



Contents list available at journal.uib.ac.id

Journal of Civil Engineering and Planning

Journal homepage: <https://journal.uib.ac.id/index.php/jce>



Jurnal Penelitian

Strength of Axially Loaded Cold-Formed Steel Z Profiles Stub Columns

Kolom Pendek Baja Cold Formed Profil Z Terbebani Aksial Murni

Eko Juwanto¹, Andy Prabowo¹, Siswadi²

¹Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara

²Departemen Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Email korespondensi: andy.prabowo@ft.untar.ac.id

INFO ARTIKEL

Kata kunci :

kolom pendek, *cold-formed steel*, profil Z, tekan aksial, *buckling*, G-450

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi perilaku tekan aksial kolom pendek baja cold-formed profil Z mutu G-450 melalui pengujian tarik kupon dan uji tekan aksial. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa material tidak memiliki yield plateau dan didominasi oleh perilaku strain hardening. Pada pengujian tekan, kapasitas maksimum berkisar antara 136–364 MPa, dengan mode kegagalan yang didominasi oleh *local buckling*. Analisis menunjukkan bahwa kelangsingan elemen pelat merupakan parameter utama yang mempengaruhi kapasitas tekan serta menyebabkan deviasi antara hasil eksperimen dan prediksi teoritis. Temuan ini menunjukkan keterbatasan pendekatan desain konvensional dan memberikan dasar untuk peningkatan akurasi perhitungan kapasitas tekan elemen baja cold-formed profil Z.

ARTICLE INFO

Keywords:

stub column, cold-formed steel, Z-section, axial compression, buckling, G-450

ABSTRACT

This study evaluates the axial behavior of G450 cold-formed steel Z-section stub columns through tensile and axial compression tests. The results indicate that the material exhibits no distinct yield plateau and is dominated by strain hardening behavior. Axial compression tests indicate that the capacity ranges from 136–364 MPa, with failure modes governed by local buckling. The analysis identifies plate slenderness as the primary parameter influencing axial capacity and contributing to deviations from theoretical predictions. These findings highlight limitations in conventional design approaches and provide a basis for improving axial capacity prediction of cold-formed steel Z-sections.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Perkembangan penggunaan baja cold-formed steel (CFS) dalam konstruksi bangunan mengalami peningkatan signifikan dalam dua dekade terakhir, khususnya pada sistem rangka ringan, dinding struktural, dan elemen sekunder. Material ini memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, kemudahan fabrikasi, serta fleksibilitas dalam pembentukan penampang tipis seperti profil C, Z, dan hat section. Namun demikian, karakteristik berdingding tipis menyebabkan elemen CFS sangat sensitif terhadap fenomena tekuk (*buckling*), sehingga perilaku tekan elemen strukturalnya menjadi lebih kompleks dibandingkan baja canai panas. Di antara berbagai bentuk penampang CFS, profil Z banyak digunakan sebagai *purlin*, *girts*, dan elemen struktural sekunder. Meskipun memiliki efisiensi material yang baik, geometri yang tidak simetris serta kelangsingan elemen pelat menyebabkan profil ini rentan terhadap local buckling dan distortional buckling. Penelitian eksperimental dan numerik menunjukkan bahwa mode tekuk tersebut sering kali mendominasi perilaku kolom CFS, bahkan sebelum tegangan leleh tercapai.

Pada kolom pendek (*stub column*), pengaruh *global buckling* menjadi tidak dominan, sehingga respons struktur lebih dikontrol oleh fenomena lokal dan *distortional buckling*. Ananthi dkk. (2021) menunjukkan bahwa variasi geometri penampang, seperti dimensi *web*, *flange*, dan *lip*, dapat mempengaruhi mode keruntuhan serta kapasitas tekan kolom profil Z. Selain itu, Taranu dkk. (2025) menegaskan bahwa kelangsingan elemen pelat merupakan parameter kritis yang mempengaruhi kapasitas tekan dan mode *buckling*. Vishnupriyan dkk. (2025) juga menunjukkan bahwa hubungan beban–perpendekan aksial dapat digunakan untuk mengevaluasi respons *buckling*, sementara Shabari dkk. (2024) menekankan pentingnya pengamatan pola keruntuhan lokal dalam menilai performa struktural elemen CFS. Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan, sebagian besar berfokus pada profil C, *angle*, *built-up sections*, atau elemen dengan perforasi. Kajian khusus mengenai kolom pendek baja *cold-formed* profil Z tunggal dengan pembebanan aksial murni, khususnya yang mengaitkan pengaruh kelangsingan terhadap mekanisme keruntuhan *local buckling* serta respons beban–perpendekan aksial, masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perilaku tekan aksial kolom pendek profil Z mutu G-450 melalui pengujian tarik dan tekan, dengan fokus pada identifikasi mode kegagalan dominan serta pengaruh kelangsingan terhadap kapasitas tekan dan deviasi terhadap prediksi teoritis.

2. Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai perilaku tekan elemen *cold-formed steel* (CFS) telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir, khususnya pada elemen berdingding tipis yang rentan terhadap fenomena buckling. Berbagai studi menunjukkan bahwa kapasitas tekan elemen CFS tidak hanya ditentukan oleh kekuatan material, tetapi lebih dominan dikontrol oleh mekanisme ketidakstabilan geometrik, seperti *local buckling* dan *distortional buckling*. Chen dkk. (2019) menunjukkan bahwa konfigurasi penampang dan keberadaan *stiffener* memiliki pengaruh signifikan terhadap mode kegagalan serta kapasitas tekan, khususnya pada elemen kolom pendek, di mana pengaruh *global buckling* relatif kecil.

Penelitian oleh Ananthi dkk. (2021) pada kolom pendek profil Z dan hat section menunjukkan bahwa kegagalan umumnya didominasi oleh *distortional buckling* dengan kontribusi *local buckling* pada tahap awal pembebanan. Hasil ini menunjukkan bahwa interaksi antar *mode buckling* menjadi faktor penting dalam menentukan kapasitas ultimit elemen. Selain itu, variasi kecil pada geometri penampang, seperti dimensi *flange*, *web*, dan *lip*, dapat mempengaruhi respons struktur secara signifikan. Kelangsingan

elemen pelat (rasio lebar terhadap tebal) telah diidentifikasi sebagai parameter kunci dalam perilaku tekan elemen CFS. Taranu dkk. (2025) menunjukkan bahwa peningkatan kelangsingan menyebabkan penurunan kapasitas tekan serta perubahan *mode buckling* yang terjadi. Temuan ini diperkuat oleh penelitian Prabowo (2022) yang menyatakan bahwa parameter kelangsingan secara langsung mempengaruhi nilai tegangan kritis *buckling* dan kapasitas efektif elemen struktur.

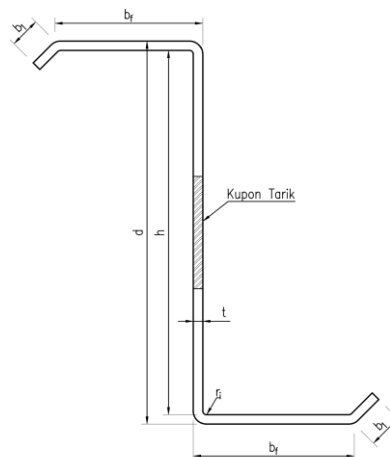
Selain itu, respons struktur CFS di bawah beban aksial juga dapat dianalisis melalui hubungan beban-perpendekan aksial. Vishnupriyan dkk. (2025) menunjukkan bahwa kurva tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi perubahan kekakuan serta inisiasi *buckling*. Sementara itu, Shabari dkk. (2024) menekankan pentingnya observasi pola deformasi lokal dalam memahami mekanisme kegagalan serta evaluasi performa elemen struktur ber dinding tipis. Dalam konteks perencanaan, metode *Direct Strength Method* (DSM) yang direkomendasikan dalam AISI S100 telah banyak digunakan untuk memprediksi kapasitas elemen CFS. Metode ini berbasis pada analisis *buckling* elastis dan mampu menangkap kontribusi berbagai mode ketidakstabilan, termasuk interaksi antara *local* dan *distortional buckling*. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa DSM memberikan prediksi yang lebih konsisten dibandingkan metode lebar efektif, terutama untuk elemen ber dinding tipis dengan geometri kompleks. Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan, sebagian besar kajian masih berfokus pada profil C, *angle*, maupun sistem *built-up*. Studi khusus mengenai kolom pendek profil Z tunggal dengan pembebanan aksial murni, terutama yang mengaitkan pengaruh kelangsingan terhadap mode kegagalan dan respons beban-perpendekan aksial, masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan tersebut melalui pendekatan eksperimental dan analitis pada profil Z mutu G-450.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk mengevaluasi perilaku tarik material dan perilaku tekan aksial kolom pendek *cold-formed steel* (CFS) profil Z mutu G-450. Tahapan penelitian meliputi persiapan spesimen, pengujian tarik kupon, serta pengujian tekan aksial kolom pendek.

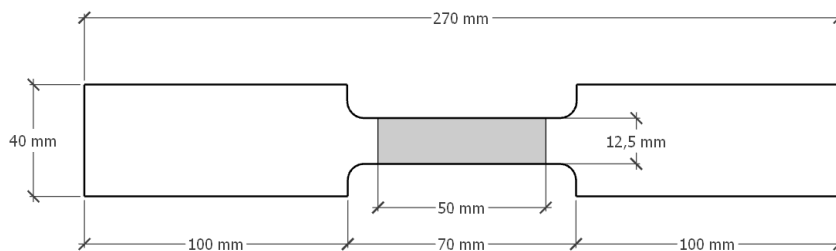
3.1. Persiapan Spesimen

Spesimen kupon tarik diambil dari profil Z komersial tipe Z150 dan Z200 dengan variasi ketebalan sekitar 1,5–1,9 mm. Kupon diambil dari bagian badan (*web*) profil dengan arah longitudinal sejajar arah pembentukan (*rolling direction*), untuk merepresentasikan sifat material aktual akibat proses *cold forming*.



Gambar 3.1 Lokasi pengambilan kupon tarik terhadap longitudinal profil

Pemotongan kupon dilakukan menggunakan mesin potong baja dengan memperhatikan agar tidak terjadi deformasi plastis tambahan pada tepi spesimen. Dimensi kupon disesuaikan dengan standar pengujian tarik baja lembaran tipis (ASTM E8/E8M).



Gambar 3.2 Sampel kupon tarik

Pengukuran dimensi kupon, termasuk panjang, lebar, dan ketebalan, dilakukan menggunakan jangka sorong dan mikrometer pada beberapa titik untuk memperoleh nilai rata-rata, sehingga dapat meminimalkan pengaruh variasi ketebalan dan toleransi fabrikasi.

Tabel 3.1. Tabel pengukuran spesimen kupon tarik

Spesimen	Grade	Tebal Area (mm)	Gauge Area (mm)	Lebar Area (mm)	Gauge Luasan (mm ²)
Z1	G-450	1,49	12,39	18,46	
Z2	G-450	1,88	12,43	23,37	
Z3	G-450	1,48	12,35	18,28	
Z4	G-450	1,96	12,55	24,60	

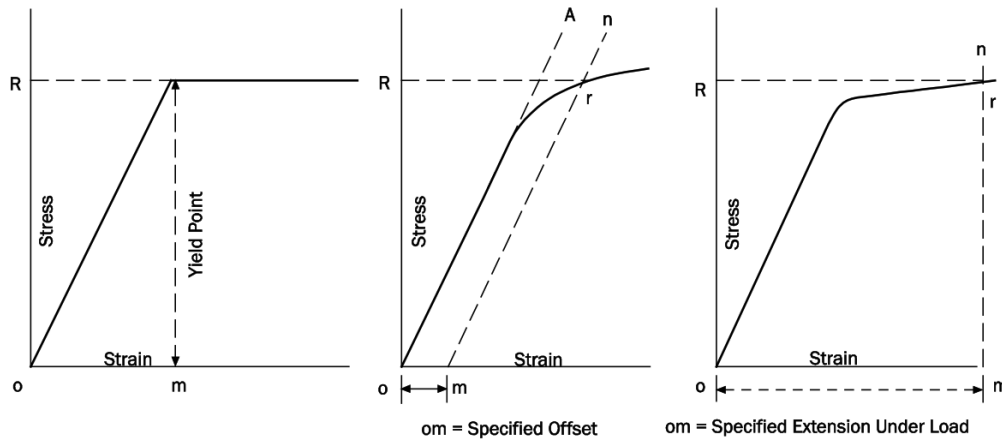
3.2. Pengujian Tarik Kupon

Pengujian tarik dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan kontrol perpindahan hingga spesimen mengalami kegagalan. Selama pengujian, data gaya dan regangan direkam secara kontinu untuk menghasilkan kurva tegangan-regangan.



Gambar 3.3 Pengujian kupon tarik

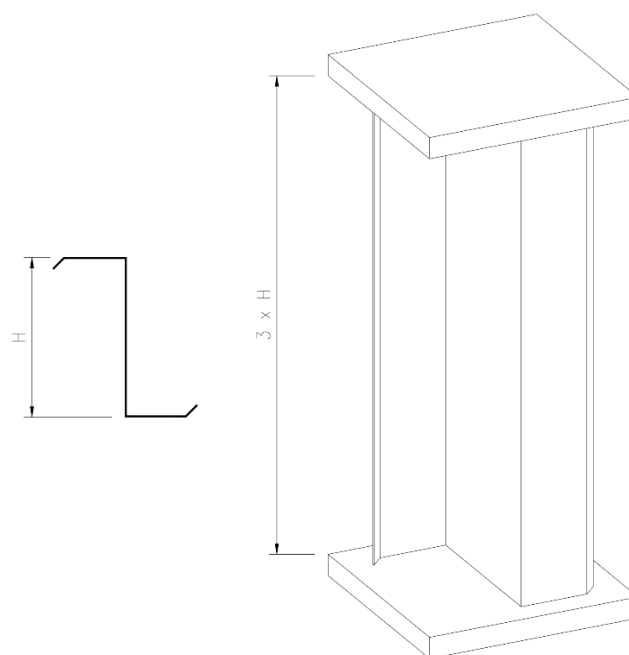
Tegangan leleh ditentukan menggunakan metode offset 0,2% karena tidak adanya *yield plateau* yang jelas pada material baja *cold-formed*. Parameter yang diperoleh meliputi tegangan leleh, tegangan maksimum, dan elongasi.



Gambar 3.4 Grafik penentuan nilai tegangan leleh offset 0,2% (AISI S-100-16, 2020)

3.3. Persiapan Spesimen Kolom Pendek

Spesimen kolom pendek dibuat dari profil Z yang sama dengan kupon tarik, yaitu tipe Z150 dan Z200. Pemotongan dilakukan menggunakan mesin potong baja untuk menghasilkan permukaan ujung yang rata dan tegak lurus terhadap sumbu memanjang, sehingga dapat meminimalkan eksentrisitas saat pengujian. Panjang spesimen ditentukan sebesar tiga kali tinggi penampang untuk memastikan kondisi sebagai kolom pendek (*stub column*), sehingga pengaruh *global buckling* dapat diabaikan. Pada kedua ujung spesimen dipasang pelat baja (*end plate*) yang dikaku-kan untuk menjaga distribusi beban tetap merata. Dimensi spesimen kolom, termasuk panjang dan ketebalan elemen, diukur menggunakan alat ukur presisi pada beberapa titik pengukuran untuk memperoleh nilai rata-rata.



Gambar 3.4 Penentuan tinggi kolom pendek (maksimal 3 x H)

Tabel 3.2 Tabel hasil pengukuran dimensi dan luasan spesimen kolom pendek

Spesimen	Dimensi	Grade	Tebal (mm)	Tinggi (mm)	Luasan (mm ²)
Z1	Z-163 x 76,75 x 14,00	G-450	1,47	450	506,42
Z2	Z-155 x 65,00 x 16,00	G-450	2,26	450	716,42
Z3	Z-214 x 80,00 x 14,00	G-450	1,56	450	627,12
Z4	Z-216 x 80,00 x 16,00	G-450	1,80	450	557,86

3.4. Pengujian Tekan Aksial Kolom Pendek

Pengujian tekan aksial dilakukan menggunakan UTM dengan spesimen ditempatkan secara vertikal dan dijaga keseajarannya untuk meminimalkan eksentrisitas. Pelat ujung (*end plate*) digunakan untuk memastikan distribusi beban yang merata pada penampang. Pembebanan dilakukan secara bertahap menggunakan kombinasi kontrol gaya dan perpindahan hingga mencapai beban maksimum dan dilanjutkan hingga terjadi penurunan kapasitas. Selama pengujian, gaya tekan dan perpindahan aksial direkam untuk menghasilkan kurva beban–perpendekan.



Gambar 3.5 Pengujian tekan kolom pendek

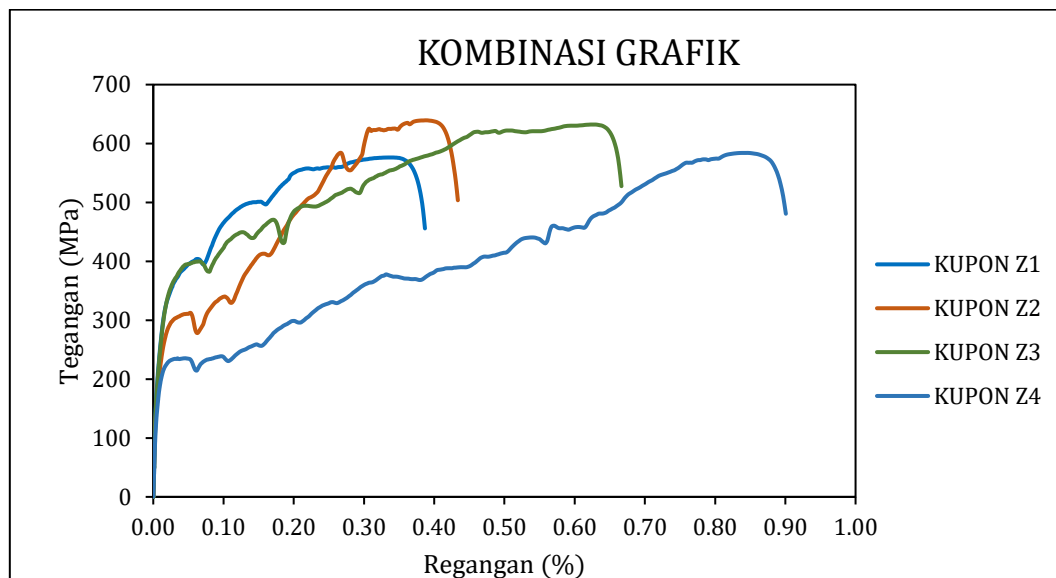
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Analisis Kupon Tarik Terhadap Hubungan Tegangan-Regangan

Sifat mekanik baja cold-formed diperoleh melalui pengujian tarik kupon. Kurva tegangan–regangan yang dihasilkan menunjukkan transisi nonlinier yang kontinu tanpa adanya *yield plateau* yang jelas, yang merupakan karakteristik khas baja hasil proses pembentukan dingin. Oleh karena itu, tegangan leleh ditentukan menggunakan metode *offset* 0,2%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan leleh berada pada kisaran 115,88–206,00 MPa, sedangkan tegangan maksimum berkisar antara 576,27–639,35 MPa. Hasil grafik tegangan-regangan menunjukkan trend grafik yang sama. Terdapat fase elastis-plastis, dimana kurva akan mengalami leleh (*yield*) dan naik secara perlahan hingga nilai tegangan ultimit lalu mengalami patah (*fracture*).

Tabel Error! No text of specified style in document..3. Tabel tegangan – regangan hasil uji tarik kupon

Spesimen Kupon Tarik	Grade	Tegangan Proporsional MPa	Tegangan Leleh 0.2% MPa	Tegangan Maksimal MPa	Regangan %
Z1	G450	157.44	202.42	576.27	0.39
Z2	G450	125.04	187.56	639.35	0,43
Z3	G450	103.00	206.00	632.21	0,67
Z4	G450	74.29	115.88	584.02	0,90



Gambar 4.1 Kombinasi grafik hubungan tegangan-regangan kupon tarik

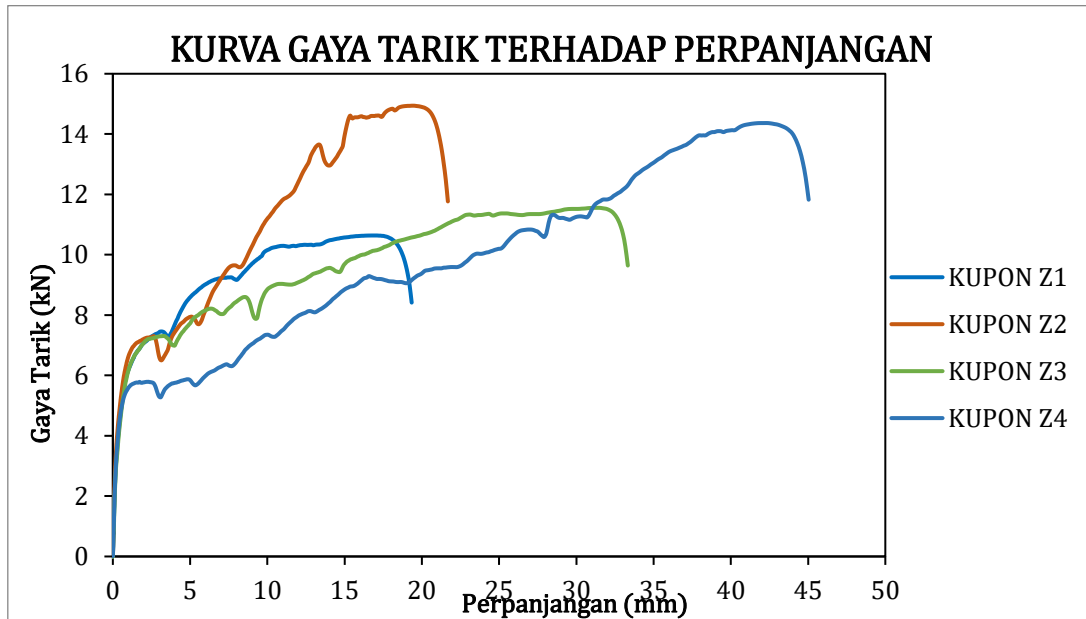
4.2. Analisis Kupon Tarik Terhadap Hubungan Gaya-Perpanjangan

Kurva hubungan gaya–perpanjangan menunjukkan respons nonlinier yang konsisten dengan karakteristik baja cold-formed, tanpa adanya fase leleh yang jelas. Peningkatan gaya diikuti oleh penambahan panjang hingga mencapai kondisi maksimum sebelum terjadi kegagalan. Kupon tarik dengan grade SS-400 menunjukkan gaya maksimum sebesar 8,81–18,88 kN dengan perpanjangan 7,97–16,98 mm, sedangkan material G-450 memiliki gaya maksimum 9,88–10,93 kN dengan perpanjangan yang lebih besar, yaitu 17,24–18,74 mm. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kapasitas gaya relatif sebanding, material G-450 memiliki kemampuan deformasi yang lebih tinggi.

Perilaku tersebut mengindikasikan adanya pengaruh *strain hardening* pada material baja *cold-formed*, di mana deformasi plastis dapat berkembang lebih lanjut sebelum terjadinya kegagalan. Namun demikian, peningkatan perpanjangan tidak secara langsung berbanding lurus dengan peningkatan kapasitas gaya maksimum. Perbedaan antara nilai perpanjangan hasil analisis dan pengukuran aktual pasca-fraktur juga teridentifikasi, dengan selisih sekitar 3,04–4,62 mm untuk SS-400 dan 9,45–13,31 mm untuk G-450. Perbedaan ini disebabkan oleh fenomena *elastic recovery* setelah spesimen mengalami putus, sehingga deformasi maksimum tidak sepenuhnya tercermin pada pengukuran akhir.

Hasil ini menunjukkan bahwa evaluasi perilaku deformasi material lebih representatif jika didasarkan pada data selama proses pembebanan, dibandingkan pengukuran setelah kegagalan. Dengan demikian,

hubungan gaya-perpanjangan pada material cold-formed tidak hanya mencerminkan kekuatan tarik, tetapi juga dipengaruhi oleh mekanisme deformasi plastis dan pemulihan elastis pasca-fraktur.



Gambar 4.2 Kombinasi Grafik hubungan gaya tarik - perpanjangan kupon tarik

4.3. Perilaku Tekan Aksial Kolom Pendek

Hasil pengujian tekan aksial menunjukkan bahwa respons kolom pendek baja cold-formed tidak dikontrol oleh kekuatan material semata, melainkan didominasi oleh fenomena ketidakstabilan (*buckling*). Kapasitas tekan maksimum yang diperoleh dari pengujian umumnya lebih rendah dibandingkan prediksi teoritis berbasis $P = \sigma_y \cdot A$, dengan deviasi yang signifikan pada sebagian besar spesimen. Sebagai contoh, spesimen CS2 menunjukkan kapasitas tekan sebesar 130,59 MPa dibandingkan estimasi teoritis 204,50 MPa, sedangkan spesimen dengan dimensi lebih besar seperti CS10 dan CS11 mengalami penurunan kapasitas yang lebih signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan dimensi penampang tidak secara langsung meningkatkan kapasitas tekan, terutama pada elemen berdinding tipis. Kurva hubungan beban-perpendekan menunjukkan respons elastis linier pada tahap awal, diikuti oleh penurunan kekakuan secara bertahap sebelum mencapai beban maksimum. Tidak terlihat fase leleh yang jelas, yang mengindikasikan bahwa kegagalan terjadi akibat inisiasi *buckling* sebelum kapasitas material termobilisasi sepenuhnya.

Tabel 4.2 Tabel hasil uji tekan spesimen kolom pendek

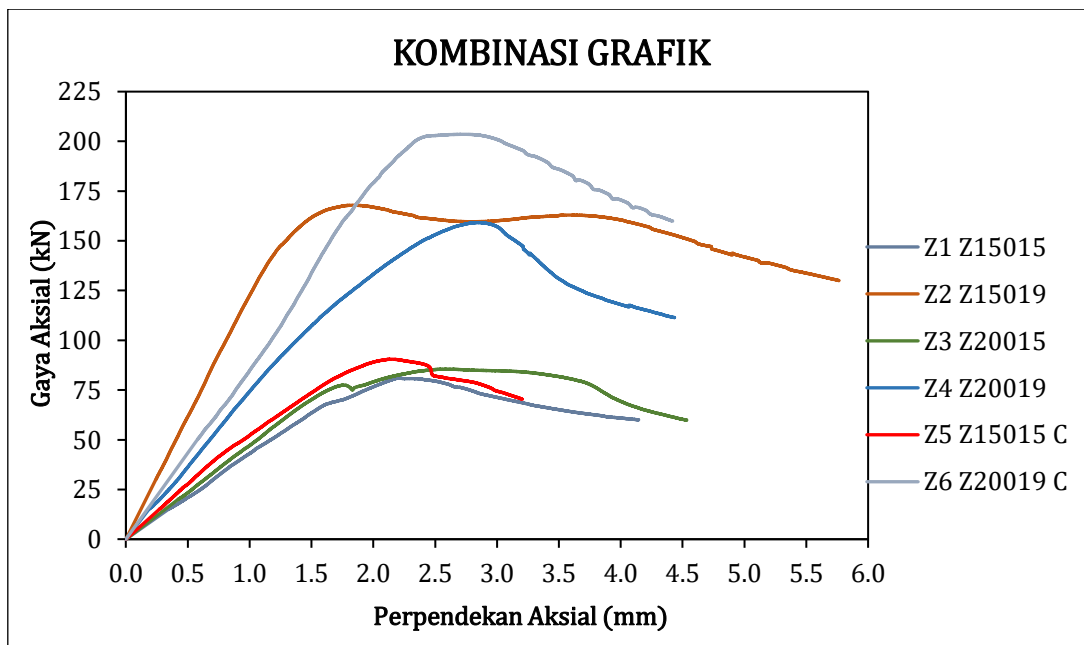
PROFILE	Dimensi	Area	Fy	Estimasi Beban Aksial	Kekuatan Tekan Maksimal	Persentase Deviasi
	mm	mm ²	MPa	kN	kN	%
Z15015	Z 163 x 76.75 x 14 x 1.47	506.415	202.42	102.51	80.96	-21.0%
Z15019	Z 155 x 65 x 16 x 2.26	716.42	187.56	134.37	167.87	24.9%
Z20015	Z 214 x 80 x 14 x 1.56	627.12	206	129.19	85.53	-33.8%
Z20019	Z 216 x 80 x 16 x 1.8	734.4	115.88	85.10	159.11	87.0%
Z15015 C	Z 159 x 65 x 16 x 1.54	494.34	202.42	100.06	90.47	-9.6%
Z15019 C	Z 156 x 65 x 16 x 2.76	877.68	187.56	164.62	203.53	23.6%

Kapasitas tekan aksial kolom pendek tidak dapat diprediksi secara konsisten menggunakan pendekatan sederhana berbasis $A \times F_y$. Deviasi yang terjadi berada pada kisaran $-33,8\%$ hingga $+87,0\%$, yang menunjukkan bahwa pendekatan tersebut tidak mampu merepresentasikan perilaku aktual elemen berding tipis. Perbedaan ini menunjukkan bahwa kapasitas tekan tidak hanya dikontrol oleh kekuatan material, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh kelangsingan elemen serta mekanisme *buckling* yang berkembang sebelum tercapainya kondisi leleh.

Tabel 4.3 Tabel hasil analisis spesimen kolom pendek

Spesimen	Dimensi (mm)	Tegangan Maksimal (MPa)
Z1	Z 163 x 76.75 x 14 x 1.47	159.88
Z2	Z 155 x 65 x 16 x 2.26	234.31
Z3	Z 214 x 80 x 14 x 1.56	136.38
Z4	Z 216 x 80 x 16 x 1.8	216.65
Z5	Z 159 x 65 x 16 x 1.54	183.02
Z6	Z 156 x 65 x 16 x 1.76	363.65

Selain itu, spesimen dengan panjang yang lebih pendek cenderung menunjukkan tegangan maksimum yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh panjang efektif terhadap kapasitas tekan tetap signifikan, meskipun dalam kategori kolom pendek, terutama dalam kaitannya dengan stabilitas lokal elemen pelat. Perilaku ini menegaskan bahwa kapasitas tekan kolom pendek baja *cold-formed* dikontrol oleh interaksi antara kelangsingan elemen, ketidaksempurnaan geometrik, dan mekanisme *buckling*, sehingga pendekatan berbasis kekuatan material saja tidak cukup untuk merepresentasikan perilaku aktual struktur.



Gambar 4.3 Kombinasi Grafik hubungan gaya-perpendekan uji tekan

4.4. Mode Kegagalan dan Perilaku Buckling

Fenomena local buckling ditandai dengan munculnya deformasi berupa gelombang lokal (*wrinkling*) pada elemen web tanpa rotasi signifikan pada flange maupun pergerakan lip. Hal ini menunjukkan bahwa kegagalan dikontrol oleh instabilitas lokal elemen pelat, bukan oleh perubahan bentuk penampang seperti pada *distortional buckling* atau *global buckling*.

Mode kegagalan yang terjadi ditentukan oleh tegangan kritis terendah dari masing-masing mekanisme *buckling*. Pada spesimen yang diuji, rasio lebar terhadap tebal (b/t) yang tinggi menyebabkan tegangan kritis *local buckling* lebih rendah dibandingkan mode lainnya, sehingga *local buckling* terjadi lebih awal dan menjadi mekanisme dominan.

Meskipun keberadaan *lip* secara teoritis dapat memicu *distortional buckling*, dimensi *lip* yang relatif kecil hanya memberikan kontribusi kekakuan terbatas terhadap rotasi *flange*. Selain itu, penggunaan *end-plate* pada kedua ujung spesimen turut membatasi deformasi rotasi, sehingga menghambat perkembangan *distortional buckling*.

Akibatnya, deformasi yang terjadi tetap terlokalisasi pada elemen pelat tanpa melibatkan perubahan bentuk penampang secara keseluruhan. Hal ini menegaskan bahwa perilaku kolom pendek profil Z pada penelitian ini lebih dipengaruhi oleh kelangsingan elemen dibandingkan efek kekakuan tambahan dari geometri penampang.

Tabel 4.4 Tabel hasil tekuk pada *stub column*

Spesimen	Dimensi	Mutu	Tinggi mm	Hasil Tekuk
Z1	Z 163 x 76.75 x 14 x 1.47	G-450	450	<i>Local buckling</i>
Z2	Z 155 x 65 x 16 x 2.26	G-450	450	<i>Local buckling</i>
Z3	Z 214 x 80 x 14 x 1.56	G-450	500	<i>Local buckling</i>
Z4	Z 216 x 80 x 16 x 1.8	G-450	500	<i>Local buckling</i>
Z5	Z 159 x 65 x 16 x 1.54	G-450	500	<i>Local buckling</i>
Z6	Z 156 x 65 x 16 x 1.76	G-450	500	<i>Local buckling</i>

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian eksperimental dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

1. Perilaku material baja cold-formed menunjukkan karakteristik strain hardening tanpa adanya yield plateau yang jelas. Meskipun tegangan maksimum relatif tinggi, kontribusi kekuatan material terhadap kapasitas tekan kolom terbatas karena kegagalan terjadi akibat ketidakstabilan sebelum kondisi leleh tercapai.
2. Kapasitas tekan aksial kolom pendek profil Z tidak dikontrol oleh kekuatan material semata, melainkan didominasi oleh fenomena buckling, khususnya local buckling dan distortional buckling. Hal ini menyebabkan respons struktur tidak menunjukkan fase leleh yang jelas sebelum mencapai beban maksimum.
3. Kelangsingan elemen pelat merupakan parameter dominan yang mempengaruhi kapasitas tekan. Peningkatan rasio lebar terhadap tebal (b/t) menyebabkan inisiasi buckling lebih awal dan menurunkan kapasitas aksial secara signifikan.

4. Perbandingan dengan pendekatan sederhana berbasis $A \times F_y$ menunjukkan deviasi yang cukup besar, yaitu dalam kisaran $-33,8\%$ hingga $+87,0\%$, yang mengindikasikan bahwa pendekatan tersebut tidak mampu merepresentasikan perilaku aktual elemen berdinging tipis. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas tekan tidak hanya bergantung pada luas penampang dan tegangan leleh, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh geometri penampang dan mekanisme buckling.
5. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan desain konvensional perlu mempertimbangkan pengaruh kelangsingan dan interaksi mode buckling secara lebih komprehensif, khususnya untuk kolom pendek profil Z

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan variasi spesimen yang lebih luas, baik dari segi dimensi penampang, ketebalan, maupun panjang elemen, untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif terhadap pengaruh parameter geometrik.
2. Pengembangan analisis numerik (misalnya metode elemen hingga) disarankan untuk mengevaluasi interaksi antara local dan distortional buckling secara lebih detail, serta untuk memvalidasi hasil eksperimen.
3. Kajian terhadap metode perencanaan yang lebih lanjut, seperti Direct Strength Method (DSM), perlu dilakukan untuk menilai tingkat akurasi dalam memprediksi kapasitas tekan elemen profil Z.
4. Pengaruh ketidaksempurnaan awal (initial imperfections) dan tegangan sisa akibat proses pembentukan perlu ditinjau lebih lanjut karena berpotensi mempengaruhi kapasitas dan mode kegagalan.
5. Penelitian lanjutan pada kondisi pembebanan yang berbeda, seperti eksentrisitas beban atau kombinasi beban aksial dan lentur, diperlukan untuk mendekati kondisi aktual di lapangan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan Universitas Atma Jaya Yogyakarta sehingga penelitian ini bisa terlaksana atas kerja sama antara Program Magister Teknik Sipil Universitas Tarumanagara dengan Departemen Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Tarumanagara yang telah memberikan dana penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] AISI, North American Specification for the design of cold-formed steel structural members. AISI S100-16, Washington D.C.: American Iron and Steel Institute, 2020.
- [2] G. B. Ananthi, K. Roy and J. Lim, "Tests and Finite Element Modelling of Cold-Formed Steel Zed and Hat Section Columns Under Axial Compression," *International Journal of Steel Structures*, 21(4), pp. 1305-1331, 2021.
- [3] ASTM, "Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials. ASTM E8/E8M," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.
- [4] ASTM, Standard Test Methods of Compression Testing of Metallic Materials at Room Temperature. ASTM E9, West Conshohocken, PA: ASTM International, 2019.

- [5] ASTM, "Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products. ASTM A370," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2024.
- [6] J. Chen, M.-T. Chen and B. Young, "Compression Tests of Cold-Formed Steel C- and Z-Sections with Different Stiffeners," *Journal of Structural Engineering (ASCE)*, p. 145 (5) 04019022, 2019.
- [7] L. N. Dissanayake, F. Walport, X. Yun and L. Gardner, "Unified stress-strain models for normal and high strength steels," *Construction and Building Materials (459)*, p. 139616, 2025.
- [8] C.-L. Li, Y. Huang and H.-P. Hong, "Predicting yield strength of cold-formed carbon steel: A review and new approaches," *Journal of Constructional Steel Research (206)*, p. 107926, 2023.
- [9] A. Prabowo, "Metode-Metode Perhitungan Kekuatan Penampang Elemen Struktur Baja Canai Dingin (Cold-Formed). Pro Siding," in *Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-16. Resillience of Construction Industry in Post-Pandemic Era.*, 2022.
- [10] A. Prabowo, A. Abdelrahman, Y.-Y. Ding and Y.-P. Liu, "Stability design of cold-formed high and ultra-high strength steel thin-walled box sections using effective stress-strain model," *Structures (62)*, p. 106189, 2024.
- [11] A. Shabhari, V. V. K. Jeyapragasam and D. Chandrasekar, "Local buckling behaviour of web perforated cold-formed steel lipped channel columns," *Thin-Walled Structures (205)*, p. 112448, 2024.
- [12] F. Shenggang, T. Yuelin, Z. Baofeng and L. Fang, "Capacity of stainless steel lipped C-section stub column under axial compression," *Journal of Constructional Steel Research (103)*, pp. 251-263, 2014.
- [13] G. Taranu, S. Iacob and N. Taranu, "Buckling Behavior of Perforated Cold-Formed Steel Uprights: Experimental Evaluation and Comparative Assessment Using FEM, EWM, and DSM," *Buildings (15)*, p. 1561, 2025.
- [14] M. Vishnupriyan, D.-P. N. Kontoni, K. C. Onyelowe, G. Nakkeeran, M. Vishal, G. Premkumar and A. Selvakumar, "Experimental and ANN Analysis of Cold-Formed Steel Build-Up Columns with and without Intermediate Web Stiffeners under Axial Compression," *Journal of Structural Design and Construction Practice (30)*, p. 04025048, 2025.
- [15] L. Ying, "Full-range constitutive modeling for cold-formed high-strength steel," *Materials Today Communications (49)*, p. 114237, 2025.