat dipilih untuk detail joint	O	-	O	-
Elemen-elemen yang dihubungkan, termasuk kondisi permukaan yang sesuai pelekatan dan persiapan lubang, jika disyaratkan, memenuhi persyaratan yang berlaku	O	-	O	-
Pengujian verifikasi pra-pemasangan diamati untuk pengencangan <i>assemblies</i> dan metode yang digunakan	P	D	O	D
Penyimpanan yang benar disediakan untuk baut, mur, ring dan komponen pengencang lainnya	O	-	O	-

Tabel J7-2 – Tugas Pemeriksaan Selama Pembautan

Tugas pemeriksaan selama pembautan	PK/QC		JK/QA	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Rakitan pengencang ditempatkan pada semua lubang dan ring (jika diperlukan) diposisikan sebagai diperlukan	O	-	O	-
Joint yang dibawa ke kondisi kedap nyaman sebelum operasi pra-tarik	O	-	O	-
Komponen pengencang tidak berbalik oleh kunci yang dicegah dari rotasi	O	-	O	-
Baut pratarik progress sistematis dari titik yang paling kaku ke tepi bebas	O	-	O	-

Tabel J7-3 – Tugas Pemeriksaan Sesudah Pembautan

Tugas pemeriksaan sesudah pembautan	PK/QC		JK/QA	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Dokumen yang diterima dan sambungan yang ditolak	P	D	P	D

J8. INSPEKSI STRUKTUR BAJA LAINNYA

Inspeksi struktur baja lainnya harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Pasal N5.8 dan pasal ini. Inspeksi tersebut harus dilakukan oleh personel pengendalian kualitas dan personel penjamin mutu. Jika berlaku, tugas inspeksi yang tertera pada Tabel J8.1 harus dilakukan.

Tabel J8-1 – Tugas Pemeriksaan Lainnya

Tugas Pemeriksaan Lainnya	PK/QC		JK/QA	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Persyaratan Profil Balok Direduksi (PBD), jika bisa diterima - kontur dan finish - toleransi dimensi	P	D	P	D
Zona terlindung – tanpa lubang dan lampiran tidak disetujui dibuat oleh pabrikator atau erektor, sebagai yang bisa diterima	P	D	P	D

Catatan Pengguna: Zona terlindung harus diinspeksi oleh pihak lain setelah penyelesaian pekerjaan pihak lainnya, termasuk yang melibatkan penutup luar, mekanikal, elektrik, plambing dan partisi interior.

J9. PEMERIKSAAN STRUKTUR KOMPOSIT

Apabila dapat diterapkan, inspeksi struktur komposit harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi* dan pasal ini. Inspeksi tersebut harus dilakukan oleh personel pengendalian kualitas dari kontraktor yang bertanggung jawab dan oleh personel penjaminan kualitas. Apabila dapat diterapkan, inspeksi elemen baja struktural yang digunakan pada struktur komposit harus memenuhi persyaratan bab ini. Apabila dapat diterapkan, inspeksi beton bertulang harus memenuhi persyaratan ACI 318, dan inspeksi baja tulangan yang dilas harus memenuhi persyaratan yang sesuai Pasal J6.1.

Apabila dapat diterapkan untuk tipe konstruksi komposit, tugas inspeksi minimum harus seperti yang tertera dalam Tabel J9.1, J9.2 dan J9.3.

Tabel J9-1 – Pemeriksaan Struktur Komposit Sebelum Pengecoran Beton

Pemeriksaan struktur komposit sebelum pengecoran beton	PK/QC		JK/QA	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Identifikasi bahan baja tulangan (tipe/kelas)	O	-	O	-
Konfirmasi dari carbon ekuivalen yang bisa diterima untuk memperkuat baja yang tidak sesuai dengan persyaratan dari ASTM A706	O	-	O	-
Konfirmasi ukuran baja tulangan tepat, spasi dan orientasi	O	-	O	-
Konfirmasi bahwa baja tulangan belum ditekuk-balik di lapangan	O	-	O	-
Konfirmasi bahwa baja tulangan telah diikat dan ditopang sebagaimana diperlukan	O	-	O	-
Konfirmasi bahwa diperlukan kelonggaran baja tulangan telah disediakan	O	-	O	-
Konfirmasi bahwa komponen struktur komposit mempunyai ukuran yang diperlukan	O	-	O	-

Tabel J9-2 – Pemeriksaan Struktur Komposit Selama Pengecoran Beton

Pemeriksaan struktur komposit selama pengecoran beton	PK/QC		JK/QA	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Beton: identifikasi bahan (desain campuran, kekuatan tekan, ukuran agregat terbesar maksimum, slump maksimum)	O	D	O	D
Batas air yang ditambahkan pada truk atau pompa	O	D	O	D
Teknik pengecoran yang tepat untuk membatasi segregasi	O	-	O	-

Tabel J9-3 – Pemeriksaan Struktur Komposit Sesudah Pengecoran Beton

Pemeriksaan struktur komposit sesudah pengecoran beton	PK/QC		JK/QA	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Pencapaian kekuatan tekan beton minimum terspesifikasi pada umur tertentu	-	D	-	D

J10. INSPEKSI FONDASI TIANG

Apabila dapat diterapkan, inspeksi fondasi tiang harus memenuhi persyaratan pasal ini. Pemeriksaan ini harus dilakukan oleh personel pengendalian kualitas dari kontraktor yang bertanggung jawab dan oleh personel penjaminan kualitas. Apabila dapat diterapkan, tugas inspeksi seperti yang tertera pada Tabel J10.1 harus dilakukan.

Tabel J10-1 – Pemeriksaan Tiang Pancang

Pemeriksaan tiang pancang	PK/QC		JK/QA	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Zona terlindung – tanpa lubang dan pengikatan yang tidak disetujui dibuat oleh kontraktor yang bertanggungjawab	P	D	P	D

BAB K

KETENTUAN PENGUJIAN PRAKUALIFIKASI DAN KUALIFIKASI SIKLIK

Bab ini membahas persyaratan untuk pengujian kualifikasi dan prakualifikasi.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- K1. Prakualifikasi Sambungan Balok ke Kolom dan Elemen-Perangkai ke Kolom
- K2. Pengujian Siklik untuk Kualifikasi Sambungan Balok ke Kolom dan Sambungan Elemen-Perangkai ke Kolom
- K3. Pengujian Siklik untuk Kualifikasi Breis Terkekang Tekuk

K1. PRAKUALIFIKASI SAMBUNGAN BALOK KE KOLOM DAN ELEMEN PERANGKAI KE KOLOM

1. Ruang Lingkup

Pasal ini berisi persyaratan minimum untuk prakualifikasi sambungan momen balok ke kolom dalam rangka momen khusus (RMK), rangka momen menengah (RMT), dan, rangka momen khusus komposit (RMK-K), dan rangka momen menengah komposit (RMT-K), dan sambungan elemen-perangkai ke kolom dalam rangka terbreis eksentris (RBE). Sambungan terprakualifikasi diizinkan untuk digunakan, dalam batas yang berlaku dari prakualifikasi, tanpa perlu pengujian siklik pengkualifikasi yang lebih lanjut. Bila batas prakualifikasi atau persyaratan desain untuk sambungan terprakualifikasi bertentangan dengan persyaratan Ketentuan ini, maka batas dari prakualifikasi dan persyaratan desain untuk sambungan terprakualifikasi yang menentukan.

2. Persyaratan Umum

2a. Dasar untuk Prakualifikasi

Sambungan harus diprakualifikasikan berdasarkan data uji yang memenuhi Pasal K1.3, yang didukung oleh studi analisis dan model desain. Gabungan bukti-bukti untuk prakualifikasi harus mencukupi untuk menjamin bahwa sambungan tersebut dapat menyediakan sudut drift antar tingkat yang diperlukan untuk sistem RMK, RMT, RMK-K, RMT-C atau sudut rotasi elemen perangkai yang diperlukan untuk RBE, secara konsisten dan andal dalam batas yang disyaratkan prakualifikasi. Semua keadaan batas yang berlaku untuk sambungan yang mempengaruhi kekakuan, kekuatan dan kapasitas deformasi sambungan dan sistem penahan gaya seismik (STGS) harus diidentifikasi. Efek dari variabel desain yang tertera dalam Pasal K1.4 harus dibahas dalam prakualifikasi sambungan.

2b. Otoritas untuk Prakualifikasi

Prakualifikasi sambungan dan batas prakualifikasi yang terkait harus ditetapkan oleh panel peninjau prakualifikasi sambungan (PKPS) yang disetujui oleh pihak yang berwenang.

3. Persyaratan Pengujian

Data yang digunakan untuk mendukung prakualifikasi sambungan harus berdasarkan uji yang dilakukan menurut Pasal K2. PKPS harus menentukan jumlah pengujian dan variabel yang ditinjau dalam pengujian untuk prakualifikasi sambungan tersebut. PKPS juga harus menyediakan informasi yang sama apabila batas-batas harus diubah untuk sambungan yang terprakualifikasi sebelumnya. Jumlah uji yang memadai harus dilakukan pada jumlah spesimen nonidentik yang cukup untuk membuktikan bahwa sambungan tersebut memiliki kemampuan dan keandalan untuk mengalami sudut drift antar tingkat yang diperlukan untuk RMK, RMT, RMK-K, dan RMT-K, dan sudut rotasi elemen perangkai yang diperlukan untuk RBE, di mana elemen perangkai tersebut bersebelahan dengan kolom. Batas ukuran komponen struktur untuk prakualifikasi tidak boleh melebihi batas yang disyaratkan dalam Pasal K2.3b.

4. Variabel Prakualifikasi

Agar dapat diprakualifikasikan, efek dari variabel-variabel berikut pada kinerja sambungan harus dipertimbangkan. Batas nilai yang diizinkan untuk setiap variabel harus ditetapkan oleh PKPS untuk sambungan terprakualifikasi.

4a. Parameter Balok dan Kolom untuk RMK dan RMT, Parameter Elemen Perangkai dan Kolom untuk RBE

- (a) Bentuk penampang profil: sayap lebar, kotak, atau lainnya
- (b) Metode pabrifikasi profil: profil gilas, profil yang dilas, atau lainnya
- (c) Ketinggian
- (d) Berat per *foot* atau berat per meter
- (e) Ketebalan sayap
- (f) Spesifikasi material
- (g) Rasio bentang-terhadap-ketinggian balok (untuk RMK atau RMT), atau panjang elemen perangkai (untuk RBE)
- (h) Rasio lebar terhadap ketebalan dari penampang elemen
- (i) Pembreisan lateral
- (j) Parameter lainnya yang berkaitan dengan sambungan khusus yang ditinjau

4b. Parameter Balok dan Kolom untuk RMK-K dan RMT-K

- (a) Untuk komponen struktur baja yang merupakan bagian balok atau kolom komposit: tentukan parameter-parameter yang ditentukan dalam Pasal K1.4a
- (b) Ketinggian balok dan kolom komposit
- (c) Rasio bentang terhadap ketinggian balok komposit
- (d) Diameter tulangan

- (e) Spesifikasi material tulangan
- (f) Persyaratan pengembangan dan splais tulangan
- (g) Persyaratan tulangan transversal
- (h) Kekuatan tekan dan berat jenis beton
- (i) Dimensi angkur baja dan spesifikasi material
- (j) Parameter lainnya yang terkait dengan sambungan khusus yang ditinjau

4c. Hubungan Balok ke Kolom atau Elemen Perangkai ke Kolom

- (a) Kekuatan zona panel untuk RMK, RMT, dan RBE
- (b) Kekuatan geser joint untuk RMK-K dan RMT-K
- (c) Detail ikatan pelat pengganda untuk RMK, RMT, dan RBE
- (d) Detail tulangan joint untuk RMK-K dan RMT-K
- (e) Rasio momen balok-terhadap-kolom (atau kolom terhadap elemen-perangkai)

4d. Pelat Penerus dan Pelat Diafragma

- (a) Identifikasi dari kondisi di mana pelat penerus atau pelat diafragma diperlukan
- (b) Ketebalan, lebar dan ketinggian
- (c) Detail pengikatan

4e. Las

- (a) Lokasi, perpanjangan (termasuk pembalikan), tipe (PJK, PJP, filet, dan lain-lain) dan penulangan atau pengonturan yang diperlukan
- (b) Kekuatan klasifikasi logam pengisi dan keteguhan takik
- (c) Detail dan perlakuan *backing* las dan tab las
- (d) Lubang akses las: ukuran, geometri dan penyelesaian
- (e) Pengendalian kualitas dan penjaminan kualitas pengelasan di luar yang dijelaskan dalam Bab J, termasuk metode pengujian nondestruktif (UND), frekuensi inspeksi, kriteria penerimaan dan persyaratan dokumentasi

4f. Baut

- (a) Diameter baut
- (b) Mutu baut: Mutu A325, A325M, A490, A490M, F1852, F2280 ASTM F3125 atau yang lainnya

SNI 7860:2020

- (c) Persyaratan pemasangan: pratarik, kencang pas, atau yang lainnya
- (d) Tipe lubang: standar, ukuran berlebih, slot pendek, slot panjang, atau lainnya
- (e) Metode pabrifikasi lubang: pengeboran, pengeponsan, sub-pengeponsan dan pembesaran lubang, atau lainnya
- (f) Parameter lainnya yang berkaitan dengan sambungan khusus yang ditinjau

4g. Tulangan dalam RMK-K dan RMT-K

- (a) Lokasi tulangan longitudinal dan transversal
- (b) Syarat selimut beton
- (c) Konfigurasi kait dan detail tulangan yang terkait

4h. Pengendalian Kualitas dan Penjaminan Kualitas

Persyaratan yang melampaui atau menambahkan persyaratan yang ditetapkan dalam Bab J, jika ada.

4i. Detail Sambungan Tambahan

Semua variabel dan parameter pengerjaan yang melampaui persyaratan dalam AISC, PKPS dan AWS yang berhubungan dengan sambungan spesifik yang ditinjau, seperti yang ditetapkan oleh PKPS.

5. Prosedur Desain

Prosedur desain komprehensif harus tersedia untuk sambungan terprakualifikasi. Prosedur desain harus membahas semua keadaan batas yang berlaku di dalam batas-batas prakualifikasi.

6. Catatan Prakualifikasi

Sambungan terprakualifikasi harus disediakan dengan catatan prakualifikasi yang tertulis dengan informasi berikut:

- (a) Deskripsi umum sambungan terprakualifikasi dan penggambaran yang secara jelas mengidentifikasi fitur-fitur kunci dan komponen sambungan
- (b) Deskripsi perilaku sambungan yang terekspektasi dalam rentang elastis dan inelastis perilaku, lokasi aksi inelastis yang dimaksud, dan deskripsi keadaan batas yang mengendalikan kekuatan dan kapasitas deformasi sambungan
- (c) Daftar sistem di mana sambungan sudah terprakualifikasi: RMK, RMT, atau RBE
- (d) Daftar batas-batas untuk semua variabel prakualifikasi yang berlaku yang tertera dalam Pasal K1.4
- (e) Daftar las kritis perlu
- (f) Definisi daerah sambungan yang mencakup zona terlindung

- (g) Deskripsi detail prosedur desain sambungan, seperti disyaratkan dalam Pasal K1.5
- (h) Daftar referensi laporan pengujian, laporan penelitian dan publikasi lainnya yang memberikan dasar untuk prakualifikasi
- (i) Ringkasan prosedur pengendalian kualitas dan penjaminan kualitas

K2. PENGUJIAN SIKLIK UNTUK KUALIFIKASI SAMBUNGAN BALOK KE KOLOM DAN ELEMEN PERANGKAI KE KOLOM

1. Ruang Lingkup

Pasal ini menyediakan persyaratan untuk pengujian siklik pengkualifikasi sambungan momen balok ke kolom dalam RMK, RMT, RMK-K, dan RMT-K; dan sambungan elemen perangkai ke kolom dalam RBE, apabila disyaratkan dalam Ketentuan ini. Tujuan pengujian yang dijelaskan dalam pasal ini adalah untuk membuktikan bahwa sambungan balok ke kolom atau sambungan elemen perangkai ke kolom memenuhi persyaratan untuk kekuatan dan sudut drift antar tingkat atau sudut rotasi elemen perangkai pada Ketentuan ini. Persyaratan pengujian alternatif diizinkan apabila disetujui oleh penanggungjawab perancangan dan pihak yang berwenang.

2. Persyaratan Subrakitan Uji

Subrakitan uji harus mereplikasi, sedekat mungkin selama praktis, kondisi-kondisi yang akan terjadi pada prototipe selama pembebanan gempa. Subrakitan yang diuji harus mencakup fitur berikut ini:

- (a) Spesimen uji harus terdiri dari paling sedikit satu kolom tunggal dengan balok atau elemen perangkai yang disambungkan ke satu sisi atau kedua sisi dari kolom.
- (b) Titik belok pada bagian subrakitan yang diuji harus mendekati titik belok yang diantisipasi pada prototipe akibat beban gempa
- (c) Pembreisan lateral pada subrakitan yang diuji diizinkan berada didekat beban yang bekerja atau titik reaksi seperti yang diperlukan untuk memberi stabilitas lateral dari subrakitan uji. Pembreisan lateral tambahan dari subrakitan uji tidak diizinkan, kecuali jika pembreisan tersebut mereplika pembreisan lateral yang digunakan pada prototipe.

3. Variabel Pengujian Penting

Spesimen uji harus mereplikasi, sedekat mungkin selama praktis, desain, pendetailan, fitur konstruksi, dan properti material prototipe yang sesuai. Variabel-variabel berikut ini harus direplikasi pada spesimen uji.

3a. Sumber Rotasi Inelastis

Rotasi inelastis harus dihitung berdasarkan suatu analisis deformasi spesimen uji. Sumber rotasi inelastis mencakup, tetapi tidak terbatas pada, pelelehan komponen struktur, pelelehan elemen sambungan dan konektor, pelelehan baja tulangan, deformasi inelastis beton, dan slip antara komponen struktur dan elemen sambungan. Untuk sambungan momen balok ke kolom dalam RMK, RMT, RMK-K dan RMT-K, rotasi

inelastis dihitung berdasarkan asumsi bahwa aksi inelastis terpusat pada suatu titik tunggal yang berada pada perpotongan sumbu balok dengan sumbu kolom. Untuk sambungan elemen perangkai ke kolom pada RBE, rotasi inelastis harus dihitung berdasarkan asumsi bahwa aksi inelastis terpusat pada suatu titik tunggal yang berada pada perpotongan dari sumbu elemen perangkai dengan muka kolom.

Rotasi inelastis harus dikembangkan pada spesimen uji oleh aksi inelastis pada komponen struktur dan elemen sambungan yang sama seperti yang diantisipasi pada prototipe (dengan kata lain, pada balok atau elemen perangkai, pada zona panel kolom, pada kolom di luar zona panel, atau pada elemen sambungan) di dalam batas-batas yang dijelaskan di bawah ini. Persentase rotasi inelastis total pada spesimen uji yang dikembangkan pada setiap komponen struktur atau elemen sambungan harus berada dalam 25% dari persentase yang diantisipasi dari rotasi inelastis total pada prototipe yang dikembangkan pada komponen struktur dan elemen sambungan yang sesuai.

3b. Komponen Struktur

Ukuran balok atau elemen perangkai yang digunakan pada spesimen uji harus berada dalam batasan-batasan berikut ini:

- (a) Tinggi balok atau elemen perangkai yang diuji tidak boleh kurang dari 90% tinggi balok atau elemen perangkai prototipe.
- (b) Untuk RMK, RMT, dan RBE, berat per *foot* (per meter) dari balok atau elemen perangkai yang diuji tidak boleh kurang dari 75% berat per *foot* (per meter) balok atau elemen perangkai prototipe.
- (c) Untuk RMK-K dan RMT-K, berat per *foot* (per meter) komponen struktur baja struktural yang merupakan bagian dari balok yang diuji tidak boleh kurang dari 75% berat per *foot* (per meter) komponen struktur baja struktural yang merupakan bagian dari balok prototipe.

Ukuran kolom yang digunakan pada spesimen uji harus secara tepat mewakili aksi inelastis pada kolom, seperti persyaratan dalam Pasal K2.3a. Selain itu, dalam RMK, RMT, dan RBE, tinggi kolom uji tidak boleh kurang dari 90% tinggi kolom prototipe. Dalam RMK-K dan RMT-K, tinggi komponen struktur baja yang merupakan bagian dari kolom uji tidak boleh kurang dari 90% tinggi komponen struktur baja yang merupakan bagian dari kolom prototipe.

Rasio lebar terhadap ketebalan elemen tertekan dari komponen struktur baja pada spesimen uji harus memenuhi batasan rasio lebar terhadap ketebalan yang disyaratkan dalam Ketentuan ini untuk komponen struktur dalam RMK, RMT, RMK-K, RMT-K atau RBE, yang sesuai.

Pengecualian: Rasio lebar terhadap ketebalan elemen tertekan dari komponen struktur pada spesimen uji diperbolehkan untuk melebihi batasan rasio lebar terhadap ketebalan yang disyaratkan dalam Ketentuan ini jika semua kondisi berikut ini dipenuhi:

- (a) Rasio lebar terhadap ketebalan elemen dalam kondisi tekan dari komponen struktur pada spesimen uji tidak kurang dari rasio lebar terhadap ketebalan elemen dalam kondisi tekan pada komponen struktur prototipe.
- (b) Fitur desain yang dimaksudkan untuk mengekang tekuk lokal pada spesimen uji, seperti pembungkus beton dari komponen struktur baja, pengisi beton dari

komponen struktur baja, dan fitur serupa lainnya adalah representasi dari fitur desain yang sesuai dalam prototipe.

Ekstrapolasi di luar batas-batas yang ditentukan dalam pasal ini, diizinkan bila ada kajian oleh ahli yang berkualifikasi dan persetujuan oleh pihak yang berwenang.

3c. Jumlah, ukuran dan detail baja tulangan

Luas total tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 75% luas dalam prototipe, dan setiap satu tulangan individual tidak boleh memiliki luas kurang dari 70% ukuran tulangan maksimum dalam prototipe.

Pendekatan dan metode desain untuk pengangkutan dan pengembangan tulangan, dan untuk penyambungan tulangan dalam spesimen uji harus mewakili prototipenya.

Jumlah, susunan dan konfigurasi kait untuk tulangan transversal harus mewakili kondisi lekatan, pengekangan dan pengangkutan pada prototipe.

3d. Detail Sambungan

Detail sambungan yang digunakan pada spesimen uji harus mewakili detail sambungan prototipe sedekat mungkin. Elemen sambungan yang digunakan pada spesimen uji harus mewakili skala penuh elemen sambungan yang digunakan pada prototipe, untuk ukuran komponen struktur sedang diuji.

3e. Pelat Penerus

Ukuran dan detail sambungan pelat penerus yang digunakan pada spesimen uji harus diproporsikan agar sesuai dengan ukuran dan detail sambungan pelat penerus yang digunakan pada sambungan prototipe sedekat mungkin.

3f. Kekuatan Baja untuk Komponen Struktur dan Elemen Sambungan Baja

Persyaratan tambahan yang berikut harus dipenuhi untuk setiap komponen struktur atau elemen sambungan spesimen uji yang menghasilkan rotasi inelastis melalui pelelehan:

- (a) Kekuatan leleh harus ditentukan seperti terspesifikasi dalam Pasal K2.6a. Penggunaan nilai tegangan leleh yang dilaporkan pada laporan uji material bersertifikat sebagai pengganti uji fisik tidak boleh digunakan untuk tujuan pasal ini.
- (b) Kekuatan leleh sayap balok yang diuji menurut Pasal K2.6a tidak boleh lebih dari 15% di bawah $R_y F_y$ untuk mutu baja yang digunakan pada elemen yang sesuai dari prototipe.
- (c) Kekuatan leleh kolom dan elemen sambungan tidak boleh lebih dari 15% di atas atau di bawah $R_y F_y$ untuk mutu baja yang digunakan pada elemen yang sesuai dari prototipe. $R_y F_y$ harus ditentukan sesuai dengan Pasal A3.2.

Catatan Pengguna: Berdasarkan kriteria di atas, baja dengan mutu yang terspesifikasi dengan tegangan leleh minimum F_y , sampai dengan dan mencakup 1,15 kali $R_y F_y$ untuk baja yang diuji harus diizinkan dalam prototipe tersebut. Dalam produksi, batas ini harus diperiksa dengan menggunakan nilai yang dinyatakan pada laporan uji material pabrik baja.

3g. Kekuatan dan Mutu Baja untuk Baja Tulangan

Baja tulangan dalam spesimen uji harus memiliki penandaan ASTM yang sama dengan tulangan baja yang sesuai dalam prototipe. Tegangan leleh minimum terspesifikasi dari baja tulangan dalam spesimen uji tidak boleh kurang dari tegangan leleh minimum terspesifikasi dari tulangan baja yang sesuai dalam prototipe.

3h. Kekuatan dan Densitas Beton

Kekuatan tekan terspesifikasi beton dalam komponen struktur dan elemen sambungan pada spesimen uji harus paling sedikit 75% dan tidak lebih dari 125% kekuatan tekan terspesifikasi beton pada komponen struktur dan elemen sambungan yang sesuai dari prototipe.

Kekuatan tekan beton dalam spesimen uji harus ditentukan sesuai dengan Pasal K2.6d.

Klasifikasi densitas beton dalam komponen struktur dan elemen sambungan spesimen uji harus sama dengan klasifikasi densitas beton dalam komponen struktur dan elemen sambungan yang sesuai dari prototipe. Klasifikasi densitas beton harus sesuai dengan bobot normal, bobot ringan, bobot ringan semua, atau bobot ringan pasir seperti dijelaskan dalam ACI 318.

3i. Joint Las

Las-las pada spesimen uji harus memenuhi persyaratan berikut:

- (a) Pengelasan harus dilakukan menurut Spesifikasi Prosedur Pengelasan (SPL) seperti disyaratkan dalam AWS D1.1/D1.1M. Variabel utama SPL harus memenuhi persyaratan AWS D1.1/D1.1M dan harus berada di dalam parameter yang ditetapkan oleh pemanufaktur logam pengisi. Kekuatan tarik dan keteguhan *charpy V-notch* (CVN) dari las yang digunakan dalam spesimen uji harus ditentukan oleh pengujian-pengujian seperti yang disyaratkan Pasal K2.6e, dibuat menggunakan klasifikasi logam pengisi, pemanufaktur, merek atau nama dagang, diameter, dan input panas rata-rata yang sama untuk SPL yang digunakan pada spesimen uji. Penggunaan kekuatan tarik dan nilai keteguhan CVN yang dilaporkan pada sertifikat kesesuaian tipikal pemanufaktur, sebagai pengganti pengujian fisik, tidak diperbolehkan untuk tujuan pasal ini.
- (b) Kekuatan tarik minimum terspesifikasi logam pengisi yang digunakan untuk spesimen uji harus sama seperti yang digunakan untuk las pada prototipe yang sesuai. Kekuatan tarik las terdeposit yang diuji menurut Pasal K2.6c tidak boleh melampaui klasifikasi kekuatan tarik dari logam pengisi terspesifikasi untuk prototipe dengan lebih dari 25 ksi (170 MPa)

Catatan Pengguna: Berdasarkan kriteria pada (b), apabila kekuatan tarik teruji dari logam las melebihi 25 ksi (170 MPa) di atas kekuatan tarik minimum terspesifikasi, las prototipe harus dibuat dengan logam pengisi dan SPL yang akan menyediakan kekuatan tarik tidak kurang dari 25 ksi (170 MPa) di bawah kekuatan tarik terukur dalam pelat uji material. Jika ini yang terjadi, kekuatan tarik las yang dihasilkan dari penggunaan logam pengisi dan SPL yang digunakan dalam prototipe harus ditentukan dengan menggunakan spesimen tarik logam las seluruhnya. Pelat uji dijelaskan dalam AWS D1.8/D1.8M pasal A6 dan diperlihatkan dalam AWS D1.8/D1.8M Gambar A.1.

- (c) Keteguhan CVN minimum terspesifikasi logam pengisi yang digunakan untuk spesimen uji tidak boleh melebihi yang digunakan untuk las pada prototipe yang sesuai. Keteguhan CVN yang diuji dari las seperti yang diuji sesuai dengan Pasal

K2.6c tidak boleh melebihi keteguhan CVN minimum terspesifikasi untuk prototipe dengan lebih dari 50%, atau 25 ft-lb (34 J), yang terbesar.

Catatan Pengguna: Berdasarkan kriteria pada (c), jika keteguhan CVN teruji dari logam las pada spesimen uji material melampaui keteguhan CVN terspesifikasi untuk spesimen uji dengan 25 ft-lb (34 J) atau 50%, yang terbesar, las prototipe dapat dibuat dengan logam pengisi dan SPL yang akan menyediakan suatu keteguhan CVN yang tidak kurang dari 25 ft-lb (34 J) atau 33% lebih rendah, yang terendah, di bawah keteguhan CVN terukur pada pelat uji material. Jika ini yang terjadi, properti las yang dihasilkan dari logam pengisi dan SPL yang akan digunakan pada prototipe dapat ditentukan dengan menggunakan lima spesimen uji CVN. Pelat uji dijelaskan pada AWS D1,8/1,8 M pasal A6 dan diperlihatkan pada AWS D1,8/D1,8M Gambar A.1.

- (d) Posisi pengelasan yang digunakan untuk membuat las pada spesimen uji harus sama seperti yang digunakan untuk las prototipe tersebut.
- (e) Detail las seperti *backing*, tab, dan lubang akses yang digunakan untuk las spesimen uji harus sama seperti yang digunakan untuk las prototipe yang sesuai. *Backing* las dan tab las tidak boleh dihilangkan dari las spesimen uji kecuali *backing* las dan tab las yang sesuai dihilangkan dari las prototipe.
- (f) Metode inspeksi dan pengujian nondestruktif dan standar penerimaan yang digunakan untuk las spesimen uji harus sama seperti yang digunakan untuk las prototipe.

Catatan Pengguna: Logam pengisi yang digunakan untuk produksi prototipe boleh memiliki klasifikasi, pamanufaktur, merek atau nama dagang, dan diameter yang berbeda, asalkan Pasal K2.3i(b) dan K2.3i(c) dipenuhi. Untuk meloloskan logam pengisi alternatif, uji sesuai Pasal K2.6e harus dilakukan.

3j. Joint Baut

Bagian-bagian yang dibaut dari spesimen uji harus menyerupai sedekat mungkin bagian-bagian sambungan prototipe yang di baut. Sebagai tambahan, bagian-bagian yang baut dari spesimen uji harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (a) Mutu baut (contohnya, Mutu A325, A325M, A490, A490M, F1852, F2280 ASTM F3125) yang digunakan pada spesimen uji harus sama seperti yang digunakan untuk prototipe, kecuali bahwa baut segi enam berat diizinkan menjadi pengganti baut kontrol tarik tipe *twist-off* yang memiliki kekuatan tarik minimum terspesifikasi yang sama, dan sebaliknya.
- (b) Tipe dan orientasi lubang baut (standar, ukuran berlebih, slot pendek, slot panjang, atau yang lainnya) yang digunakan pada spesimen uji harus sama seperti yang digunakan untuk lubang baut yang sesuai pada prototipe.
- (c) Apabila rotasi inelastis yang dikembangkan baik dengan pelelehan atau dengan slip di dalam bagian dari sambungan yang dibaut, metode yang digunakan untuk membuat lubang baut (pengeboran, sub-pengeponsan dan pembesaran, atau lainnya) pada spesimen uji harus sama seperti yang digunakan pada lubang baut yang sesuai pada prototipe.
- (d) Baut-baut pada spesimen uji harus memiliki pemasangan (pratarik atau lainnya) dan persiapan permukaan *faying* (ketahanan selip tak terspesifikasi, ketahanan selip Kelas A atau B, atau lainnya) seperti yang digunakan untuk baut yang sesuai pada prototipe.

4. Riwayat Pembebanan

4a. Persyaratan Umum

Spesimen uji harus memikul beban siklik sesuai dengan persyaratan yang dijelaskan dalam Pasal K2.4b untuk sambungan momen balok ke kolom dalam RMK, RMT, RMK-K, dan RMT-K, dan sesuai dengan persyaratan yang dijelaskan dalam Pasal K2.4c untuk sambungan elemen perangkai ke kolom pada RBE.

Urutan pembebanan untuk mengkualifikasikan sambungan yang digunakan dalam RMK, RMT, RMK-K atau RMT-K dengan kolom yang dibebani secara ortogonal harus diterapkan pada kedua sumbu menggunakan urutan pembebanan seperti yang disyaratkan dalam Pasal K2.4b. Balok yang digunakan terhadap setiap sumbu harus mewakili kombinasi yang paling menentukan untuk kualifikasi atau prakualifikasi yang dicari. Sebagai pengganti aplikasi konkuren terhadap setiap sumbu urutan pembebanan seperti yang disyaratkan dalam K2.4b, urutan pembebanan terhadap satu sumbu harus memenuhi persyaratan Pasal K2.4b, jika beban konkuren dengan besaran konstan, sama dengan kekuatan terekspektasi balok yang disambung ke kolom terhadap sumbu-sumbu ortogonalnya, harus diterapkan terhadap sumbu-sumbu ortogonal.

Urutan pembebanan selain yang disyaratkan dalam Pasal K2.4b dan K2.4c diizinkan digunakan apabila urutan pembebanan ini bisa dibuktikan sama atau lebih parah.

4b. Urutan Pembebanan untuk Sambungan Momen Balok ke Kolom

Uji siklik yang mengkualifikasi sambungan momen balok ke kolom pada RMK, RMT, RMK-K dan RMT-K harus dilakukan dengan mengendalikan sudut drift tingkat, θ , yang diberikan pada spesimen uji, seperti disyaratkan dibawah ini:

- (a) 6 siklus pada $\theta = 0,00375$ rad
- (b) 6 siklus pada $\theta = 0,005$ rad
- (c) 6 siklus pada $\theta = 0,0075$ rad
- (d) 4 siklus pada $\theta = 0,01$ rad
- (e) 2 siklus pada $\theta = 0,015$ rad
- (f) 2 siklus pada $\theta = 0,02$ rad
- (g) 2 siklus pada $\theta = 0,03$ rad
- (h) 2 siklus pada $\theta = 0,04$ rad

Lanjutkan pembebanan dengan peningkatan $\theta = 0,01$ rad, dengan dua siklus pembebanan pada setiap tahapan.

4c. Urutan Pembebanan untuk Sambungan Elemen Perangkai ke Kolom

Uji siklik yang mengkualifikasi sambungan momen elemen perangkai ke kolom pada RBE harus dilakukan dengan mengendalikan sudut rotasi total elemen perangkai, γ_{total} , yang diberikan pada spesimen uji, seperti disyaratkan dibawah ini:

- (a) 6 siklus pada $\gamma_{total} = 0,00375$ rad

- (b) 6 siklus pada $\gamma_{total} = 0,005$ rad
- (c) 6 siklus pada $\gamma_{total} = 0,0075$ rad
- (d) 6 siklus pada $\gamma_{total} = 0,01$ rad
- (e) 4 siklus pada $\gamma_{total} = 0,015$ rad
- (f) 4 siklus pada $\gamma_{total} = 0,02$ rad
- (g) 2 siklus pada $\gamma_{total} = 0,03$ rad
- (h) 1 siklus pada $\gamma_{total} = 0,04$ rad
- (i) 1 siklus pada $\gamma_{total} = 0,05$ rad
- (j) 1 siklus pada $\gamma_{total} = 0,07$ rad
- (k) 1 siklus pada $\gamma_{total} = 0,09$ rad

Lanjutkan pembebanan dengan peningkatan $\gamma_{total} = 0,02$ rad, dengan satu siklus pembebanan pada setiap tahapan.

5. Instrumentasi

Instrumentasi yang memadai harus disediakan pada spesimen uji untuk memungkinkan pengukuran atau perhitungan kuantitas yang tertera dalam Pasal K2.7.

6. Persyaratan Pengujian untuk Spesimen Material

6a. Persyaratan Pengujian Tarik untuk Spesimen Material Baja Struktural

Pengujian tarik harus dilakukan pada sampel yang diambil dari pelat uji material sesuai dengan Pasal K2.6b. Pelat uji material harus diambil dari baja dengan kode produksi yang sama seperti yang digunakan pada spesimen uji. Hasil uji tarik dari laporan uji material yang bersertifikat harus dilaporkan, tetapi tidak boleh digunakan sebagai pengganti pengujian fisik untuk tujuan dari pasal ini. Pengujian tarik harus dilakukan dan dilaporkan untuk bagian-bagian spesimen uji berikut ini:

- (a) Sayap dan badan dari balok dan kolom pada lokasi standar
- (b) Elemen sambungan yang berkontribusi terhadap rotasi inelastis akibat pelelehan

6b. Persyaratan Pengujian Tarik untuk Spesimen Material Baja Tulangan

Pengujian tarik harus dilakukan pada sampel baja tulangan sesuai dengan Pasal K2.6c. Sampel baja tulangan yang digunakan untuk uji material harus diambil dari baja dengan kode produksi yang sama dengan yang digunakan pada spesimen uji. Hasil uji tarik dari laporan uji material yang bersertifikat harus dilaporkan, tetapi tidak boleh digunakan sebagai pengganti pengujian fisik untuk tujuan dari pasal ini.

6c. Metode Pengujian Tarik untuk Spesimen Material Baja Struktural dan Tulangan

Pengujian tarik harus dilakukan menurut ASTM A6/A6M, ASTM A370, dan ASTM E8, yang sesuai, dengan pengecualian yang berikut:

- (a) Kekuatan leleh, F_y , yang dilaporkan dari pengujian harus berdasarkan definisi kekuatan leleh pada ASTM A370, menggunakan metode ofset pada regangan 0,002 in./in..
- (b) Laju pembebanan untuk uji tarik harus menyerupai, sedekat mungkin selama praktis, laju pembebanan yang digunakan untuk spesimen uji.

6d. Persyaratan Pengujian untuk Beton

Silinder uji beton yang digunakan untuk spesimen uji harus dibuat dan dirawat sesuai dengan ASTM C31. Paling sedikit tiga silinder dari setiap *batch* beton yang digunakan dalam suatu komponen spesimen uji harus diuji dalam waktu 5 hari sebelum atau sesudah akhir tes pengkualifikasi siklik spesimen uji. Uji silinder beton harus sesuai dengan ASTM C39. Kekuatan tekan rata-rata tiga silinder tersebut tidak boleh kurang dari 90% dan lebih besar dari 150% kekuatan tekan terspesifikasi beton pada komponen struktur atau elemen sambungan spesimen uji yang sesuai. Selain itu, kekuatan tekan rata-rata tiga silinder tersebut tidak boleh lebih dari 3.000 psi (20,7 MPa) lebih besar dari kekuatan tekan terspesifikasi beton pada komponen struktur atau elemen sambungan spesimen uji yang sesuai.

Pengecualian: Jika kekuatan tekan rata-rata tiga silinder tersebut di luar batasan-batasan tersebut, spesimen masih dapat diterima jika perhitungan pendukung atau bukti lain disediakan untuk membuktikan bagaimana perbedaan kekuatan beton tersebut akan mempengaruhi kinerja sambungan.

6e. Persyaratan Pengujian untuk Spesimen Material Logam Las

Pengujian logam las harus dilakukan pada sampel yang diekstraksi dari pelat uji material, yang dibuat dengan menggunakan klasifikasi logam pengisi, pamanufaktur, merek atau nama dagang, dan diameter yang sama, dan menggunakan panas input rata-rata yang sama seperti yang digunakan pada pengelasan spesimen uji. Kekuatan tarik dan keteguhan CVN spesimen material las harus ditentukan sesuai dengan *Standard Methods for Mechanical Testing of Welds* (AWS B4.0/B4.0M). Penggunaan kekuatan tarik dan nilai keteguhan CVN yang dilaporkan pada sertifikat kesesuaian tipikal pamanufaktur sebagai pengganti pengujian fisik harus dilarang untuk digunakan dalam pasal ini.

SPL yang sama harus digunakan untuk membuat spesimen uji dan pelat uji material. Pelat uji material harus menggunakan logam dasar dari mutu dan tipe yang sama seperti yang digunakan untuk spesimen uji, walaupun panas yang sama tidak perlu digunakan. Jika panas input rata-rata digunakan untuk pembuatan pelat uji material tidak berada dalam $\pm 20\%$ dari yang digunakan untuk spesimen uji, pelat uji material yang baru harus dibuat dan diuji.

7. Persyaratan Pelaporan Uji

Untuk setiap spesimen uji, laporan uji tertulis yang memenuhi persyaratan dari pihak yang berwenang dan persyaratan pasal ini harus dipersiapkan. Laporan tersebut harus mendokumentasikan semua fitur kunci dan hasil pengujian secara lengkap. Laporan tersebut harus mencakup informasi berikut ini:

- (a) Gambar atau deskripsi yang jelas dari uji subrakitan, termasuk dimensi kunci, kondisi batas pada titik pembebanan dan reaksi, dan lokasi dari pembebanan lateral.
- (b) Gambar detail sambungan yang menunjukkan ukuran komponen struktur, mutu baja, ukuran semua elemen sambungan, detail pengelasan termasuk logam pengisi, ukuran dan lokasi lubang baut, ukuran dan mutu baut, kekuatan terspesifikasi dan densitas beton, ukuran dan mutu tulangan, lokasi tulangan, detail splais dan pengangkuran tulangan, dan semua detail yang berkaitan lainnya dari sambungan tersebut.
- (c) Daftar semua variabel penting lainnya untuk spesimen uji, seperti tertera dalam Pasal K2.3
- (d) Daftar atau plot yang menunjukkan beban atau riwayat perpindahan yang diterapkan pada spesimen uji
- (e) Daftar semua las yang digolongkan sebagai kritis perlu
- (f) Definisi daerah komponen struktur dan sambungan yang digolongkan sebagai zona terlindung
- (g) Plot beban yang diterapkan terhadap perpindahan spesimen uji. Perpindahan yang dilaporkan pada plot tersebut harus diukur pada atau dekat dengan titik penerapan beban. Lokasi pada spesimen uji di mana beban dan perpindahan diukur harus diindikasikan secara jelas.
- (h) Plot momen balok terhadap sudut drift tingkat untuk sambungan momen balok ke kolom; atau plot gaya geser elemen perangkai terhadap sudut rotasi elemen perangkai untuk sambungan elemen perangkai ke kolom. Untuk sambungan balok ke kolom, momen balok dan sudut drift tingkat harus dihitung terhadap terhadap garis pusat kolom.
- (i) Sudut drift tingkat dan rotasi inelastis total yang dikembangkan oleh spesimen uji. Komponen spesimen uji yang berkontribusi terhadap rotasi inelastis total harus diidentifikasi. Bagian rotasi inelastis total yang berkontribusi oleh setiap komponen spesimen uji harus dilaporkan. Metode yang digunakan untuk menghitung rotasi inelastis harus ditunjukkan secara jelas.
- (j) Daftar kronologi pengamatan uji, termasuk pengamatan pelelehan, slip, ketidakstabilan, retak dan ruptur elemen baja, retak beton, dan kerusakan lain dari setiap bagian spesimen uji yang sesuai.
- (k) Mode kegagalan yang menentukan untuk spesimen uji. Jika pengujian dihentikan sebelum kegagalan, penyebab untuk penghentian uji harus diindikasikan secara jelas.
- (l) Hasil pengujian spesimen material yang disyaratkan dalam Pasal K2.6.
- (m) Spesifikasi prosedur pengelasan (SPL) dan laporan pemeriksaan pengelasan.

Gambar, data, dan pembahasan spesimen uji atau hasil uji tambahan diizinkan dimasukkan dalam laporan.

8. Kriteria Penerimaan

Spesimen uji harus memenuhi persyaratan kekuatan dan sudut drift tingkat atau sudut rotasi elemen perangkai dari Ketentuan ini untuk sambungan RMK, RMT, RMK-K, RMT-K atau RBE, yang sesuai. Spesimen uji harus mempertahankan sudut drift tingkat atau sudut rotasi elemen perangkai yang disyaratkan untuk paling sedikit satu siklus pembebanan lengkap.

K3. PENGUJIAN SIKLIK UNTUK KUALIFIKASI BREIS TERKEKANG TEKUK

1. Ruang Lingkup

Pasal ini mencakup persyaratan untuk uji siklik kualifikasi dari masing-masing breis terkekang tekuk dan subrakitan breis terkekang tekuk, bila disyaratkan dalam Ketentuan ini. Tujuan pengujian masing-masing breis adalah menyediakan bukti bahwa suatu breis terkekang tekuk memenuhi persyaratan kekuatan dan deformasi inelastis oleh ketentuan ini; dan juga mengizinkan penentuan gaya breis maksimum untuk desain elemen yang berhubungan. Tujuan pengujian subrakitan breis adalah menyediakan bukti bahwa desain breis tersebut dapat mengakomodasi secara memuaskan deformasi dan rotasi perlu yang sesuai dengan desain. Selanjutnya, pengujian subrakitan dimaksudkan untuk membuktikan bahwa perilaku histeresis breis pada subrakitan konsisten dengan masing-masing elemen breis yang diuji secara uniaksial.

Persyaratan uji alternatif diizinkan apabila disetujui oleh penanggungjawab perancangan dan pihak yang berwenang. Pasal ini hanya memberikan rekomendasi minimum untuk kondisi uji yang disederhanakan.

2. Spesimen Uji Subrakitan

Spesimen uji subrakitan harus memenuhi persyaratan berikut ini:

- (a) Mekanisme untuk mengakomodasi rotasi inelastis pada breis spesimen uji subrakitan harus sama seperti pada prototipe. Kebutuhan deformasi rotasi pada breis spesimen uji subrakitan harus sama dengan atau lebih besar dari yang pada prototipe.
- (b) Kekuatan leleh aksial inti baja, P_{ySC} , breis pada spesimen uji subrakitan tidak boleh kurang dari 90% yang pada prototipe dengan kedua kekuatan berdasarkan luas inti, A_{SC} , dikalikan dengan kekuatan leleh yang ditentukan dari uji kupon.
- (c) Bentuk dan orientasi penampang melintang proyeksi inti baja breis spesimen uji subrakitan harus sama dengan yang dari breis pada prototipe.
- (d) Metodologi desain terdokumentasi yang sama harus digunakan untuk desain subrakitan seperti yang digunakan untuk prototipe, agar dapat melakukan perbandingan kebutuhan deformasi rotasional pada breis subrakitan pada prototipe. Dalam penghitungan stabilitas, balok, kolom dan pelat buhul yang menyambungkan inti harus dianggap sebagai bagian dari sistem ini.
- (e) Margin keamanan yang dihitung untuk desain sambungan prototipe, stabilitas proyeksi inti baja, tekuk keseluruhan dan detail konstruksi breis spesimen uji subrakitan yang relevan lainnya, tidak termasuk pelat buhul, untuk prototipe tersebut, harus sama dengan atau melebihi yang dihitung pada konstruksi

spesimen uji subrakitan. Jika spesimen uji breis kualifikasi yang disyaratkan dalam Pasal K3.3 juga diuji termasuk persyaratan subrakitan pada pasal ini, faktor keamanan terkecil untuk tekuk keseluruhan dari yang di syaratkan dalam Pasal K3.3a(a) dan yang disyaratkan dalam pasal ini harus digunakan.

- (f) Pembreisan lateral spesimen uji subrakitan harus mereplikasi pembreisan lateral pada prototipe.
- (g) Spesimen uji breis dan prototipenya harus dimanufaktur dengan proses dan prosedur pengendalian dan penjaminan kualitas yang sama.

Ekstrapolasi di luar batas-batas yang ditentukan dalam pasal ini, diizinkan bila ada kajian oleh ahli yang berkualifikasi dan persetujuan oleh pihak yang berwenang.

3. Spesimen Uji Breis

Spesimen uji breis harus mereplikasi sedekat mungkin selama praktis desain yang bersangkutan, pendetailan, fitur konstruksi, dan properti material prototipe.

3a. Desain Spesimen Uji Breis

Metodologi desain terdokumentasi yang sama harus digunakan untuk spesimen uji breis dan prototipenya. Perhitungan desain harus membuktikan, sebagai syarat minimum, persyaratan berikut ini:

- (a) Margin keamanan yang dihitung untuk stabilitas terhadap tekuk keseluruhan prototipe harus sama atau melebihi yang dihitung untuk spesimen uji breis.
- (b) Margin keamanan yang dihitung untuk spesimen uji breis dan prototipenya harus memperhitungkan perbedaan dalam properti material, termasuk tegangan leleh dan tegangan ultimit, elongasi ultimit, dan keteguhan.

3b. Manufaktur Spesimen Uji Breis

Spesimen uji breis dan prototipenya harus dimanufaktur dengan proses dan prosedur pengendalian dan penjaminan kualitas yang sama.

3c. Similaritas Spesimen Uji Breis dan Prototipe

Spesimen uji breis harus memenuhi persyaratan berikut ini:

- (a) Profil dan orientasi dari inti baja harus sama dengan yang terdapat pada prototipe.
- (b) Kekuatan leleh aksial inti baja, $P_{y_{sc}}$, breis pada spesimen uji subrakitan tidak boleh kurang dari 30% atau lebih dari 120% kekuatan leleh pada prototipe dengan kedua kekuatan tersebut berdasarkan luas inti, A_{sc} , dikalikan dengan kekuatan leleh yang ditentukan dari uji kupon.
- (c) Material untuk, dan metode dari, pemisahan antara inti baja dan mekanisme pengekangan tekuk pada spesimen uji breis harus sama seperti yang di prototipe.

Ekstrapolasi di luar batas-batas yang ditentukan dalam pasal ini, diizinkan bila ada kajian oleh ahli yang berkualifikasi dan persetujuan oleh pihak yang berwenang.

SNI 7860:2020

3d. Detail Sambungan

Detail sambungan yang digunakan dalam spesimen uji breis harus mewakili detail sambungan prototipe sedekat mungkin selama praktis.

3e. Material

1. Inti Baja

Persyaratan berikut harus dipenuhi untuk inti baja dari spesimen uji breis:

- (a) Tegangan leleh minimum terspesifikasi inti baja spesimen uji breis harus sama seperti yang terdapat pada prototipe.
- (b) Tegangan leleh material terukur inti baja dalam spesimen uji breis harus paling sedikit 90% dari yang terukur pada prototipe seperti ditentukan dari uji kupon.
- (c) Tegangan dan regangan ultimit minimum terspesifikasi inti baja spesimen uji breis tidak boleh melampaui yang terdapat pada prototipe.

2. Mekanisme Pengekangan Tekuk

Material yang digunakan dalam mekanisme pengekangan tekuk dari spesimen uji breis harus sama dengan yang digunakan dalam prototipe.

3f. Sambungan

Joint las, baut, dan pin pada spesimen uji harus mereplikasi yang terdapat pada prototipe sedekat mungkin selama praktis.

4. Riwayat Pembebanan

4a. Persyaratan Umum

Spesimen uji harus diberi beban siklik sesuai dengan persyaratan yang dijelaskan dalam Pasal K3.4b dan K3.4c. Tambahan inkremen beban di luar yang dijelaskan dalam Pasal K3.4c diizinkan. Setiap siklus harus mencakup peralihan tarik penuh dan tekan penuh sesuai dengan deformasi yang ditentukan.

4b. Kontrol Pengujian

Pengujian harus dilakukan dengan cara mengontrol level deformasi aksial atau deformasi rotasi, Δ_b , yang diberikan pada spesimen uji. Sebagai alternatif, deformasi rotasi maksimum diizinkan untuk diterapkan dan dipertahankan dengan mengikuti protokol untuk deformasi aksial.

4c. Urutan Pembebanan

Beban harus diterapkan pada spesimen uji untuk menghasilkan deformasi yang berikut, dengan deformasi yang dimaksud adalah deformasi aksial inti baja untuk spesimen uji dan kebutuhan deformasi rotasi untuk breis spesimen uji subrakitan:

- (a) Pembebanan 2 siklus pada deformasi yang sesuai dengan $\Delta_b = \Delta_{by}$

- (b) Pembebanan 2 siklus pada deformasi yang sesuai dengan $\Delta_b = 0,50\Delta_{bm}$
- (c) Pembebanan 2 siklus pada deformasi yang sesuai dengan $\Delta_b = 1,0\Delta_{bm}$
- (d) Pembebanan 2 siklus pada deformasi yang sesuai dengan $\Delta_b = 1,5\Delta_{bm}$
- (e) Pembebanan 2 siklus pada deformasi yang sesuai dengan $\Delta_b = 2,0\Delta_{bm}$
- (f) Siklus lengkap tambahan pembebanan pada deformasi yang sesuai dengan $\Delta_b = 1,5\Delta_{bm}$ seperti yang disyaratkan untuk spesimen uji breis yang memikul deformasi aksial inelastis kumulatif paling sedikit 200 kali deformasi leleh (tidak disyaratkan untuk spesimen uji subrakitan).

dengan

Δ_{bm} = nilai kuantitas deformasi, Δ_b , paling sedikit sama dengan drift tingkat desain yang sesuai, in. (mm)

Δ_{by} = nilai dari kuantitas deformasi, Δ_b , pada leleh pertama dari spesimen uji, in. (mm)

Drift tingkat desain tidak boleh diambil kurang dari 0,01 kali tinggi tingkat untuk tujuan perhitungan Δ_{bm} . Urutan pembebanan lainnya boleh digunakan untuk mengqualifikasi spesimen uji apabila spesimen tersebut membuktikan keparahan yang sama atau lebih besar dalam deformasi inelastis maksimum dan kumulatif.

5. Instrumentasi

Instrumentasi yang memadai harus disediakan pada spesimen uji untuk memungkinkan pengukuran atau perhitungan kuantitas yang tertera dalam Pasal K3.7.

6. Persyaratan Pengujian Material

6a. Persyaratan Pengujian Tarik

Pengujian tarik harus dilakukan pada sampel yang diambil dari baja dengan kode produksi yang sama dengan yang digunakan untuk manufaktur inti baja. Hasil uji tarik dari laporan uji material yang bersertifikat harus dilaporkan, tetapi tidak boleh digunakan sebagai pengganti pengujian fisik untuk tujuan dari pasal ini. Hasil uji tarik harus berdasarkan pengujian yang dilakukan sesuai dengan Pasal K3.6b.

6b. Metode Pengujian Tarik

Pengujian tarik harus dilakukan menurut ASTM A6, ASTM A370, dan ASTM E8, dengan pengecualian berikut ini:

- (a) Tegangan leleh yang dilaporkan dari pengujian harus berdasarkan kekuatan leleh yang didefinisikan dalam ASTM A370, menggunakan metode offset regangan 0,002 in./in.
- (b) Laju pembebanan untuk uji tarik harus mereplikasi, sedekat mungkin selama praktis, laju pembebanan yang digunakan untuk spesimen uji.
- (c) Kupon harus dikerjakan dengan mesin sehingga sumbu longitudinalnya sejajar dengan sumbu longitudinal inti baja.

7. Persyaratan Pelaporan Uji

Untuk setiap spesimen uji, laporan uji tertulis yang memenuhi persyaratan pasal ini harus dipersiapkan. Laporan tersebut benar-benar harus mendokumentasikan semua fitur kunci dan hasil dari pengujian. Laporan harus mencakup informasi berikut ini:

- (a) Gambar atau deskripsi yang jelas dari spesimen uji, termasuk dimensi kunci, kondisi batas pada titik pembebanan dan reaksi, dan lokasi dari pembebanan lateral, jika ada.
- (b) Gambar detail sambungan yang menunjukkan ukuran komponen struktur, mutu baja, ukuran semua elemen sambungan, detail pengelasan termasuk logam pengisi, ukuran dan lokasi lubang baut atau pin, ukuran dan mutu elemen penyambung, dan semua detail yang berkaitan lainnya dari sambungan tersebut.
- (c) Daftar dari semua variabel penting lainnya yang tertera dalam Pasal K3.2 atau K3.3.
- (d) Daftar atau plot yang menunjukkan beban atau riwayat perpindahan yang diterapkan.
- (e) Plot beban yang diterapkan terhadap deformasi, Δ_b . Metode yang digunakan untuk menentukan deformasi harus ditunjukkan secara jelas. Lokasi pada spesimen uji di mana beban dan deformasi diukur harus diidentifikasi secara jelas.
- (f) Daftar kronologis pengamatan pengujian, termasuk pengamatan dari pelelehan, slip, ketidakstabilan, perpindahan transversal sepanjang spesimen uji dan ruptur dari setiap bagian spesimen uji dan sambungan, yang sesuai.
- (g) Hasil dari uji spesimen material yang disyaratkan dalam Pasal K3.6.
- (h) Pengendalian kualitas manufaktur dan rencana penjaminan mutu yang digunakan untuk fabrikasi spesimen uji. Hal ini harus tercakup dengan spesifikasi prosedur pengelasan dan laporan inspeksi pengelasan.

Gambar, data, dan pembahasan tambahan spesimen uji atau hasil uji diizinkan dimasukkan dalam laporan.

8. Kriteria Penerimaan

Paling sedikit satu uji subrakitan yang memenuhi persyaratan Pasal K3.2 harus dilakukan. Paling sedikit satu pengujian breis dan memenuhi persyaratan Pasal K3.3 harus dilakukan. Di dalam rentang protokol yang disyaratkan, semua pengujian harus memenuhi persyaratan berikut ini:

- (a) Plot yang menunjukkan bahwa beban yang diterapkan terhadap riwayat perpindahan harus menunjukkan perilaku stabil, dan dapat diulang dengan kekakuan inkremental positif.
- (b) Tidak boleh ada ruptur, ketidakstabilan breis, atau kegagalan sambungan ujung breis.
- (c) Untuk pengujian breis, setiap siklus pada suatu deformasi yang lebih besar dari Δ_{by} , gaya tarik dan gaya tekan maksimum tidak boleh lebih kecil dari kekuatan nominal inti.

- (d) Untuk pengujian breis, setiap siklus pada suatu deformasi yang lebih besar dari Δ_{by} , rasio gaya tekan maksimum terhadap gaya tarik maksimum tidak boleh melebihi 1,5.

Kriteria penerimaan lainnya boleh diadopsi untuk spesimen uji breis atau spesimen uji subrakitan jika apabila ada kajian oleh ahli yang berkualifikasi dan persetujuan oleh pihak yang berwenang.

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	Prof. Tavio, ST, MT, Ph.D	Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan - Institut teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Anggota Tim		
4	Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D	Prodi Teknik Sipil - Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
5	Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D	Prodi Teknik Sipil - Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
6	Naomi Pratiwi B.Eng, M.Sc	Prodi Teknik Sipil - Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
7	Sisi Nova Rizkiani, ST, MT	Prodi Teknik Sipil - Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
8	Wivia Octarena Nugroho, ST, MT	Prodi Teknik Sipil - Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
9	Ir. Suradjin Sutjipto, MS.	Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan - Universitas Trisakti/ Suradjin Sutjipto Inc. (SSI)
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 Ladju
14	Ir. Grace Indriani Sandika MT	PT. Cigading Habeam Centre

NO.	NAMA	INSTANSI
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.