

Perbandingan Ketentuan dan Analisis *Detailing* Hubungan Balok-Kolom Berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019 (Studi Kasus: Gedung Perkuliahan Lima Tingkat di Kota Padang)

Syafri Wardi*¹, Sulaiman Yusuf Ardiansyah¹

¹Program Studi Teknik Sipil Sarjana, Fakultas Teknik Institut Teknologi Padang, Indonesia
e-mail: *wardi.syafri@itp.ac.id

Received 16 March 2022; Reviewed 31 March 2022; Accepted 03 August 2022

Journal Homepage: <http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering>

Doi: <https://doi.org/10.35334/be.v1i2.2430>

Abstract

Recent earthquakes in Indonesia have caused significant damage to many buildings, especially because the beam-column joints did not satisfy the detailing requirements for the seismic-resistant building. SNI 2847: 2013 is an Indonesian code for designing concrete buildings, which has been updated to SNI 2847:2019, consist of several new provisions related to detailing beam-column joints. This study discusses the comparison of detailing requirements based on the two codes and compares the analysis of detailing of the beam-column joints in a focused building, a five-story building which represents a medium rise building. The comparison of detailing requirements for beam-column joint according to SNI 2847:2013 and SNI 2847:2019 showed that SNI 2847:2019 has several new requirements related to the height of the joint, standard hooks in an exterior joint, headed bar, and transverse reinforcement in the joint. Then, comparing the results of analysis of detailing of the beam column joints in the focused building showed that there is no different on the detailing results of the joints according to SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019.

Keywords: *beam-column joint, beton bertulang, tahan gempa*

Abstrak

Kejadian gempa di Indonesia banyak menyebabkan struktur gedung mengalami kerusakan terutama akibat hubungan balok-kolom yang tidak memenuhi persyaratan detailing untuk struktur tahan gempa. SNI 2847-2013 merupakan standar perencanaan beton struktural untuk bangunan gedung yang telah mengalami pembaruan menjadi SNI 2847-2019 yang didalamnya terdapat beberapa ketentuan baru terkait dengan detailing hubungan balok-kolom. Penelitian ini membahas bagaimana perbandingan ketentuan detailing, serta membahas analisis detailing hubungan balok-kolom berdasarkan kedua standar tersebut pada model struktur gedung yang ditinjau, yaitu gedung perkuliahan lima tingkat di Kota Padang yang merepresentasikan model gedung bertingkat menengah. Perbandingan ketentuan detailing hubungan balok-kolom sesuai SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019 menunjukkan bahwa SNI 2847:2019 memiliki ketentuan baru terkait tinggi joint, kait standar pada joint eksterior, penggunaan headed bar, dan tulangan transversal pada joint. Kemudian, dari analisis detailing hubungan balok kolom pada model struktur gedung yang ditinjau, didapatkan tidak ada perbedaan hasil detailing hubungan balok-kolom berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019.

Kata kunci: *beam-column joint, beton bertulang, tahan gempa*

1. Pendahuluan

Daerah pertemuan struktur balok dan kolom merupakan daerah kritis pada struktur beton bertulang yang harus didesain mampu menahan gaya-gaya yang timbul pada saat terjadi gempa. Gempa 2009 yang terjadi di Kota Padang, Sumatera Barat menyebabkan banyak gedung bertingkat dengan struktur beton bertulang mengalami keruntuhan akibat kerusakan pada hubungan balok-kolom. Gambar 1 memperlihatkan gedung di daerah Padang yang mengalami kegagalan struktur akibat hubungan balok-kolom tidak mampu menahan gaya yang timbul saat gempa terjadi karena buruknya *detailing* pada hubungan balok-kolom. Gempa yang terjadi di Lombok pada tahun 2018 juga menunjukkan adanya gedung yang mengalami kerusakan pada hubungan balok-kolom, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Detail penulangan hubungan balok-kolom salah satu gedung yang runtuh akibat gempa di Padang tahun 2009 (Sumber: Li dan Sanada, 2017)



Gambar 2. Detail penulangan hubungan balok-kolom salah satu gedung yang rusak akibat gempa di Lombok tahun 2018 (Sumber: Wardi dkk, 2020)

Perencanaan pendetailan hubungan balok-kolom sesuai dengan standar yang baik dapat menghindari terjadinya kegagalan struktur tersebut. Penelitian oleh Wardi dkk (2018) menunjukkan bahwa masih banyak bangunan yang sedang dibangun di Kota Padang yang tidak memenuhi ketentuan *detailing* hubungan balok-kolom tahan gempa. Ini menunjukkan bahwa *detailing* hubungan balok-kolom tidak mendapatkan perhatian yang baik dalam perencanaan dan/atau pelaksanaan konstruksi gedung beton bertulang di daerah rawan gempa Indonesia, sehingga penelitian terkait *detailing* hubungan balok-kolom ini sangat perlu untuk dilakukan.

Penelitian terdahulu terkait *detailing* hubungan balok-kolom telah dilakukan oleh beberapa peneliti (Setiawan, 2012; Ristanto dkk, 2015; Supardi dkk, 2017, Anggraini, 2019), namun pada penelitian tersebut masih menggunakan SNI-03-2847-2002 atau SNI 2847:2013. Wicaksana dan Rosyidah (2021) telah melakukan perbandingan *detailing* balok dan kolom serta hubungan balok-kolom berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019 pada studi kasus bangunan 10 lantai. Bangunan 10 lantai ini tergolong bangunan bertingkat tinggi (Mulyono, 2000). Belum ada penelitian terdahulu yang membahas dengan detail perbandingan ketentuan *detailing* hubungan balok-kolom pada SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019 dan melakukan perbandingan analisis *detailing* hubungan balok-kolom berdasarkan kedua standar tersebut untuk studi kasus bangunan bertingkat rendah dan menengah.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk membahas perbandingan ketentuan *detailing* hubungan balok-kolom sesuai dengan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019. Kemudian, dilakukan analisis *detailing* tulangan hubungan balok-kolom pada studi kasus gedung perkuliahan lima tingkat di Kota Padang berdasarkan ketentuan dari kedua standar tersebut.

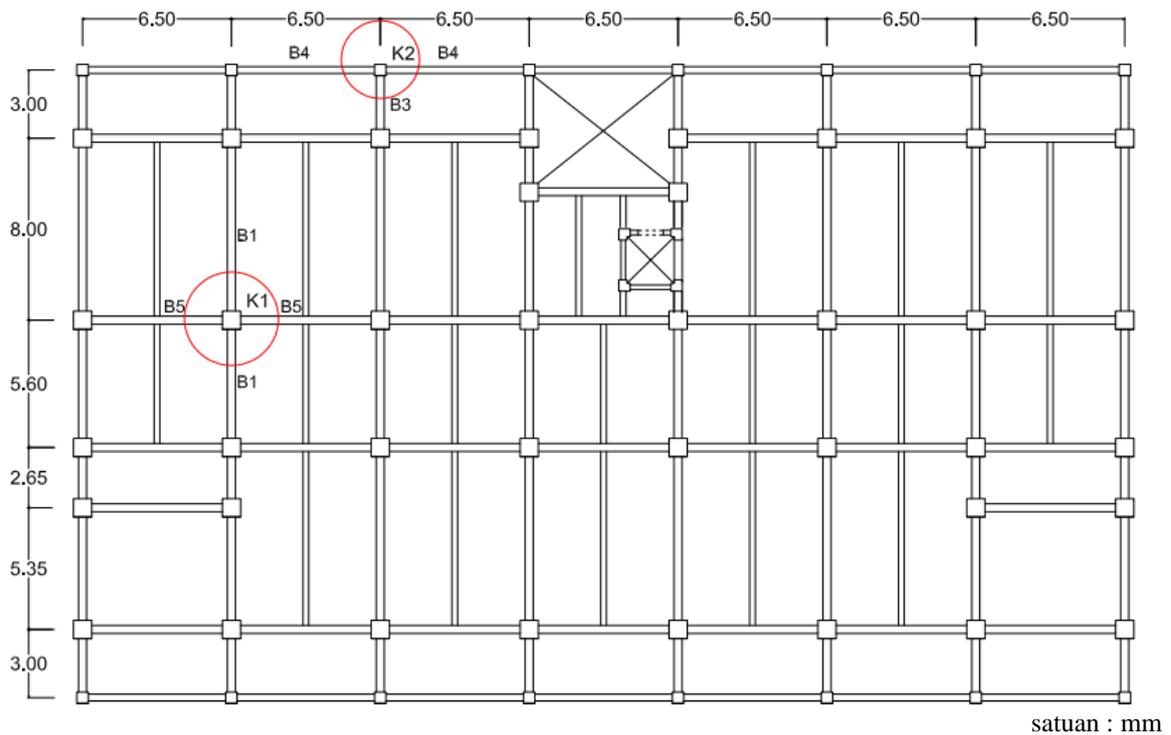
2. Metode Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Studi literatur
Studi literatur pada penelitian ini adalah pencarian sumber dan referensi yang berkaitan dengan hubungan balok-kolom, baik penelitian sejenis ataupun mengenai peraturan dan standar-standar *detailing* hubungan balok-kolom.
- b) Perbandingan peraturan *detailing* hubungan balok-kolom berdasarkan SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019.
Perbandingan peraturan SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019 ini dimaksudkan untuk mencari perbedaan antara kedua standar tersebut mengenai *detailing* hubungan balok-kolom.
- c) Analisis *detailing* hubungan balok-kolom struktur gedung yang ditinjau berdasarkan SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019.
Tahap ini merupakan tahap analisis *detailing* hubungan balok-kolom berdasarkan SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019 pada objek studi kasus yaitu gedung perkuliahan lima tingkat di Kota Padang. Gedung tersebut direncanakan pada tahun 2019 dan mulai dibangun pada tahun 2020. Pada penelitian ini, hanya dilakukan analisis *detailing* satu hubungan balok-kolom interior dan eksterior pada lantai satu yang ditandai dengan lingkaran merah pada gambar 3, sedangkan untuk dimensi dan tulangan pada kolom dan balok diambil sama dengan data pada gambar rencana gedung yang ditinjau.

Data untuk objek studi kasus pada penelitian ini adalah dokumen perencanaan gedung perkuliahan lima tingkat di Kota Padang yang tergolong bangunan bertingkat menengah. dimana gedung diklasifikasikan bertingkat menengah jika memiliki 3-6 lantai atau tingginya 10-20 m (Mulyono, 2000). Adapun data-data gedung tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) Data gedung
 - Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
 - Jumlah tingkat : 5 (lima) tingkat
 - Tinggi tiap tingkat : 4 meter
 - Lokasi : Jl. DPRD By Pass Kelurahan Air Pacah, Kota Padang
 - Sistem Struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Beton Bertulang
- 2) Spesifikasi Bahan
 - Mutu beton : $f_c' = 29,05$ MPa (K-350)
 - Mutu tulangan : $f_y = 400$ MPa (tulangan utama dan tulangan sengkang)

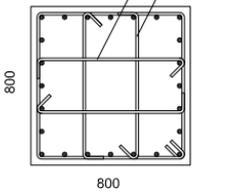
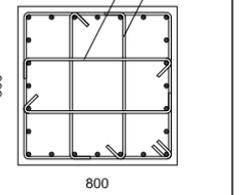
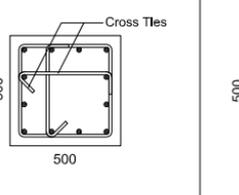
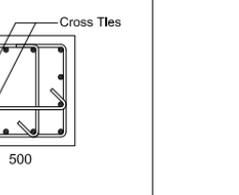


Gambar 3. Denah kolom dan balok lantai satu (Sumber: Dokumen perencanaan gedung)

3) Dimensi Penampang Struktur

a) Kolom

Detail penampang kolom pada *joint* balok-kolom yang ditinjau dapat dilihat pada gambar 4.

TYPE	K1		K2	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
TULANGAN UTAMA	24 D22	24 D22	12 D22	12 D22
SENGKANG	D13 - 100	D13 - 150	D13 - 100	D13 - 150
PENGIKAT SILANG (CROSS TIES)	D13 - 100	D13 - 150	D13 - 100	D13 - 150
SELIMUT BETON	4 cm	4 cm	4 cm	4 cm

satuan : mm

Gambar 4. Detail penampang kolom (Sumber: Dokumen perencanaan gedung)

b) Balok

Detail penampang balok pada *joint* balok-kolom yang ditinjau dapat dilihat pada gambar 5.

TYPE	B1		B4	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
TULANGAN ATAS	8 D22	4 D22	4 D19	3 D19
TULANGAN BAWAH	4 D22	6 D22	3 D19	4 D19
SENGKANG	D13 - 100	D13 - 200	D10 - 100	D10 - 200
SIDE, TORSI	2 D13	2 D13	2 D10	2 D10
SELIMUT BETON	4 cm	4 cm	4 cm	4 cm
TYPE	B3		B5	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
TULANGAN ATAS	6 D22	4 D22	9 D22	5 D22
TULANGAN BAWAH	4 D22	6 D22	5 D22	7 D22
SENGKANG	D13 - 75	D13 - 150	D13 - 75	D13 - 150
SIDE, TORSI	-	-	2 D13	2 D13
SELIMUT BETON	4 cm	4 cm	4 cm	4 cm

satuan : mm

Gambar 5. Detail penampang balok (Sumber: Dokumen perencanaan gedung)

Detail kolom dan balok pada gambar 4 dan gambar 5 di atas, telah memenuhi ketentuan *detailing* SRPMK untuk balok dan kolom berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019, serta juga telah memenuhi persyaratan kolom kuat-balok lemah (Ardiansyah, 2020).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perbandingan Peraturan *Detailing* Hubungan Balok-Kolom SRPMK berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019

Ada beberapa ketentuan baru atau perbedaan terkait *detailing joint* balok-kolom SNI 2847:2019 dibandingkan terhadap ketentuan pada SNI 2847:2013, seperti dapat dilihat pada Lampiran 1.

Selain perbedaan ketentuan *detailing* di atas, ada tambahan faktor pengali (λ) untuk mendapatkan kuat geser *joint* berdasarkan SNI 2847:2019, dimana λ diambil 0,75 untuk beton ringan dan 1,0 untuk beton normal, namun rumus kekuatan geser *joint* tetap sama. Faktor pengali (λ) ini tidak berpengaruh terhadap perhitungan kekuatan geser untuk kasus beton normal (beton dengan berat normal).

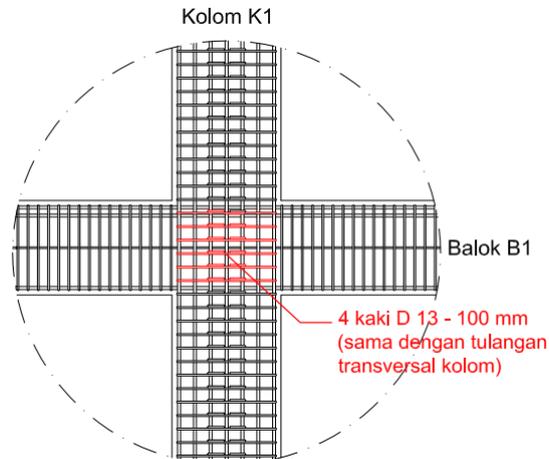
3.2 Analisis *Detailing* Hubungan Balok-Kolom Interior Berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019

Hasil analisis *detailing* pada hubungan balok-kolom interior berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019 pada struktur gedung yang ditinjau adalah sebagai berikut:

- 1) Syarat tinggi *joint* (h) tidak kurang dari setengah tinggi balok-balok yang merangka pada *joint*, yang merupakan ketentuan baru pada SNI 2847:2019, telah terpenuhi. *Joint interior* yang ditinjau juga telah memenuhi ketentuan lain terkait dimensi kolom (ketentuan sama pada SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019), seperti dapat dilihat pada Lampiran A poin 1.
- 2) Tulangan transversal kolom pada *joint* interior yang ditinjau, yaitu tulangan transversal 4 kaki D13 dengan spasi antar tulangan transversal 100 mm, telah memenuhi ketentuan berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 2847:2019. Ketentuan terkait tulangan transversal berdasarkan kedua standar ini adalah sama karena gaya aksial kolom $< 0,3 A_g f_c'$.

- 3) Hasil analisis kekuatan geser *joint* berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 2847:2019 adalah sama. Perhitungan luas efektif *joint* dan analisis kekuatan geser *joint* detail dapat dilihat pada Lampiran A poin 2 sampai dengan poin 4.

Gambar hasil analisis *detailing* hubungan balok kolom interior yang ditinjau berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 2847:2019 adalah sama, seperti dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. *Detailing joint* interior berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019

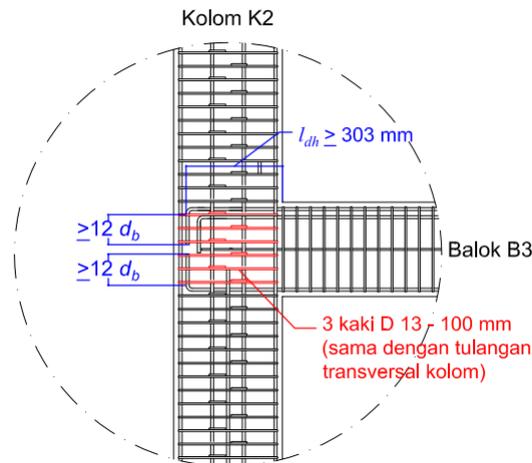
Hasil analisis *detailing* hubungan balok-kolom interior dan eksterior struktur gedung yang ditinjau berdasarkan kedua standar tersebut adalah sama karena pada struktur gedung yang ditinjau telah memenuhi ketentuan terkait *tinggi joint* (h), gaya aksial kolom $< 0,3 Ag fc'$, dan mutu beton yang digunakan < 70 MPa, sehingga tidak berlaku ketentuan baru pada SNI 03-1726-2019 seperti yang dijelaskan pada Tabel 1 ketentuan no.1 dan no. 4 pada artikel ini.

3.3 Analisis *Detailing* Hubungan Balok-Kolom Eksterior Berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019

Hasil perbandingan *detailing* pada hubungan balok-kolom eksterior berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019 pada struktur gedung yang ditinjau adalah sebagai berikut:

- 1) Syarat *tinggi joint* (h) tidak kurang dari setengah tinggi balok-balok yang merangka pada *joint*, yang merupakan ketentuan baru pada SNI 2847:2019, telah terpenuhi.
- 2) Tulangan transversal kolom pada *joint* eksterior yang ditinjau, yaitu tulangan transversal 3 kaki D13 dengan spasi antar tulangan transversal 100 mm, telah memenuhi ketentuan berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 2847:2019. Ketentuan terkait tulangan transversal berdasarkan kedua standar ini adalah sama karena gaya aksial kolom $< 0,3 Ag fc'$.
- 3) Hasil analisis kekuatan geser *joint* berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 2847:2019 adalah sama. Perhitungan luas efektif *joint* dan analisis kekuatan geser *joint* detail dapat dilihat pada Lampiran B poin 1 sampai dengan poin 3.
- 4) Panjang pengankuran dengan kait 90° berdasarkan SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019 mendapat hasil yang sama, yaitu panjang kait $12d_b$ dan panjang pengankuran tulangan balok ke kolom (l_{dh}) sebesar minimum 303 mm. Perhitungan l_{dh} dapat dilihat pada Lampiran C.

Gambar hasil analisis *detailing* hubungan balok kolom eksterior yang ditinjau berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 2847:2019 adalah sama, seperti dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 10. *Detailing joint* eksterior berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019

Hasil analisis *detailing* hubungan balok-kolom interior dan eksterior struktur gedung yang ditinjau berdasarkan kedua standar tersebut adalah sama karena pada struktur gedung yang ditinjau telah memenuhi ketentuan terkait tinggi *joint* (h), gaya aksial kolom $< 0,3 Ag fc'$, dan mutu beton yang digunakan < 70 MPa, sehingga tidak berlaku ketentuan baru pada SNI 03-1726-2019 seperti yang dijelaskan pada Tabel 1 ketentuan no. 1 dan no. 4 pada artikel ini. Detail pengankuran tulangan balok pada hubungan balok-kolom eksterior berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019 juga sama, karena ketentuan baru terkait kait standar hanya penegasan untuk menggunakan kait standar 90° , seperti yang dijelaskan di Tabel 1 ketentuan no. 2 pada artikel ini.

4. Kesimpulan

Berdasarkan perbandingan peraturan terkait persyaratan *detailing* hubungan balok-kolom sesuai SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019, didapatkan beberapa ketentuan baru, yaitu terkait tinggi *joint*, kait standar pada *joint* eksterior, penggunaan *headed bar*, dan tulangan transversal pada *joint*. Dari hasil analisis *detailing* hubungan balok-kolom berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019 pada struktur gedung yang ditinjau (gedung perkuliahan lima tingkat di Kota Padang) yang merupakan gedung bertingkat menengah, didapatkan hasil *detailing* yang sama. Hasil analisis *detailing* yang sama untuk gedung yang ditinjau ini berdasarkan kedua peraturan tersebut karena pada gedung ini tidak berlaku ketentuan terkait tulangan transversal untuk kolom dengan $P_u \leq 0,3 Ag fc'$ atau $fc' \leq 70$ MPa dan juga terpenuhi persyaratan lain terkait tinggi *joint* dan kait standar pada *joint* eksterior. Perlu dilakukan studi lebih lanjut terkait perbedaan hasil analisis *detailing joint* berdasarkan kedua standar tersebut untuk contoh kasus struktur gedung lainnya, termasuk variasi ketinggian gedung.

Daftar Pustaka

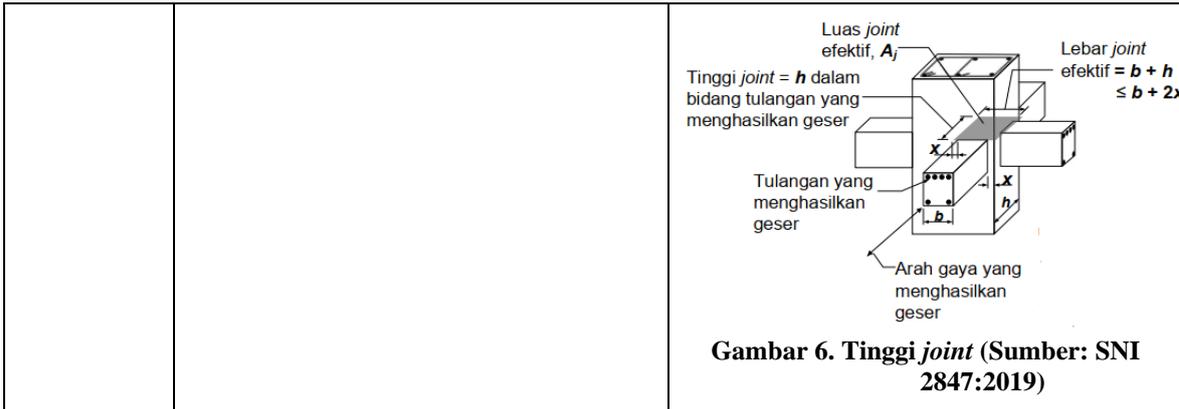
- ACI Committee 318, 2008, *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary*, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- Anggraini, R., 2019, Analisis Sambungan Balok Kolom Beton Bertulang Pada Daerah Rawan Gempa (Studi Kasus : Gedung Pasar Inpres Blok IV Kota Padang), Jurnal Rekayasa. Vol. 8(2), hal. 96-114.
- Ardiansyah, S.Y., 2020, Perbandingan Detailing Hubungan Balok-Kolom Berdasarkan SNI 1726-2847-2013 dan SNI 1726-2019 (Studi Kasus: Gedung Kampus II Institut Teknologi Padang). Tugas Akhir Teknik Sipil Sarjana, Institut Teknologi Padang (tidak dipublikasikan).

- Badan Standarisasi Nasional, 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (NI 2847-2013), BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2019), BSN, Bandung.
- Li, Y., Sanada, Y., 2017, *Seismic Strengthening of Existing RC Beam-Column Joints by Wing Walls. Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 46(12), hal. 1987-2008.
- Mulyono, 2000, Petunjuk Standarisasi Desain Gedung Bertingkat, Bandung: Ganeca Exact
- Ristanto, E., Suryadi., Irianti, L., 2015, Analisis *Joint* Balok Kolom dengan Metode SNI 2847-2013 dan ACI 352R-2002 pada Hotel Serela Lampung, JRSDD, Vol. 3(3), hal. 521-540.
- Setiawan, A., 2012, Analisis Hubungan Balok Kolom Beton Bertulang Proyek Pembangunan Gedung DPRD-Balai Kota DKI Jakarta, COMTECH, Vol. 3(1), hal. 711-717.
- Supardi., Purwanto, E., Adi, B.K., 2017, Evaluasi Kekuatan dan Detailing Tulangan Hubungan Balok Kolom (*Joint*) Beton Bertulang Sesuai SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012 (Studi Kasus: Hotel Pesonna Semarang), Matriks Teknik Sipil, Vol. 5(1). hal.174-180
- Wardi, S., Sanada, Y., Kita, M., Tanjung, J., Maidiawati, 2018, *Common Structural Details and Deficiencies in Indonesian RC Buildings: Preliminary Report on Field Investigation in Padang City, West Sumatra*, IJASEIT, Vol. 8(2): 418-425. <http://dx.doi.org/10.18517/ijaseit.8.2.4207>
- Wardi, S., Sanada, Y., Saha, N., Takahashi, S., 2020, *Improving Integrity of RC Beam-Column Joint with Deficient Beam Rebar Anchorage*, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 49(3):234-260. <https://doi.org/10.1002/eqe.3229>
- Wicaksana, A., & Rosyidah, A., 2021, Perbandingan Perancangan Bangunan Tahan Gempa Menggunakan SNI 1726:2012 Dan SNI 1726:2019, Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil, 18(1), 88-99. <https://doi.org/10.30630/jirs.v18i1.416>

Lampiran

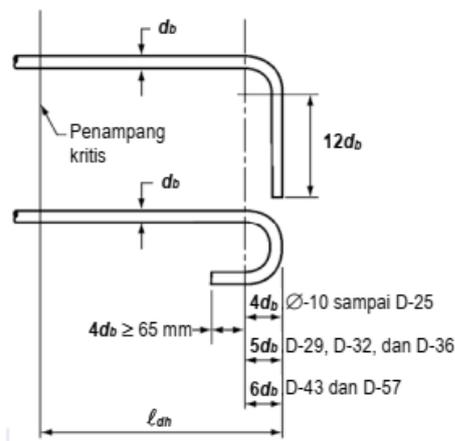
Lampiran 1 Perbandingan Ketentuan Terkait *Detailing* Hubungan Balok-Kolom berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019

Ketentuan	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019
1. Tinggi <i>joint</i>	Tidak ada ketentuan terkait tinggi <i>joint</i> (h)	Pada SNI 2847:2019 pasal 18.8.2.4 terdapat ketentuan untuk tinggi <i>joint</i> , yaitu tinggi <i>joint</i> (h) harus minimum setengah dari tinggi semua balok yang mengikat <i>joint</i> tersebut atau balok yang menyebabkan gaya geser pada <i>joint</i> sebagai bagian dari sistem pemikul gaya seismik. Definisi tinggi <i>joint</i> (h) dapat dilihat pada gambar 6. Pada penjelasan SNI 2847:2019 pasal R18.8.2.4, ketentuan ini dibuat karena <i>joint</i> dengan h lebih kecil dari setengah tinggi balok, membutuhkan <i>strut</i> tekan diagonal yang curam di sepanjang sambungan, sehingga kurang efektif menahan gaya geser yang terjadi pada <i>joint</i> . Pengujian yang menunjukkan kinerja <i>joint</i> dengan h kurang dari setengah tinggi balok belum tercantum dalam literatur (SNI 2847:2019).



2. Kait standar pada joint balok-kolom eksterior

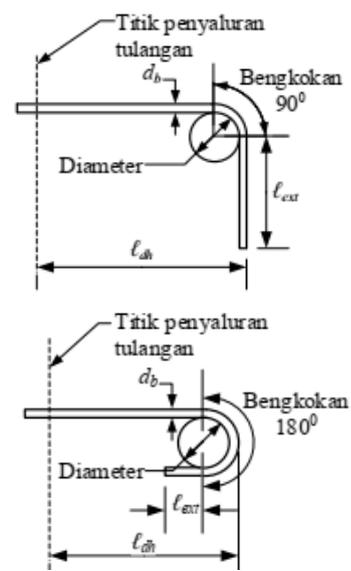
Tidak ada ketentuan yang menyatakan bahwa kait standar 90° lebih disarankan untuk pengangkuran tulangan longitudinal balok pada joint balok-kolom eksterior. Ketentuan terkait detail kait standar 90° dan 180° dapat dilihat pada gambar 7.



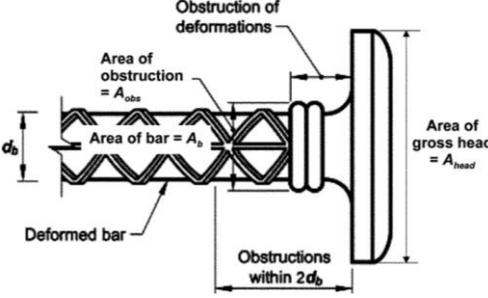
Gambar 7. Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar (Sumber: SNI 2847:2013)

Pada SNI 2847:2019 pasal 18.8.5.1 terdapat ketentuan terkait dengan kait standar harus ditempatkan dalam inti terkekang kolom atau elemen batas, dengan kait ditekuk ke dalam joint eksterior. Kait yang diproyeksikan ke dalam joint ini disyaratkan untuk meningkatkan *strut* tekan diagonal melewati joint eksterior. Pada penjelasan SNI 2847:2019 pasal R18.8.2.2 juga disebutkan bahwa ketentuan desain terkait kait tulangan ini terutama dikembangkan berdasarkan penelitian untuk joint yang menggunakan kait standar 90°, sehingga penggunaan kait standar 90° lebih disarankan daripada kait standar 180°, kecuali kondisi kasus yang menyebabkan harus menggunakan kait 180°.

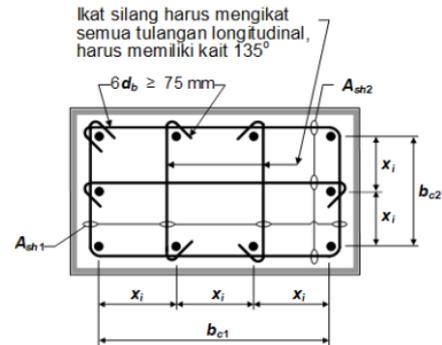
Ketentuan terkait detail kait standar 90° dan 180° dapat dilihat pada gambar 8. Panjang lurus kait (l_{ext}) sama dengan ketentuan pada SNI 2847:2013, yaitu $12d_b$ untuk kait 90° dan $4d_b$ untuk kait 180°.



Gambar 8. Detail kait standar untuk penyaluran batang ulir pada kondisi tarik (Sumber: SNI 2847:2019)

<p>3. Penggunaan tulangan berkepala (<i>headed bar</i>) pada <i>joint</i> balok-kolom.</p>	<p>Tidak ada ketentuan terkait pengankuran tulangan berkepala (<i>headed bar</i>) pada <i>joint</i> balok-kolom.</p>	<p>Pasal 18.8.3.4 mengatur bahwa bila tulangan berkepala (<i>headed deformed bar</i>) digunakan sebagai tulangan tarik balok yang dihentikan pada <i>joint</i>, maka ujung atas kolom harus diteruskan di atas <i>joint</i> setidaknya setinggi h. Alternatif lainnya, perlu diberikan kekangan pada tulangan balok pada muka atas <i>joint</i> dengan tulangan <i>joint</i> vertikal tambahan. Pasal 18.8.5.2 juga mengatur bahwa untuk <i>headed bar</i> yang memenuhi pasal 20.2.1.6, panjang penyaluran tarik harus sesuai dengan pasal 25.4.4, kecuali spasi bersih antar tulangan diizinkan setidaknya $3d_b$ (d_b = diameter tulangan).</p>  <p style="text-align: center;">Gambar 9. Headed deformed bar (Sumber: ACI 318-08)</p>
<p>4. Tulangan transversal pada <i>joint</i> balok-kolom</p>	<p>Ketentuan tulangan transversal <i>joint</i> balok-kolom eksterior sama dengan dengan ketentuan tulangan transversal pada daerah sendi plastis (tumpuan) kolom. Untuk <i>joint</i> balok-kolom interior, jika lebar komponen struktur minimal $3/4$ kali lebar kolom, maka jumlah tulangan transversal boleh direduksi menjadi setengahnya, dan spasi tulangan transversal boleh dibuat lebih renggang sampai jarak 150 mm.</p> <p>Pada SNI 2847:2013, ketentuan terkait tulangan <i>confinement</i> pada kolom tidak terkait dengan level beban aksial dan mutu beton. Ketentuan ini juga sama untuk tulangan transversal pada <i>joint</i>.</p> <p>Contoh penulangan transversal kolom berdasarkan SNI 2847:2013 dapat dilihat pada gambar 10,</p>	<p>Ketentuan tulangan transversal <i>joint</i> balok-kolom eksterior sama dengan ketentuan tulangan transversal pada daerah sendi plastis (tumpuan) kolom. Untuk <i>joint</i> balok-kolom interior, jika lebar komponen struktur minimal $3/4$ kali lebar kolom, maka jumlah tulangan transversal boleh direduksi menjadi setengahnya, dan spasi tulangan transversal boleh dibuat lebih renggang sampai jarak 150 mm.</p> <p>Pada SNI 2847:2019, ada pembaharuan ketentuan terkait tulangan <i>confinement</i> pada kolom yang berarti juga pembaharuan ketentuan tulangan transversal pada <i>joint</i>. Untuk struktur SRPMK, SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.2 memiliki ketentuan baru untuk kolom dengan $P_u > 0,3 A_g f_c'$ atau $f_c' > 70$ MPa (P_u = gaya aksial kolom, A_g = luas penampang kolom, dan f_c' = kuat tekan rencana beton). Untuk kolom dengan yang memenuhi kondisi ini, setiap batang tulangan longitudinal kolom harus diikat oleh sengkang tertutup atau oleh sengkang pengikat silang (<i>cross ties</i>) dan nilai h_x tidak boleh lebih dari 200 mm. Contoh detail penulangan transversal dan definisi h_x dapat dilihat pada gambar 11. P_u harus merupakan gaya aksial tekan terbesar dari kombinasi beban yang memperhitungkan pengaruh beban gempa.</p>

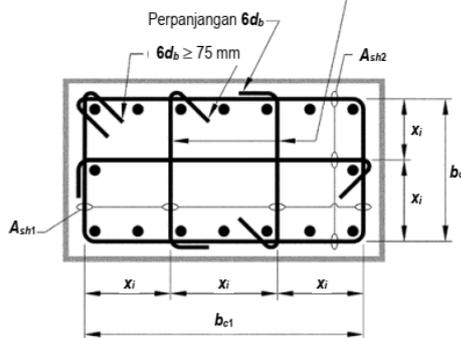
Sedangkan ketentuan tulangan transversal untuk kolom dengan $P_u \leq 0,3 Ag fc'$ atau $fc' \leq 70$ MPa pada SNI 2847:2019 sama dengan ketentuan pada SNI 2847:2013, seperti contoh penulangan transversal yang dapat dilihat pada gambar 12.



Dimensi x_i antara sumbu-sumbu penampang tulangan longitudinal yang ditopang secara lateral tidak melebihi 200 mm. Nilai h_x dalam Pers. (18.7.5.3) diambil sebagai nilai terbesar dari x_i .

Gambar 11. Contoh penulangan transversal pada kolom dengan $P_u > 0,3 Ag fc'$ atau $fc' > 70$ MPa (Sumber: SNI 2847:2019)

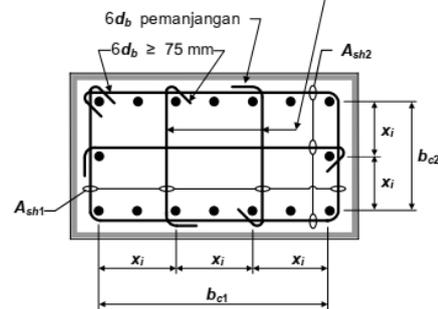
Pengikat silang berturutan yang memegang batang tulangan longitudinal yang sama mempunyai kait 90 derajatnya pada sisi kolom yang berlawanan



Dimensi x_i dari garis pusat ke garis pusat kaki-kaki pengikat tidak melebihi 350 mm. Rumus h_x yang digunakan dalam persamaan 21-2 diambil sebagai nilai terbesar dari x_i .

Gambar 10. Contoh penulangan transversal pada kolom (Sumber: SNI 2847:2013)

Ikat silang berturutan yang mengikat tulangan longitudinal yang sama, harus memiliki kait 90° dipasang pada sisi kolom yang berlawanan



Dimensi x_i antara sumbu-sumbu penampang tulangan longitudinal yang ditopang secara lateral tidak melebihi 350 mm. Nilai h_x dalam Pers. (18.7.5.3) diambil sebagai nilai terbesar dari x_i .

Gambar 12. Contoh penulangan transversal pada kolom dengan $P_u \leq 0,3 Ag fc'$ atau $fc' \leq 70$ MPa (Sumber: SNI 2847:2019)

