



ANALISA NUMERIK PERILAKU PENAMPANG BAJA CANAI DINGIN *UNLIPPED CHANNEL* AKIBAT BEBAN AKSIAL

Budiman¹

¹Universitas Muhammadiyah Jakarta, Program Studi Teknik Sipil, Jl. Cempaka Putih
Tengah 27, Jakarta

budiman30@umj.ac.id

ABSTRACT

Pengembangan material konstruksi yang lebih efisien dan ramah lingkungan terus dilakukan oleh peneliti. Baja merupakan material yang banyak digunakan pada konstruksi terutama baja canai panas, penggunaan baja canai dingin merupakan suatu inovasi dimana baja canai dingin mempunyai banyak kelebihan dibanding baja canai panas. Penelitian penampang baja canai dingin akibat beban yang diberikan sudah banyak dilakukan dengan tujuan untuk melihat perilaku dan kapasitas penampang. *Unlipped channel* merupakan suatu penampang baja yang dapat digunakan pada bangunan, baja canai dingin *unlipped channel* akan di kenai beban aksial untuk melihat perilaku dan kapasitas penampang yang merupakan tujuan dari penelitian ini. Pada penelitian ini akan dilakukan uji numerik penampang baja canai dingin menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan perangkat lunak ABAQUS, uji numerik dilakukan berdasarkan penelitian yang ada di literatur. Kapasitas penampang dari hasil uji numerik akan dibandingkan dengan pendekatan metode lebar efektif berdasarkan SNI 7971-2013.

Kata Kunci: Baja canai dingin, *unlipped channel*, metode elemen hingga, SNI 7971-2013, ABAQUS.

ABSTRAK

The development of construction material that is more efficient and friendly continued by researchers. Steel is a material that is widely used in construction, especially hot-rolled steel, the use of cold-formed steel is an innovation where cold-formed steel has more advantages than hot-rolled steel. Many studies of cold-formed steel sections due to applied loads have been carried out to observe the behavior and capacity of the sections. An unlipped channel is a steel section that can be used in buildings, cold-formed steel unlipped channel will be subjected to an axial load to see the behavior and capacity of the section which is the aim of this study. In this study, a numerical analysis of cold-formed steel sections will be performed using the finite element method through ABAQUS software, the numerical analysis is committed based on existing research in the literature. The Sectional capacity resulting from the numerical analysis will be compared with the effective width method approach based on SNI 7971-2013.

Keywords: Cold-formed steel, unlipped channel, finite element method, SNI 7971-2013, ABAQUS.

1. PENDAHULUAN

Baja merupakan salah satu material konstruksi yang umum digunakan di selain beton. Pada bangunan struktur baja, struktur dapat terbuat dari baja canai panas (*hot rolled*) atau baja canai dingin (*cold-formed*), baja canai panas yang dibuat pada suhu tinggi sudah terlebih dahulu di aplikasikan pada konstruksi dibanding baja canai dingin yang proses pembentukannya dilakukan secara dingin, dimana lembaran baja canai dingin di tekuk atau di tekan untuk memperoleh suatu penampang. Baja canai dingin yang awalnya digunakan pada peralatan rumah tangga, otomotif, dan elektronik muncul sebagai suatu alternatif sebagai bahan konstruksi yang dapat menggantikan peran baja canai panas (Hancock, 2007).

Baja canai dingin mempunyai banyak kelebihan diantaranya rasio kekuatan terhadap dimensi penampang yang tinggi, mendapatkan bentuk penampang yang akurat, proses pabrikasi dan instalasi yang mudah dan cepat. Peneliti banyak mengajukan bentuk penampang yang terbuat dari baja canai dingin sebagai pengganti baja canai panas, rasio kekuatan terhadap dimensi yang tidak sebesar baja canai dingin, dan proses pabrikasi yang memerlukan biaya yang mahal membuat baja canai panas mulai tergantikan. Penampang baja canai dingin *unlipped channel* merupakan salah satu penampang yang memiliki banyak aplikasi selain bentuk C dan Z yang umum digunakan pada struktur rangka atap, *unlipped channel* dapat digunakan sebagai kolom maupun sebagai balok (Yu & Laboube, 2010).

Diantara semua kelebihan yang dimilikinya, proses analisa baja canai dingin memerlukan perhatian khusus akibat dimensi yang lebih langsung dan tipis dibanding baja canai panas sehingga proses desain harus memperhatikan tekuk lokas, tekuk distorsi, tekuk global, fatik, dan pengaruh pengerjaan dingin sehingga muncul *imperfection*. Penelitian mengenai penampang baja canai dingin secara numerik maupun ekperimental sudah dilakukan beberapa peneliti, penelitian mengenai baja *unlipped channel* akibat kombinasi beban lentur, dan torsi sudah dilakukan oleh (Janarthanan & Mahendran, 2020, 2021). (Peiris & Mahendran, 2021, 2022) melakukan penelitian tentang penampang baja canai dingin *lipped channel* yang dikenai beban tekan aksial. Pada penelitian tersebut dilakukan analisa numerik, ekperimental, dan perhitungan kapasitas penampang sesuai AS/NZS 4600 (Standards Australia (SA), AS/NZS 4600) dimana hasil dari semua metode mendekati nilai yang sama.

Penelitian lebih lanjut dari elemen baja *unlipped channel* terhadap beban aksial tekan menggunakan metode elemen hingga dan perhitungan kapasitas berdasarkan SNI 7971-2013 (Standard Nasional Indonesia, 2013) belum ada di literatur. Pada penelitian ini akan dilakukan uji numerik menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan perangkat lunak ABAQUS, dan perhitungan kapasitas penampang sesuai SNI 7971-2013. Penelitian ini bertujuan untuk melihat perilaku dan kapasitas penampang baja cana dingin *unlipped channel* akibat beban aksial.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemodelan Elemen Hingga

Berkembangnya bentuk elemen dan struktur dibutuhkan suatu alat untuk menganalisa sehingga diperoleh hasil yang optimal, metode numerik merupakan suatu metode pendekatan ke solusi eksak. Metode elemen hingga ialah metode numerik yang paling umum digunakan untuk menganalisa elemen kompleks, metode ini bekerja dengan membagi struktur menjadi bentuk yang lebih kecil yang dinamakan sebagai elemen, yang saling terhubung pada nodal. Penelitian mengenai tekuk sudah dilakukan oleh (Budiman, 2022), pada penelitian tersebut dilakukan uji numerik suatu elemen yang dikenai beban aksial dan memberikan hasil yang konvergen.

Perilaku dan kapasitas penampang elemen baja canai dingin dapat di lihat dari beberapa pengujian diantaranya uji numerik, uji ekperimen, dan pendekatan menggunakan peraturan yang ada. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian

numerik penampang baja dengan bantuan ABAQUS 6.14. ABAQUS merupakan salah satu perangkat lunak yang umum digunakan untuk mengalisa suatu penampang baja secara numerik, perilaku dan kapasitas suatu penampang akibat dikenai beban dapat dilihat dari visualisasi ABAQUS.

2.2 Effective Width Method

Perhitungan kapasitas penampang baja canai dingin *unlipped channel* sesuai SNI 7971-2013 akan dijelaskan secara ringkas. SNI 7971-2013 yang mengacu pada AS/NZS 4600 digunakan untuk menentukan kapasitas tekan penampang baja canai dingin akibat gaya yang diterapkan, gaya tekan aksial desain (N^*) harus memenuhi berikut ini

$$N^* \leq \phi_c N_s \quad (1)$$

$$N^* \leq \phi_c N_c \quad (2)$$

Dimana N_s yaitu kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tekan

$$N_s = A_e f_y \quad (3)$$

Notasi N_c merupakan komponen struktur nominal dari komponen struktur dalam tekan

$$N_c = A_e f_n \quad (4)$$

Dimana f_n merupakan tegangan kritis

$$f_n = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y, \text{ ketika } f_n \leq 1,5 \quad (5)$$

$$f_n = (0,877 / \lambda_c^2) f_y, \text{ ketika } f_n > 1,5 \quad (6)$$

Kelangsingan nondimensi ialah

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{f_y}{f_{oc}}} \quad (7)$$

Lebar efektif dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$b_e = b, \text{ ketika } \lambda \leq 0,673 \quad (8)$$

$$b_e = \rho b, \text{ ketika } \lambda > 0,673 \quad (9)$$

Notasi b ialah lebar datar elemen, dan kelangsingan ialah

$$\lambda = \sqrt{\frac{f^*}{f_{cr}}} \quad (10)$$

Dimana f^* ialah lebar datar elemen, dan kelangsingan ialah tegangan desain pada elemen tekan berdasarkan lebar desain efektif, dan f_{cr} tegangan tekuk elastis pelat

$$\frac{f^*}{f_{cr}} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad (11)$$

k koefisien tekuk pelat, $k=4$ untuk elemen yang kedua sisinya ditumpu, dan ρ factor lebar efektif

$$\rho = \frac{\left(1 - \frac{0,22}{\lambda}\right)}{\lambda} \leq 1 \quad (12)$$

3. METODE PENELITIAN

Analisa numerik dilakukan pada dua tahap, diawali dengan analisa linear perturbation untuk mendapatkan beban tekuk dan mode tekuk, nilai *geometric imperfection initial* akan di peroleh dari visualisasi mode tekuk akibat beban dan panjang elemen. analisa non-linear selanjutnya akan dilakukan menggunakan modifikasi riks.

Geometrical imperfection merupakan suatu nilai yang harus dipertimbangkan dalam melakukan analisa nonlinear terutama baja canai dingin, penampang baja canai dingin diperoleh dengan proses pengerjaan dingin dimana akan ada *Geometrical imperfection initial*. Penelitian mengenai *Geometrical imperfection* pada baja canai dingin banyak dilakukan, (Schafer & Peköz, 1998) mengajukan nilainya pada rentang 0,14t sampai 0.66t, pada penelitian (Ananthi dkk., 2015) penggunaan nilai 0.25t untuk kasus tekuk lokal, dan tekuk distorsi memberikan hasil yang bagus, dan L/1000 pada kasus tekuk global. SNI 7971-2013 juga memberikan nilai *Geometrical imperfection* yang dapat diperoleh berdasarkan mode tekuk suatu elemen yang dikenai beban.

3.1 Material dan Geometri Penampang

Pada penelitian ini akan digunakan 6 bahan uji, 6 penampang baja *unlipped channel* yang digunakan tergolong penampang yang mempunyai dimensi kecil dan menggunakan material grade G450. Bahan uji pada penelitian ini memiliki ketinggian pada rentang 75 mm sampai 200 mm, dan terdiri dari dua jenis ketebalan. Dimensi baja canai dingin yang digunakan dapat dilihat pada Table 3.1

Table 3. 1 Dimensi nominal penampang baja *unlipped channel*.

Section	d (mm)	b_f (mm)	t (mm)	r_i (mm)
200 × 75 × 5	200	75	4.7	4
180 × 75 × 5	180	75	4.7	4
150 × 75 × 5	150	75	4.7	4
125 × 65 × 4	125	65	3.8	4

$100 \times 50 \times 4$	100	50	3.8	4
$75 \times 40 \times 4$	75	40	3.8	4

3.2 Jenis Elemen dan Ukuran Mesh

Terdapat banyak elemen yang tersedia pada ABAQUS yang dapat digunakan salah satunya elemen shell S4R, elemen ini menunjukkan hasil yang bagus dalam banyak uji numerik penampang baja canai dingin. Pada penelitian ini elemen baja canai dingin akan dimodelkan sebagai elemen shell S4R. Hasil analisa numerik menggunakan metode elemen hingga sangat berhubungan dengan bentuk dan ukuran mesh, semakin kecil ukuran mesh akan menghasilkan hasil analisa yang semakin akurat, namun penggunaan ukuran mesh yang kecil akan membutuhkan waktu komputasi yang lama. Pada penelitian ini akan digunakan ukuran mesh 4 mm x 4 mm yang sudah memberikan hasil yang bagus pada banyak penelitian uji numerik penampang baja ringan.

3.3 Kondisi Batas dan Pembebanan

Pemodelan elemen penampang baja *unlipped channel* di ABAQUS di modelkan sebagai elemen shell yang mempunyai 6 DOFs untuk setiap nodalnya, setiap ujung dari elemen dimodelkan ditahan rotasi arah z, dan translasi arah x, y, dan z, kecuali pada lokasi pembebanan dimana translasi arah z di lepas. Penerapan kondisi batas diikat secara bersama pada satu titik acuan menggunakan MPC (*multi -point constraint*). Pembebanan pada penelitian ini akan diterapkan pada salah satu ujung elemen, yaitu beban tekan aksial yang di kenai pada titik berat yang dimodelkan sebagai titik acuan.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

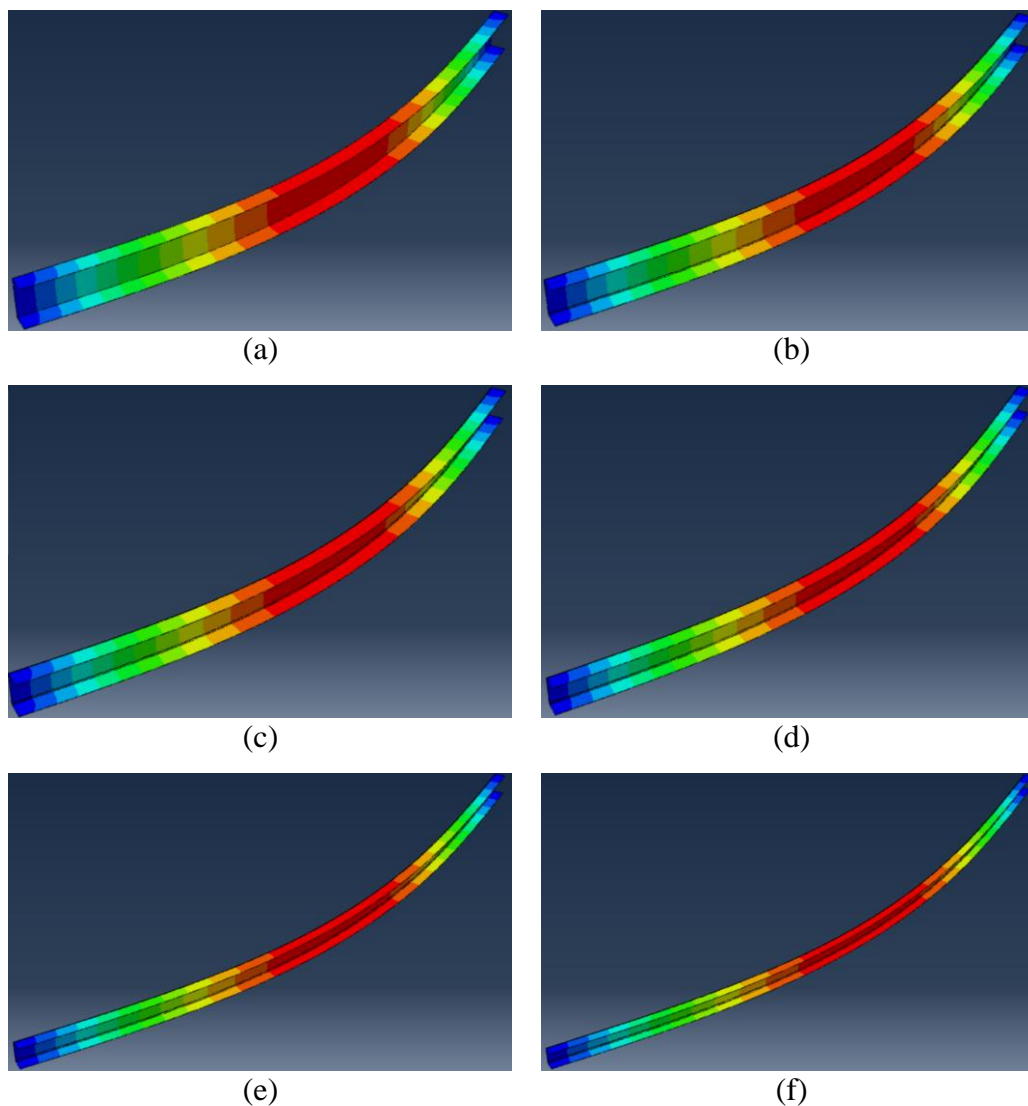
Perilaku dan kapasitas penampang baja *unlipped channel* akibat beban aksial diperoleh dengan melakukan uji numerik menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan ABAQUS, dan pendekatan dengan metode lebar efektif yang ada pada SNI 7971-2013. Hasil uji numerik pada penelitian ini akan dibandingkan dengan hasil metode lebar efektif, perbandingan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Table 4.1 Perbandingan Hasil metode elemen hingga (MEH) dan SNI 7971-2013

Penampang	Panjang (mm)	P_{MEH} (kN)	P_{SNI} (kN)	P_{SNI}/P_{MEH}
$200 \times 75 \times 5$	3000	191.66	116.85	0.61
$180 \times 75 \times 5$	3000	184.70	113.26	0.61
$150 \times 75 \times 5$	3000	176.04	106.94	0.61
$125 \times 65 \times 4$	3000	90.83	55.86	0.61
$100 \times 50 \times 4$	3000	42.03	24.92	0.59
$75 \times 40 \times 4$	3000	21.09	12.02	0.57

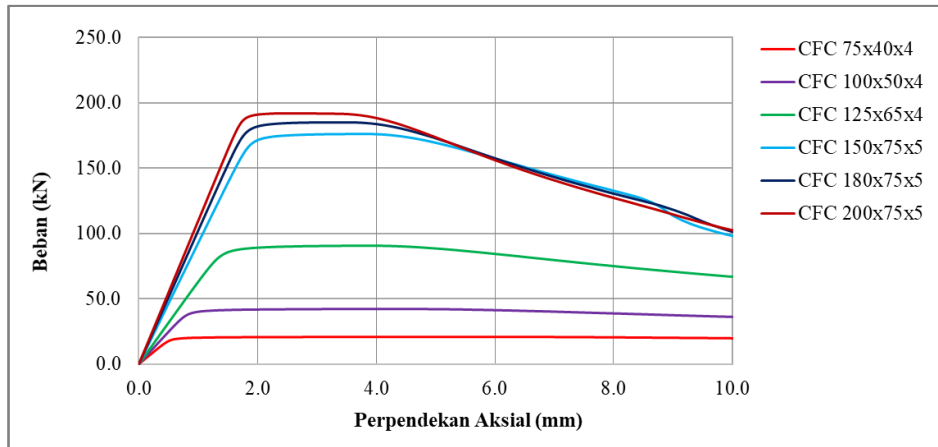
Mean	0.60
SD	0.017

Hasil analisa pada tabel 4.1, Terdapat korelasi kapasitas penampang baja *unlipped channel* yang didapat dari hasil numerik dan pendekatan metode lebar efektif pada SNI 7971-2013. Perbedaan beban ultimit yang dapat ditahan oleh penampang dari dua metode tersebut 38,68% - 43,02%. Perbedaan yang muncul antara kedua metode tersebut sangat tergantung pada luas penampang dan panjang elemen yang digunakan.



Gambar 4.1 Mode tekuk eigen pertama dari penampang (a) 200x75x5, (b) 180x75x5, (c) 150x75x5, (d) 125x65x4, (e) 100x50x4, (f) 75x40x4.

Mode tekuk pada gambar 4.1, terlihat bahwa semua elemen mengalami mode tekuk global, rasio panjang elemen terhadap luas penampang yang besar mengakibatkan tekuk global cenderung terjadi dibanding tekuk local, dan tekuk distorsi.



Gambar 4.2 kurva perbandingan perpendekan aksial dan beban.

Pada Gambar 4.2 menjelaskan tentang pengaruh beban yang diberikan terhadap perpendekan aksial dari semua elemen, ketebalan elemen sangat berpengaruh terhadap kapasitas ultimit yang dapat ditahan. Tingkat daktilitas suatu elemen dapat dilihat dari kurva horizontal yang panjang setelah beban ultimate tercapai.

5. KESIMPULAN

Analisa perilaku dan kapasitas penampang baja *unlipped channel* dilakukan melalui uji numerik menggunakan metode elemen hingga, dan metode lebar efektif SNI 7971-2013 yang di kenai beban aksial tekan. Hasil analisa menunjukkan adanya korelasi beban ultimit yang didapat dari dua metode pengujian tersebut, munculnya perbedaan antara dua metode tersebut dipengaruhi oleh pemilihan luas penampang yang digunakan yang tergolong penampang kecil, dan panjang elemen yang ditetapkan. Dapat disimpulkan bahwa metode lebar efektif SNI 7971-2013 dapat digunakan dalam menentukan kapasitas beban ultimit yang dapat ditahan oleh penampang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananthi, G. B. G., Vishuvaradhan, S., & Knight, G. M. S. (2015). Experimental, theoretical and numerical study on thin walled steel single and compound channel sections in axial compression. *Indian Journal of Engineering & Materials Sciences*, 22, 570–580. <https://www.researchgate.net/publication/287808905>
- Budiman. (2022). Buckling Analysis of Skew Plates Subjected to Uniform Compression Loading. *International Journal of Civil Engineering and Infrastructure*, 2(1), 1–9.
- Hancock, G. J. (2007). *Design of cold-formed steel structures : to Australian/New Zealand standard AS/NZS 4600:2005 (4th ed., Vol. 4)*. Australian Steel Institute.
- Janarthanan, B., & Mahendran, M. (2020). Numerical study of cold-formed steel channel sections under combined web crippling and bending action. *Thin-Walled Structures*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2020.106766>

- Janarthanan, B., & Mahendran, M. (2021). Behaviour and strength of unlipped channel sections under combined bending and torsion. *Journal of Constructional Steel Research*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2021.106648>
- Peiris, M., & Mahendran, M. (2021). Behaviour of cold-formed steel lipped channel sections subject to eccentric axial compression. *Journal of Constructional Steel Research*, 184. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2021.106808>
- Peiris, M., & Mahendran, M. (2022). Advanced numerical modelling of light-gauge steel framed walls subject to eccentric compression. *Engineering Structures*, 256. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.114063>
- Schafer, B. W., & Peköz, T. (1998). Computational modeling of cold-formed steel: characterizing geometric imperfections and residual stresses. *Journal of Constructional Steel Research*, 47, 193–210.
- Standard Nasional Indonesia. (2013). *Struktur Baja Canai Dingin*. www.bsn.go.id
- Standards Australia (SA), & AS/NZS 4600. (2005). *Cold-Formed Steel Structures*. Standards Australia.
- Yu, W.-W., & Laboube, R. A. (2010). *Cold-Formed Steel Design* (Fourth Edition, Vol. 4). John Wiley & Sons, Inc.
- Janizar, S., Setiawan, F., & Saputra, D. H. (2020). AUDIT STRUKTUR GEDUNG BANK X KOTA BANJARMASIN. *JURNAL TEKNIK SIPIL CENDEKIA (JTSC)*, 1(1), 15-26.
- Hafudiansyah, E., & Anisarida, A. A. (2021). ANALISIS STRUKTUR MOORING DOLPHIN KAPASITAS KAPAL 2000 GT (STUDI KASUS PELABUHAN MUNSE SULAWESI TENGGARA). *JURNAL TEKNIK SIPIL CENDEKIA (JTSC)*, 2(1), 69-83.
- Rahmanto, T., & Janizar, S. (2022). PENGENDALIAN BIAYA DAN WAKTU DENGAN METODE EARNED VALUE PROYEK FAMILIA URBAN BEKASI. *JURNAL TEKNIK SIPIL CENDEKIA (JTSC)*, 3(2), 16-27.