

Studi Perbandingan Kekuatan Aksial Rencana Profil WF Berdasarkan SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015

Aniendhita Rizki Amalia¹ and Budi Siswanto²

^{1,2}Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

E-mail: aniendhita.ra@ce.its.ac.id, budi_suswanto@ce.its.ac.id

ABSTRAK: Artikel ini membahas tentang perbandingan kekuatan aksial rencana profil WF berdasarkan SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015. Pada kedua peraturan terkait perencanaan elemen struktur baja tersebut, diketahui terdapat perbedaan persyaratan dan perumusan yang cukup mendasar. Dalam perencanaan kekuatan aksial tariknya diketahui bahwa hanya terdapat perbedaan pada syarat kelangsingan elemen struktur primernya saja dimana pada SNI 03-1729-2002 persyaratannya adalah $L/r < 240$ yang lebih ketat daripada SNI 1729:2015 dengan nilai $L/r < 300$. Pada perhitungan kekuatan rencananya, rumusan kekuatan nominal yang harus digunakan dalam perencanaan diketahui sama, sehingga nilai kekuatannya pada elemen struktur serupa secara perhitungan akan sama. Pada SNI 03-1729-2002 kekuatan nominal rencana yang dikalikan faktor reduksi sama dengan persyaratan DFBK pada SNI 1729:2015. Namun yang perlu diketahui bahwa dalam SNI 1729:2015 terdapat persyaratan DKI (Desain Kekuatan Ijin) yang juga harus dipenuhi. Disisi lain padasegi perencanaan kekuatan tekannya, kedua peraturan diketahui memiliki persyaratan kelangsingan struktur yang sama yaitu $L/r < 200$. Namun terdapat perbedaan parameter acuan pada persyaratan kelangsingan sayap dan badan, terdapat perbedaan persyaratan pada kedua standar tersebut, namun hasil keseluruhan dari profil WF yang dicoba menunjukkan kesimpulan yang sama untuk tiap profilnya. Kekuatan tekan nominal pada SNI 03-1729-2002 pada kategori pendek lebih besar daripada kekuatan tekan nominal pada SNI 1729:2015. Sedangkan pada kategori menengah dan panjang grafiknya menunjukkan hasil yang berbeda, yaitu Kekuatan tekan nominal pada SNI 03-1729-2002 lebih kecil daripada kekuatan tekan nominal pada SNI 1729:2015. Selain itu pada artikel ini, dapat disimpulkan juga bahwa untuk profil yang sama dan mutu yang sama, kekuatan aksial tekan ijin profil berdasarkan SNI 03-1729-2002 lebih rendah daripada SNI 1729:2015, hal ini disebabkan oleh faktor reduksi yang berbeda, 0.85 pada SNI 03-1729-2002 dan 0,9 pada SNI 1729:2015. Perlu diingat juga bahwa dalam mendesain elemen struktur pada SNI 1729:2015 harus memenuhi persyaratan DFBK sekaligus DKI.

Kata Kunci: Perbandingan SNI, Kuat Nominal, Kuat Ijin, Aksial, Tekan, Tarik

1. Pendahuluan

Dalam merencanakan suatu bangunan, seorang perencana struktur utamanya, harus mengikuti peraturan terakut. Pada perencanaan suatu elemen struktur baja di Indonesia, terdapat beberapa peraturan yang dipakai selama ini, yaitu:

- 1) Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia 1984 (PPBBI)
- 2) Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)
- 3) Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan (RSNI-T 03-2005)
- 4) Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015)

Selain peraturan – peraturan tersebut, untuk konsultan yang bekerja pada skala internasional, tentunya juga menggunakan peraturan yang berskala internasional. Beberapa peraturan yang banyak digunakan adalah:

- 1) United States: AISC Specification for Structural
- 2) Steel Buildings
- 3) Australia: AS4100, Steel Structures
- 4) Canada: CAN/CSA-S16-09 Limit States Design of Steel Structures
- 5) Europe: EN 1993-1-1 Design of Steel Structures
- 6) India: IS: 800 Code of Practice for Construction in Steel

A. Surovek(2010) pada artikelnya menyampaikan bahwa peraturan – peraturan di atas menganut prinsip Limit States Design (Desain Kekuatan Batas). Namun untuk AISC, digunakan prinsip Allowable Stress Design

(Desain Kekuatan Ijin) sekaligus Load Resistance Factor Design (Desain Faktor Ketahanan Beban).

Saat ini peraturan perencanaan elemen struktur baja untuk gedung yang digunakan secara luas di Indonesia adalah SNI 03-1729-2002 (D. P. Umum, 2010) dan yang terbaru adalah SNI 1729:2015 (Badan Standarisasi Nasional, 2015). Pada SNI yang terdahulu, yaitu SNI 03-1729-2002, diketahui bahwa sumber prinsip dasar perhitungannya disesuaikan dengan AISC LRFD 1993 (American Institute of Steel Construction, 1993). Sedangkan SNI 1729:2015 merujuk pada AISC 360-10 (American Institute of Steel Construction, 2010). Terdapat beberapa rumusan dan perhitungan yang berbeda pada kedua peraturan tersebut.

Pada artikel ini, akan dibahas mengenai perbandingan kedua SNI tersebut pada proses dan hasil perencanaan kekuatan aksialnya. Untuk membatasi cakupannya, maka pada artikel ini akan dibahas untuk profil WF tanpa pengaku di setiap sisinya.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian dimulai dengan studi literatur, utamanya terkait cara desain dan peraturan yang akan dibandingkan. Selanjutnya adalah pengumpulan dan pengolahan data profil yang diuji. Pada proses ini, profil yang diambil adalah profil WF SI (Standar Internasional) yang terdapat pada tabel profil yang disusun oleh Morrisco. Data profil ini kemudian diinput dan dihitung properti materialnya.

Selanjutnya data profil beserta properti material profilnya diolah dengan program bantu perhitungan. Pengolahan pertama adalah batas kelangsingan profil

berdasarkan batas yang ditentukan menurut pertauran terkait yaitu SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015, dari data ini akan didapatkan berapakah panjang maksimal yang boleh digunakan untuk profil tersebut.

Pengolahan selanjutnya adalah kontrol kelangsingan lokal setiap profil pada sayap dan badannya menurut kedua peraturan tersebut. Masing – masing untuk sayap dan badan berdasarkan sifat mekanis baja struktural (mutu) yang dikelompokkan pada SNI 03-1729-2002 dan bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Mekanis Baja Struktural

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

Setelah dilakukan pengelompokan tersebut, maka setiap profil diolah untuk dicari kekuatan aksialnya. Salah satu profil pada kategori langsing dan tidak langsing dapat dipakai sebagai rujukan untuk pembuatan grafik perbandingan secara umum.

Secara keseluruhan, metode pengolahan data pada artikel ini diurutkan, sebagai berikut:

- 1) Studi literatur tentang prosedur desain kekuatan aksial dan peraturan yang akan dibandingkan.
- 2) Perbandingan rumus dan nilai – nilai rujukan yang digunakan pada SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.
- 3) Input data profil WF pada program bantu perhitungan.
- 4) Perhitungan panjang maksimal elemen struktur yang menahan beban aksial, yang dibedakan untuk elemen struktur tarik dan tekan berdasarkan syarat kelangsingan elemen menurut SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.
- 5) Perbandingan panjang maksimal berdasarkan syarat kelangsingan elemen struktur menurut SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.
- 6) Perhitungan nilai klasifikasi tekuk lokal, yaitu λ_{sayap} dan λ_{badan} elemen struktur yang menahan beban aksial tekan, yang dibedakan untuk elemen struktur berdasarkan syarat kelangsingan sayap dan badan menurut SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.
- 7) Perbandingan hasil klasifikasi tekuk lokal sayap dan badan elemen struktur menurut SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.
- 8) Perhitungan kekuatan aksial nominal pada elemen struktur tarik menurut SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.
- 9) Perbandingan kekuatan aksial nominal pada elemen struktur tarik menurut SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.
- 10) Perhitungan kekuatan aksial nominal pada elemen struktur tekan untuk panjang struktur yang sama menurut SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.

- 11) Perbandingan kekuatan aksial nominal pada elemen struktur tekan menurut SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.
- 12) Penyusunan kesimpulan keseluruhan.

3. Diskusi Dan Hasil Penelitian

3.1. Prosedur Desain

Dalam melakukan desain suatu elemen struktur yang menerima beban aksial, harus dibedakan dulu apakah elemen struktur tersebut menerima beban tarik atau tekan.

Untuk elemen struktur tarik prosedur desain dan penentuan kekuatan nominalnya adalah sebagai berikut:

- 1) Perhitungan Beban Rencana (jika ada).
- 2) Kontrol kelangsingan elemen berdasarkan peraturan, jika diketahui profilnya, maka dapat diketahui batas panjang maksimal elemen struktur yang akan digunakan.
- 3) Perhitungan kuat leleh Nominal
- 4) Perhitungan Aefektif elemen struktur tarik dan perhitungan kuat patah nominal.
- 5) Perhitungan kekuatan nominal block shear, jika sambungan desain sudah diketahui.
- 6) Kuat tekan nominal ini kemudian dikali dengan factor reduksi (ϕ) pada prosedur desain SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015 DFBK, yang kemudian dibandingkan dengan beban ultimate. Namun pada SNI 1729:2015 DKI kekuatannya dibagi dengan Ω yang nilainya dibandingkan dengan beban kerja/aksi.

Untuk elemen struktur tekan prosedur desain dan penentuan kekuatan nominalnya adalah sebagai berikut:

- 1) Perhitungan Beban Rencana (jika ada).
- 2) Kontrol kelangsingan elemen berdasarkan peraturan, jika diketahui profilnya, maka dapat diketahui batas panjang maksimal elemen struktur yang akan digunakan.
- 3) Kontrol kelangsingan lokal elemen pada sayap dan badannya, pada tahap ini profil dikategorikan dalam profil langsing dan tidak langsing.
- 4) Perhitungan nilai λ pada sumbu-x dan sumbu-y, berikutnya diambil λ yang nilainya lebih besar untuk digunakan dalam perhitungan λ_c .
- 5) Selanjutnya kekuatan nominal dapat ditentukan berdasarkan kategori yang ada, dalam hal ini apakah elemen yang dihitung masuk dalam kategori langsing / tidak langsing.
- 6) Kuat tarik nominal ini kemudian dikali dengan factor reduksi (ϕ) pada prosedur desain SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015 DFBK, yang kemudian dibandingkan dengan beban ultimate. Namun pada SNI 1729:2015 DKI kekuatannya dibagi dengan Ω yang nilainya dibandingkan dengan beban kerja/aksi.

3.2. Perbandingan Rumus dan Nilai – Nilai Rujukan

Pada prosedur desain yang ada, didalamnya terdapat rumus – rumus yang harus digunakan termasuk pembagian kategori yang membedakan rumus mana yang harus digunakan. Tabel 2 dan Tabel 3 pada artikel ini akan memperjelas perbandingan perumusan dan nilai – nilai rujukan yang digunakan pada SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.

Tabel 2 pada artikel ini menjabarkan perbandingan perumusan yang digunakan dalam mendesain elemen struktur tarik. Sedangkan pada Tabel 3, dijabarkan perbandingan perumusan yang digunakan dalam mendesain elemen struktur tekan.

3.3. Perbandingan Perhitungan Kuat Tekan

Hal yang dapat kita amati dari perbandingan perumusan pada Tabel 2 adalah, secara umum tidak ada perubahan besar dari SNI 03-1729-2002 ke SNI 1729:2015 pada perencanaan elemen struktur tariknya. Yang menjadi perbedaan hanya pada kelangsingan elemen struktur primer, syarat pada SNI 03-1729-2002 lebih ketat dari SNI 03-1729-2015. Tahapan yang digunakan merujuk pada buku McCormac(Structural Steel Design 5th Edition: 2012) dan Modul Elemen Struktur Baja(Isdarmanu and Marwan: 2007) dan (B. Suswanto, A. R. Amalia and I). Pada kasus ini, maka pengecekan ulang dikarenakan perubahan peraturan terhadap kekuatan dan kelangsingan suatu elemen struktur terhadap gaya aksial tarik tidak lagi diperlukan.

Sebagai contoh untuk profil WF 100.100.6.8. Jika dihitung kekuatan lelehnya, maka akan terurai sebagai berikut:

$$f_y = 240 \text{ MPa} = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_g = 21,9 \text{ cm}^2$$

Untuk SNI 03-1729-2002

$$\begin{aligned} \varnothing P_n &= 0,9 \cdot f_y \cdot A_g \\ &= 0,9 \cdot 2400 \cdot 21,9 \\ &= 47304 \text{ kg} \end{aligned} \tag{1}$$

Untuk SNI 1729:2015

$$\begin{aligned} \varnothing P_n &= 0,9 \cdot f_y \cdot A_g \\ &= 0,9 \cdot 2400 \cdot 21,9 \\ &= 47304 \text{ kg (sama dengan hasil SNI 03-1729-2002)} \end{aligned} \tag{2}$$

Untuk elemen sekunder, kelangsingan strukturnya akan menghasilkan hasil yang sama seperti terurai dalam perhitungan berikut:

$$r_x = 4,18 \text{ cm}$$

$$r_y = 2,47 \text{ cm}$$

ambil nilai terkecil untuk mendapatkan L kritis max, sehingga nilai $r_{pakai} = 2,47 \text{ cm}$;

L_{max} untuk SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015

$$\begin{aligned} L_{max} &< 300 \cdot r \\ &< 300 \cdot 2,47 \\ &< 741 \text{ cm} \end{aligned} \tag{3}$$

Sedangkan untuk elemen primer syarat kelangsingan strukturnya akan menghasilkan hasil yang berbeda seperti terurai dalam perhitungan berikut:

Tabel 2. Perbandingan Parameter Perencanaan Kekuatan Aksial Tarik

Parameter	SNI 03-1729-2002	SNI 1729:2015 (DFBK)	SNI 1729:2015 (DKI)
Faktor reduksi – Kuat Leleh	$\varnothing = 0,90$	$\varnothing = 0,9$	$\Omega = 1,67$
Faktor reduksi – Kuat Patah	$\varnothing = 0,75$	$\varnothing = 0,75$	$\Omega = 2$
Kuat Desain Tarik Leleh (Nn)	$\varnothing P_n = A_g \cdot f_y$	$\varnothing P_n = A_g \cdot f_y$	$P_n / \Omega = A_g \cdot f_y / \Omega$
Kuat Desain Tekan Patah (Nn)	$\varnothing P_n = A_e \cdot f_u$	$\varnothing P_n = A_e \cdot f_u$	$P_n / \Omega = A_e \cdot f_u / \Omega$
Ae	A.U $U = 1 - x / L$	A.U $U = 1 - x / L$	A.U $U = 1 - x / L$
Kelangsingan komponen struktur	$L / r < 300$ (struktur sekunder) $L / r < 240$ (struktur primer)	$L / r < 300$	$L / r < 300$

Tabel 3. Perbandingan Parameter Perencanaan Kekuatan Aksial Tekan

Parameter	SNI 03-1729-2002	SNI 1729:2015 (DFBK)	SNI 1729:2015 (DKI)
k_c	Digunakan sesuai dengan jenis perletakan di kedua ujung batang	1	1
Lk	$k_c \cdot L$	$k_c \cdot L$	$k_c \cdot L$
Kelangsingan komponen struktur	$L / r < 200$	$L / r < 200$	$L / r < 200$
Kelangsingan elemen penampang (sayap)	$b_f / 2t_f < 250 / \sqrt{f_y}$	$b_f / 2t_f < 0,56 / \sqrt{E/f_y}$	$b_f / 2t_f < 0,56 / \sqrt{E/f_y}$
Kelangsingan elemen penampang (badan)	$h / t_w < 665 / \sqrt{f_y}$	$h / t_w < 1,49 / \sqrt{E/f_y}$	$h / t_w < 1,49 / \sqrt{E/f_y}$
Kuat tekan nominal	$P_n = f_y \cdot A_g / \omega$	$P_n = F_{cr} \cdot A_g$	$P_n = F_{cr} \cdot A_g$
Faktor reduksi – Kuat Leleh	$\varnothing = 0,85$	$\varnothing = 0,9$	$\Omega = 1,67$

L_{max} untuk SNI 03-1729-2002

$$L_{max} < 240 \cdot r \tag{4}$$

$$< 240 \cdot 2,47$$

$$< 592,8 \text{ cm}$$

L_{max} untuk SNI 1729:2015

$$L_{max} < 300 \cdot r \tag{5}$$

$$< 300 \cdot 2,47$$

$$< 741 \text{ cm}$$

Oleh karena itu, jika terdapat suatu elemen struktur tarik yang sebelumnya sudah direncanakan menurut SNI 03-1729-2002, akibat adanya perubahan peraturan perencanaan pada SNI 1729:2015. Maka, elemen struktur tersebut tidak perlu dicek ulang dari segi kekuatan dan kelangsingannya.

Di sisi lain, pada Tabel 3 terdapat banyak perubahan perumusan dari SNI 03-1729-2002 ke SNI 1729:2015. Sehingga akan di bahas lebih lanjut perbedaan tersebut lebih mendalam.

Parameter nilai kc untuk perhitungan panjang kritis eleme struktur (Lk) pada SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015 memiliki perbedaan. Pada SNI 03-1729-2002 nilai kc diambil dari gambar 7.6.1 Nilai kc dengan ujung – ujung ideal, seperti yang ditampilkan pada Gambar 1 berikut ini.

Sedangkan pada SNI 1729:2015, nilai kc ditentukan berdasarkan ketentuan pada pasal C3. Dimana pada pasal tersebut dinyatakan bahwa faktor panjang efektif, K, dari semua komponen struktur harus diambil satu kecuali suatu nilai yang lebih kecil dapat diterima melalui analisis rasional.

Pada paramter kelangsingan komponen strukturnya, baik SNI 03-1729-2002 maupun SNI 1729:2015 memberikan persyaratan yang sama yaitu sebesar L/r < 200.

Parameter kelangsingan lokal elemen pada sayap dan badan memiliki perbedaan pada kedua SNI. Untuk kelangsingan lokal elemen sayap pada SNI 03-1729-2002 nilai yang diperbandingkan dengan b_f/2t_f hanya melibatkan nilai fy, namun pada SNI 1729:2015 melibatkan nilai fy sekaligus E (modulus elastisitas).

Dengan perbandingan menggunakan program bantu perhitungan untuk profil WF yang terdapat pada tabel profil pasaran dan Morrisco, semua profil WF dengan mutu baja yang tercatat pada Tabel 1 memberikan hasil kesimpulan sama untuk kontrol kelangsingan lokal sayap dan badannya.

Kuat tekan nominal pada kedua standar memiliki perhitungan dan rumus yang berbeda seperti yang ditampilkan pada Tabel 3. Pada SNI 03-1729-2002 yang mengacu pada AISC LRFD 1993, batang tekan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: pendek menengah dan sedang. Penggolongan ketiga batang tersebut didasarkan pada nilai λ_c yang dimiliki oleh elemen struktur tekannya. Ketentuan tersebut tertuang pada pasal 7.6.2, seperti yang diuraikan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{L_k}{r} \tag{7}$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \lambda \sqrt{\frac{f_y}{E}} \tag{8}$$

$$P_n = \frac{A_g \cdot f_y}{\omega} \tag{9}$$

Dimana :

$$L_k = k_c \cdot L$$

r = radius girasi

λ = ambil nilai terbesar antara sumbu x dan y

Garis terputus menunjukkan diagram kolom tertekuk	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Nilai k _c teoritis	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Nilai λ _c yang dianjurkan untuk kolom yang mendekati kondisi ideal	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Kode ujung						

Gambar 1. Nilai kc dalam kondisi ideal menurut SNI 03-1729-2002

fy = mutu baja (MPa)

E = modulus elastisitas (MPa)

Jika diketahui nilai berikut untuk:

$$\lambda_c \leq 0,25 \quad ; \text{ maka } \omega = 1 \tag{10}$$

$$0,25 \leq \lambda_c \leq 1,2 \quad ; \text{ maka } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} \tag{11}$$

$$\lambda_c \geq 1,2 \quad ; \text{ maka } \omega = 1,25 \lambda_c^2 \tag{12}$$

Sedangkan pada SNI 1729:2015, perhitungan kekuatan aksial elemen struktur tekan dibagi menjadi dua kategori yaitu elastis dan inelastis. Untuk profil WF dengan semua elemen tidak langsing, digunakan persyaratan pada pasal E.3. Yang diuraikan sebagai berikut:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(k_c L/r)^2}$$

Jika diketahui:

$$\lambda \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \text{inelastis maka } F_{cr} = 0,658^{F_y/F_e} \cdot f_y \tag{13}$$

$$\lambda > 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \text{elastis maka } F_{cr} = 0,877 F_e \tag{14}$$

Pada SNI 1729:2015, F_{cr} pada kategori inelastis tertulis F_{cr} = 0,658^{F_y/F_e}. Nilai tersebut menghasilkan nilai yang tidak sesuai pada perhitungan, sehingga perlu dilihat lagi pada AISC 360-10. Hasil dari tinjauan tersebut didapatkan bahwa pada teks aslinya yang terdapat dalam AISC 360-10, nilai seharusnya masih perlu dikalikan dengan fy, sehingga pada kuat tekan inelastis digunakan F_{cr} = 0,658^{F_y/F_e} · fy.

Setelah mengetahui kuat nominal tekan suatu elemen struktur, hal selanjutnya yang perlu diketahui adalah menentukan kemampuan ijinnya. Pada perhitungan SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015

3.4. Perbandingan Perhitungan Kuat Tekan

Untuk mendapatkan hasil berupa angka yang absolut, maka pada perlu dilakukan perbandingan dengan menggunakan profil yang sama, mutu yang sama dan jenis perletakan yang sama. Data – data elemen struktur yang diperbandingkan adalah:

Profil WF 100.100.6.8

$$\begin{aligned}
 E &= 200.000 \text{ MPa} \\
 f_y &= 240 \text{ MPa} = 2400 \text{ kg/cm}^2 \\
 A_g &= 21,9 \text{ cm}^2 \\
 r_x &= 4,18 \text{ cm} \\
 r_y &= 2,47 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jenis perletakan perhitungan diasumsikan *simple connection* seperti pada konstruksi rangka batang pada umumnya(sendi – sendi) dan tidak diperkaku pada kedua sumbunya.

Elemen tekan kategori pendek SNI 03-1729-2002

$$\begin{aligned}
 L &= 50 \text{ cm} \\
 k_c &= 1 \\
 L_k &= 50 \text{ cm} \\
 \lambda_x &= L_k / r_x \\
 &= 50 \text{ cm} / 4,18 \text{ cm} \\
 &= 11,96 \\
 \lambda_y &= L_k / r_y \\
 &= 50 \text{ cm} / 2,47 \text{ cm} \\
 &= 20,24 \text{ (digunakan)} \\
 \lambda_c &= \frac{1}{\pi} \lambda \sqrt{\frac{f_y}{E}} \\
 &= \frac{1}{\pi} 20,24 \sqrt{\frac{240}{200.000}} \\
 &= 0,22 \leq 0,25 ; \text{ maka } \omega = 1 \\
 P_n &= \frac{A_g \cdot f_y}{\omega} \\
 &= \frac{21,9 \text{ cm}^2 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2}{1} \\
 &= 52.560 \text{ kg} \\
 \phi P_n &= 0,85 \cdot 52.560 \text{ kg} \\
 &= 44.676 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Elemen tekan kategori inelastis SNI 1729:2015

$$\begin{aligned}
 L &= 50 \text{ cm} \\
 k_c &= 1 \\
 L_k &= 50 \text{ cm} \\
 \lambda_x &= 11,96 \\
 \lambda_y &= 20,24 \text{ (digunakan)} \\
 4,71 \sqrt{\frac{200000}{240}} &= 135,96 \geq \lambda \rightarrow \text{inelastis} \\
 F_e &= \frac{\pi^2 E}{(k_c L / r)^2} \\
 &= \frac{\pi^2 200.000}{(20,24)^2} \\
 &= 4818 \text{ MPa} \\
 F_y / F_e &= 240 / 4818 \\
 &= 0,0498 \\
 F_{cr} &= 0,658^{F_y / F_e} \cdot f_y \\
 &= 0,658^{0,0498} \cdot 240 \\
 &= 0,979 \cdot 240 \\
 &= 235 \text{ MPa} = 2350 \text{ kg/cm}^2 \\
 P_n &= F_{cr} \cdot A_g \\
 &= 2350 \cdot 21,9 \\
 &= 51.475 \text{ kg} \\
 \phi P_n &= 0,9 \cdot 51.475 \text{ kg} \\
 &= 46.327 \text{ kg} \\
 P_n / \Omega &= 46.327 / 1,67 \\
 &= 27740 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Elemen aksial kategori menengah SNI 03-1729-2002

$$\begin{aligned}
 L &= 150 \text{ cm} \\
 k_c &= 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_k &= 150 \text{ cm} \\
 \lambda_x &= L_k / r_x \\
 &= 150 \text{ cm} / 4,18 \text{ cm} \\
 &= 35,88 \\
 \lambda_y &= L_k / r_y \\
 &= 150 \text{ cm} / 2,47 \text{ cm} \\
 &= 60,72 \text{ (digunakan)} \\
 \lambda_c &= \frac{1}{\pi} \lambda \sqrt{\frac{f_y}{E}} \\
 &= \frac{1}{\pi} 60,72 \sqrt{\frac{240}{200.000}} \\
 &= 0,66
 \end{aligned}$$

$$0,25 \leq 0,66 \leq 1,2 ; \text{ maka } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = 1,242$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= \frac{A_g \cdot f_y}{\omega} \\
 &= \frac{21,9 \text{ cm}^2 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2}{1,242} \\
 &= 42.318 \text{ kg} \\
 \phi P_n &= 0,85 \cdot 42.318 \text{ kg} \\
 &= 35.970 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Elemen aksial kategori inelastis SNI 1729:2015

$$\begin{aligned}
 L &= 150 \text{ cm} \\
 k_c &= 1 \\
 L_k &= 150 \text{ cm} \\
 \lambda_x &= 35,88 \\
 \lambda_y &= 60,72 \text{ (digunakan)} \\
 4,71 \sqrt{\frac{200000}{240}} &= 135,96 \geq \lambda \rightarrow \text{inelastis}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_e &= \frac{\pi^2 E}{(k_c L / r)^2} \\
 &= \frac{\pi^2 200.000}{(60,72)^2} \\
 &= 534 \text{ MPa} \\
 F_y / F_e &= 240 / 534 \\
 &= 0,4492 \\
 F_{cr} &= 0,658^{F_y / F_e} \cdot f_y \\
 &= 0,658^{0,4492} \cdot 240 \\
 &= 0,8286 \cdot 240 \\
 &= 198,86 \text{ MPa} \\
 &= 1988,6 \text{ kg/cm}^2 \\
 P_n &= F_{cr} \cdot A_g \\
 &= 1988,6 \cdot 21,9 \\
 &= 43.551 \text{ kg} \\
 \phi P_n &= 0,9 \cdot 43.326 \text{ kg} \\
 &= 39.196 \text{ kg} \\
 P_n / \Omega &= 39.196 / 1,67 \\
 &= 23.470 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Elemen aksial kategori panjang SNI 03-1729-2002

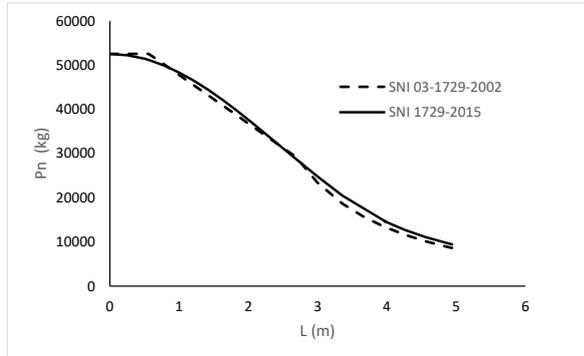
$$\begin{aligned}
 L &= 400 \text{ cm} \\
 k_c &= 1 \\
 L_k &= 400 \text{ cm} \\
 \lambda_x &= L_k / r_x \\
 &= 400 \text{ cm} / 4,18 \text{ cm} \\
 &= 95,69 \\
 \lambda_y &= L_k / r_y \\
 &= 400 \text{ cm} / 2,47 \text{ cm} \\
 &= 161,94 \text{ (digunakan)} \\
 \lambda_c &= \frac{1}{\pi} \lambda \sqrt{\frac{f_y}{E}}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{\pi} 161,94 \sqrt{\frac{240}{200.000}}$$

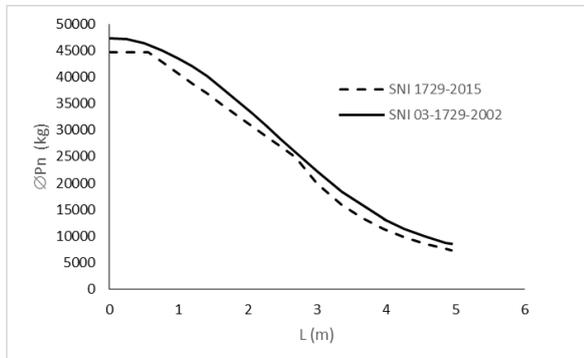
$$= 1,5$$

1,5 ≥ 1,2 ; maka ω = 1,25 . 1,5² = 1,78

$$P_n = \frac{A_g \cdot f_y}{\omega}$$



Gambar 3. Perbandingan nilai kuat tekan nominal terhadap panjang bentang WF 100.100.6.8



Gambar 4. Perbandingan nilai kuat tekan nominal ijin terhadap panjang bentang WF 100.100.6.8

$$= \frac{21,9 \text{ cm}^2 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2}{1,78}$$

$$= 13.186 \text{ kg}$$

$$\varnothing P_n = 0,85 \cdot 13.186 \text{ kg}$$

$$= 11.208 \text{ kg}$$

Elemen aksial kategori elastis SNI 1729:2015

L = 400 cm
 kc = 1
 Lk = 50 cm
 λ x = 35,88
 λ y = 161,94 (digunakan)

$$4,71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 135,96 \leq \lambda \rightarrow \text{elastis}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(k_c L / r)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 200.000}{(161,94)^2}$$

$$= 75,27 \text{ MPa}$$

Fcr = 0,877 Fe
 = 0,877 . 75,27
 = 66,011 MPa
 = 660,11 kg/cm²

Pn = Fcr . Ag
 = 66,011 . 21,9

$$= 14.455 \text{ kg}$$

$$\varnothing P_n = 0,9 \cdot 14.455 \text{ kg}$$

$$= 13.010 \text{ kg}$$

$$P_n / \Omega = 14.455 / 1.67$$

$$= 8.649 \text{ kg}$$

Tabel 4. Perbandingan hasil perhitungan berdasarkan pembagian kategori

Panjang (m)	SNI 03-1729-2002		SNI 1729:2015		
	Pn (kg)	∅Pn (kg)	Pn (kg)	∅Pn (kg)	Pn/Ω (kg)
0,5	52.560	44.676	51.475	46.327	35.970
1,5	42.318	35.970	43.551	39.196	23.470
4 m	13.186	11.208	14.455	13.010	8.649

3.5. Perbandingan Hasil

Setelah melakukan perhitungan kuat tekan, langkah selanjutnya yang diuraikan dalam artikel ini adalah melakukan perbandingan hasil. Jika pada kuat aksial tariknya Pn dan ∅ Pn memberikan nilai yang sama dikarenakan rumus dan faktor pengalinya sama. Tidak demikian yang terjadi pada perhitungan kuat tekan aksial, dikarenakan perumusan yang berbeda, seperti yang terlihat pada Gambar 3.

Dari Gambar 3 dan hasil perhitungan pada sub bab 3.3 artikel ini dapat dilihat bahwa nilai Pn dari perhitungan SNI 03-1729-2002 maupun SNI 1729:2015 memiliki hasil yang berhimpit.

Pada elemen struktur tekan dengan kategori pendek SNI 03-1729-2002, nilai Pn lebih besar dari hasil perhitungan Pn dengan SNI 1729:2015 pada nilai yang sama. Hal berbeda ditunjukkan pada elemen struktur tekan dengan kategori menengah SNI 03-1729-2002, nilai Pn pada grafik terlihat berhimpit dengan hasil perhitungan Pn dengan SNI 1729:2015 pada nilai yang sama. Namun secara mayoritas walaupun perbedaannya kecil hasil perhitungan Pn SNI 03-1729-2002 lebih kecil daripada Pn SNI 1729:2015. Sedangkan pada elemen struktur tekan dengan kategori panjang SNI 03-1729-2002, nilai Pn SNI 03-1729-2002 pada grafik terlihat lebih kecil dari hasil perhitungan Pn dengan SNI 1729:2015 pada nilai yang sama.

Gambar 4 menampilkan hasil yang berbeda yaitu perbandingan nilai kuat tekan nominal ijin (∅Pn) terhadap elemen struktur tekan. Dari Tabel 4, diketahui bahwa nilai faktor reduksi kekuatan (∅) pada perhitungan kuat nominal ijin untuk SNI 03-1729-2002 adalah 0,85, yang lebih kecil dari SNI 1729:2015 sebesar 0,9. Sehingga hasil kuat tekan nominal ijin SNI 03-1729-2002 pada grafik, lebih kecil dari SNI 1729:2015.

3.6. Kontrol Beban Terhadap Kuat Ijin Elemen

Pada sub-bab ini, akan dijelaskan terkait kontrol kuat ijin elemen terhadap beban yang terjadi. Pada SNI 03-1729-2002 prinsip yang digunakan sesuai dengan LRFD (Load Resistance Factor Design) dimana beban ultimate

dibandingkan dengan kuat ijin suatu elemen. Pada SNI 1729:2015 ketentuannya sedikit berbeda, prinsip DFBK (Desain Faktor Batas Kekuatan) sama dengan LRFD digunakan berdampingan dengan DKI (Desain Kekuatan Ijin) yang dikenal juga dengan ASD (Allowable Stress Design). Sehingga pada SNI 1729:2015, suatu elemen struktur harus memenuhi prinsip DFBK sekaligus DKI.

Pada prinsip LRFD atau DFBK, beban dikalikan faktor beban untuk mendapatkan beban ultimate kemudian dibandingkan dengan kuat ijin ϕP_n . Pada prinsip ASD atau DKI, beban tidak dikalikan faktor beban untuk mendapatkan beban aksi kemudian dibandingkan dengan kuat ijin P_n/Ω .

Contoh kasus yang bisa digunakan adalah sebagai berikut, jika diketahui suatu elemen struktur penahan beban aksial dengan keterangan sebagai berikut:

Beban Mati D = 2300 kg

Beban Hidup L = 6400 kg

Hitunglah kemampuannya terhadap profil WF 100.100.6.8

E = 200.000 MPa

$f_y = 240 \text{ MPa} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$A_g = 21,9 \text{ cm}^2$

$r_x = 4,18 \text{ cm}$

$r_y = 2,47 \text{ cm}$

L = 4 m

= 400 cm

(sudah dihitung sebelumnya di bab 3.4)

DFBK :

$\phi P_n = 0,9 \cdot 14.455 \text{ kg}$

= 13.010 kg

Beban Ultimate 1 : $1,4 D = 1,4 \cdot 2300$

= 3220 kg

Beban Ultimate 2 : $1,2 D + 1,6 L = 1,2 \cdot 2300 + 1,6 \cdot 6400$

= 13000 kg (pakai)

Beban ultimate pakai $< \phi P_n$

13000 kg $< 13.010 \text{ kg (OK)}$

DKI

$P_n / \Omega = 14.455 / 1.67$

= 8.649 kg

Beban Aksi : $1 D + 1 L = 2300 + 6400$

= 8700

Beban aksi $< P_n / \Omega$

8700 kg $> 8.649 \text{ kg (NOT OK)}$

Dari contoh di atas dapat diketahui bahwa walaupun gaya dapat ditahan oleh profil pada DFBK, namun tidak dapat ditahan oleh profil yang sama pada DKI yang sifatnya lebih konservatif. Sehingga menurut SNI 1729:2015, elemen tersebut disimpulkan tidak dapat menahan beban yang terjadi, karena tidak memenuhi kedua persyaratan sekaligus.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari hasil perbandingan standar perencanaan baja SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015 ini adalah:

1. Syarat kelangsingan elemen struktur primer penahan bebab aksial tarik pada SNI 03-1729-2002 lebih ketat daripada SNI 1729:2015. Yaitu $L/r < 240$ pada SNI

03-1729-2002 dan $L/r < 300$ pada SNI 03-1729-2002. Sehingga panjang maksimal elemen strukturnya akan berbeda.

2. Persyaratan perhitungan kuat nominal tarik dan kuat ijin tarik pada SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015 menghasilkan nilai yang sama, hanya saja pada SNI 1729:2015 selain perhitungan DFBK harus dihitung juga terhadap persyaratan DKI.
3. Syarat kelangsingan struktur untuk elemen struktur aksial tekan pada SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015 memiliki nilai batas yang sama yaitu $L/r < 200$. Sehingga Sehingga panjang maksimal elemen strukturnya sama.
4. Faktor kc pada perhitungan panjang kritis pada SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015 memiliki nilai yang berbeda, jika kc pada SNI 03-1729-2002 ditentukan berdasarkan jenis perletakan pada ujungnya, pada SNI 1729:2015 nilainya ditetapkan sama dengan satu.
5. Kekuatan tekan nominal pada SNI 03-1729-2002 pada kategori pendek lebih besar daripada kekuatan tekan nominal pada SNI 1729:2015. Sedangkan pada kategori menengah dan panjang grafiknya menunjukkan hasil yang berbeda, yaitu Kekuatan tekan nominal pada SNI 03-1729-2002 lebih kecil daripada kekuatan tekan nominal pada SNI 1729:2015.
6. Kekuatan aksial tekan ijin profil berdasarkan SNI 03-1729-2002 lebih rendah daripada SNI 1729:2015, hal ini disebabkan oleh faktor reduksi syang berbeda, 0,85 pada SNI 03-1729-2002 dan 0,9 pada SNI 1729:2015.
7. Pada setiap perencanaan beban aksial baik tekan maupun tarik pada SNI 1729:2015 harus memenuhi persyaratan DFBK dan DKI.

5. Daftar Pustaka

- A. SUROVEK. 2010. "A Comparison of International Design Standards for Assessing," in *4th International Conference on Steel & Composite Structures*. Sidney. 2010.
- American Institute of Steel Construction. 1993. *Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Building*. Chicago, Illinois: American Institute of Steel Construction.
- American Institute Of Steel Construction. 2010. *Spesification for Structural Steel Building*. Chicago, Illinois: American Institute Of Steel Construction.
- B. Suswanto, A. R. Amalia. 2018. *Draft - Modul Elemen Struktur Baja SNI 1729:2015*. Surabaya: ITS Press.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- D. P. Umum. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- Isdarmanu dan Marwan. 2007. *Modul Elemen Struktur Baja*, Surabaya: ITS.
- J. C. McCormac dan F. S. Sernak. 2012. *Structural Steel Design 5th Edition*. New Jersey: Pearson

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan