

Development of the profile cross-sectional model of lightweight steel structure to improve the value of stiffness

Sugiharto¹, Rachmad Hartono¹, Bukti Tarigan¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan
Jl. Wartawan IV No.22, Kota Bandung 40264
Email korespondensi: sugih.sugiharto@unpas.ac.id

Abstrak

Baja struktur ringan adalah baja profil yang dibentuk dari pelat baja tipis hasil pengerolan dingin sehingga profil baja tersebut berbobot ringan dan tipis. Kekuatan tarik baja struktur ringan memiliki nilai yang sama dengan dengan kekuatan tarik baja sejenis. Kekuatan struktur baja ditentukan oleh kekakuan dan fleksibilitas strukturnya. Kekakuan adalah gaya yang diperlukan untuk menghasilkan perpindahan, sedangkan fleksibilitas adalah defleksi yang dihasilkan oleh gaya yang diberikan. Defleksi yang terjadi pada suatu batang ditentukan oleh nilai inersia penampang batangnya. Kekuatan struktur yang disusun oleh baja profil struktur ringan, dibentuk dari tingkat kekakuan profil penyusunnya, semakin kaku profilnya maka akan semakin kuat struktur yang disusun oleh profil baja struktur ringan tersebut. Pada kajian ini akan diuraikan suatu proses penelitian untuk peningkatan nilai kekakuan pada profil baja struktur ringan dari bentuk dan ukuran profil menurut standar SNI-1729:2015. Peningkatan nilai kekakuan dilakukan dengan mengembangkan model dari bentuk penampang profilnya, peningkatan kekakuan ditinjau dari besar defleksi yang terjadi pada saat diberikan beban lenturan. Hasil analisis menunjukkan pengembangan model penampang yang dilakukan pada profil baja struktur pada ketebalan pelat yang sama dapat menurunkan defleksi yang terjadi dibawah beban lentur yang sama.

Kata kunci: penampang, profil, baja struktur ringan.

Abstract

Lightweight structural steel is steel profiles formed from thin steel plate cold rolling results so that the steel profile is lightweight and thin. The tensile strength of lightweight structural steel has the same value as the similar tensile strength of the steel. The strength of a steel structure is determined by the rigidity and flexibility of the structure. Stiffness is the force required to produce displacement, while flexibility is the deflection produced by the force applied. A deflection that occurs in a rod is determined by the inertia of the cross section of the beam. The strength of the structure which is composed by a lightweight steel structure is formed from the stiffness of the forming profile, the stiffer the lightweight structural steel profile, then, it will be increasingly stronger the structure of formed. This paper will describe an analysis to increase the value of stiffness in a lightweight structural steel profile of profile shapes and sizes according to standard SNI 1729: 2015. Increased stiffness value is done by developing a shape model of the cross-sectional of the profile, increase in rigidity in terms on the bending load. The results of the analysis show that the development of a cross-sectional model carried out on the steel profile of the structure at the same plate thickness can reduce deflection that occurs under the same bending load.

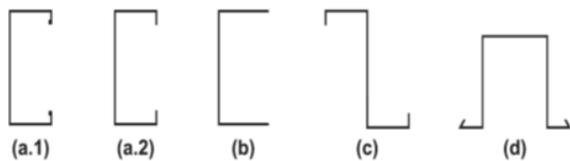
Keywords: profile, profile, lightweight structural steel.

1. Pendahuluan

Baja struktur ringan adalah baja profil yang dibentuk dari pelat tipis sehingga dengan proses pembentukan dingin sehingga bobot profil ini ringan dan tipis. Salah satu parameter yang menentukan kekuatan struktur bangunan yang dibentuk oleh profil baja struktur ringan adalah tingkat kekakuan profil pembentuknya. Kekuatan tarik material profil baja struktur ringan memiliki nilai yang sama dengan material sejenis. Penggunaan material baja stuktur ringan saat ini semakin banyak digunakan, walaupun penggunaannya masih terbatas pada struktur statik. Aplikasi profil jenis ini banyak diguakan untuk struktur rangka atap dan lain-lain. Bentuk profil baja stuktur ringan di indonesia distandarkan oleh SNI-1729;2015 [1]. Profil jenis ini yang umum ditemui

dipasaran adalah profil “C”, profil “Z”, dan profil “Omega”. Profil “C” dan profil “Z” adalah bentuk profil yang umum digunakan sebagai rangka utama kuda-kuda pada rangka atap bangunan [2]. Profil baja struktur ringan adalah baja profil yang dibentuk dengan proses pengerjaan dingin sehingga bobotnya menjadi sangat ringan. Kekuatan tarik profil baja struktur ringan memiliki nilai yang sama dengan dengan baja material bahan bakunya yaitu sekitar 550 Mpa [3]. Ketebalan baja stuktur ringan umumnya berkisar antara 0,4–1,0 mm. Variasi ketebalan ini ditentukan oleh fungsi dan besar beban yang akan ditopang. Baja stuktur ringan memiliki ketebalan lebih tipis dibanding baja konvensional. Material profil baja struktur ringan adalah baja karbor rendah dengan kandungan karbon maksimum 0,2 % [3].

Profil baja struktur ringan dibentuk dengan roll dingin dari bentuk lembaran. Profil ini diberi simbol G550. Kode lain untuk profil baja ini adalah ASTM A792, JIS G3302, SGC 570. Untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi dipermukaan, material profil baja struktur ringan dilapisi dengan zinc-aluminium setebal 100 gr/m² [3]. Profil baja struktur ringan yang biasa digunakan untuk rangka atap dengan tebal 0,60-1,10 mm. Standar bahan baku yang digunakan distandarkan dengan SNI 07-2053-2006: untuk baja roll dingin lapis seng, SNI 4096:2007: untuk baja roll dingin lapis aluminium-seng, dan SNI 8521:2018: untuk bahan baku pembuat profil baja struktur ringan dari baja lembaran tipis lapis aluminium-seng-magnesium. Bentuk penampang tipikal profil baja struktur ringan dapat dilihat pada Gambar 1.

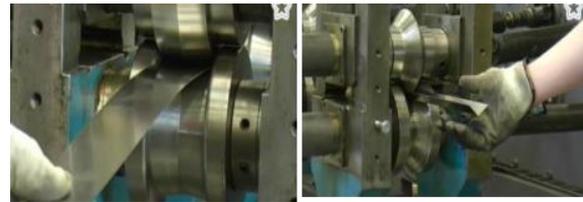


Gambar 1. Bentuk penampang profil baja struktur ringan [3].

Gambar diatas menunjukkan bentuk penampang profil baja struktur ringan yang banyak dipasaran yaitu: profil “C” dengan lipatan (a.1), profil “C” tanpa lipatan (a.2), profil “U” (b), profil “Z” (c), dan profil “topi/omega” (d). Berat permeter profil baja struktur ringan dapat dapat didefinisikan dengan Persamaan (1).

$$B = [(t \times L \times \gamma) + (w \times L)] \times 10^{-6} \quad (1)$$

B adalah berat profil permeter (kg/m), L adalah lebar material bahan baku pembentuk profil (mm), t adalah tebal nominal material bahan baku pembentuk profil (mm), w adalah berat lapisan (g/m²), dan γ adalah massa jenis baja [3]. Penggunaan profil baja struktur ringan saat ini sudah berkembang tidak hanya untuk penggunaan struktur rangka atap tapi sudah dikembangkan untuk penggunaan lainnya distruktur bangunan statik [4,5,6,7,8]. Untuk meningkatkan kekuatan profil baja struktur ringan mulai dikembangkan material dengan meningkatkan ketahanan terhadap deformasi plastis [9]. Profil baja struktur ringan dibuat dengan proses pembentukan dingin dari lembaran baja tipis yang sudah dilapisi aluminium-seng-magnesium sebagai pelindung permukaan terhadap korosinya. Proses pembentukan dilakukan dengan proses pengerolan secara bertahap. Proses ini relatif sederhana sehingga proses tersebut bisa dilakukan oleh industri kecil seperti pada Gambar 2.



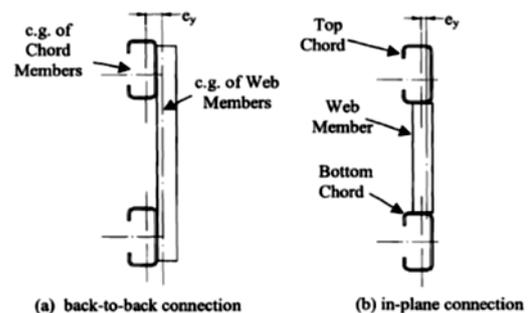
Gambar 2. Proses pembuatan profil baja struktur ringan [8].

Proses pembuatan di industri kecil sering terhambat akibat keterbatasan mendapatkan bahan baku dipasaran, akibatnya industri kecil tersebut sering menggunakan bahan baku dengan ketebalan dibawah standar yang sudah ditentukan. Akibatnya kualitas profil yang dihasilkannya dibawah standar.



Gambar 3. Proses pembuatan profil baja struktur ringan di industri kecil.

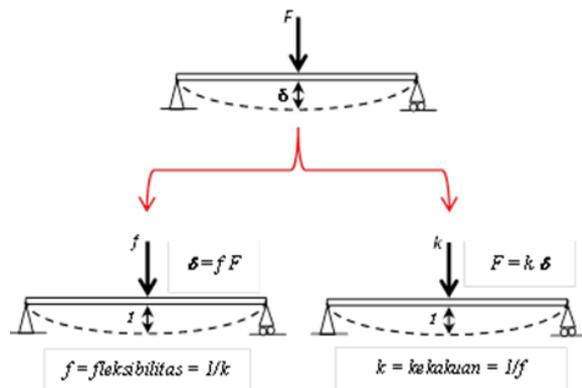
Peningkatan kekuatan struktur pada pemasangan konstruksi dengan profil baja struktur ringan umumnya dilakukan dengan memperapat posisi pemasangan *bracing* pada kuda-kuda atau *bracing* pada pemosisian kuda-kuda baik pada saat dipasang. Metode penguatan cara ini dianggap kurang efisien karena profil yang digunakan akan semakin banyak dan struktur yang dibuat akan memiliki bobot yang lebih besar, ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 4. Peningkatan kekuatan struktur dengan pengembangan penempatan sambungan [12].

Metode lain untuk meningkatkan kekuatan struktur adalah dengan mengoptimalkan kekakuan profil pada saat pemasangan [10,11,12]. Cara yang dikembangkan adalah pada penyusunan profil tersebut yaitu: *back-to-back connection* atau *in-plane connection* cara pertama adalah cara yang umum digunakan karena proses pemasangannya mudah dilakukan akan tetapi bobot struktur akan semakin berat, sedangkan cara kedua bobot struktur bisa lebih ringan akan tetapi proses pemasangan sulit dan dibutuhkan pelat pengikat antar profil yang akan

disambung [12]. Peningkatan kekuatan struktur dimulai dari peningkatan nilai kekakuan profil penyusun struktur, jika kekakuan profil dapat ditingkatkan maka kekuatan struktur yang dibentuk oleh profil tersebut akan lebih kuat. Kekakuan adalah gaya yang diperlukan untuk menghasilkan perpindahan, sedangkan fleksibilitas adalah perpindahan yang dihasilkan oleh gaya yang diberikan. Perpindahan yang terjadi pada suatu batang sangat ditentukan oleh nilai inersia penampang batangnya, hubungan antara gaya, kekakuan dan fleksibilitas seperti yang telah disebutkan, dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara gaya, kekakuan dan fleksibilitas.

Hal penting yang menjadi pertimbangan dalam struktur bangunan adalah masalah kekakuan dan fleksibilitas strukturnya. Kekakuan adalah gaya yang diperlukan untuk menghasilkan perpindahan, sedangkan fleksibilitas adalah perpindahan yang dihasilkan oleh gaya yang diberikan. Perpindahan yang terjadi pada suatu batang sangat ditentukan oleh nilai inersia penampang batangnya. Perpindahan atau defleksi pada batang seperti terlihat pada Gambar 5 didefinisikan pada Persamaan (2).

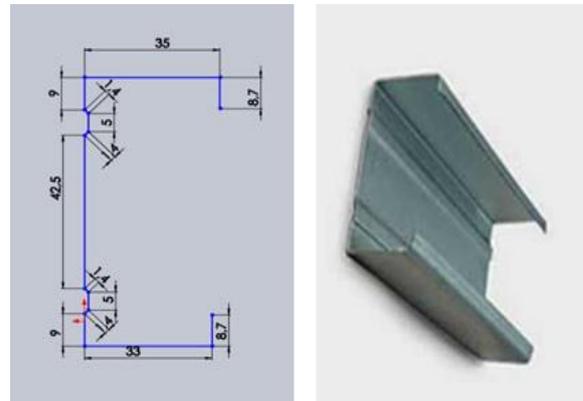
$$\delta = -\frac{Fl^3}{48EI} \quad (2)$$

l adalah panjang batang, E modulus elastisitas material, dan I momen inersia penampang batang. Modulus elastisitas adalah sifat mekanik dari material, sedangkan inersia adalah sifat kecenderungan untuk menolak terhadap perubahan fisik yang terjadi. Maka dengan meningkatkan nilai inersia penampangnya maka batang tersebut akan menjadi lebih kaku.

2. Metode

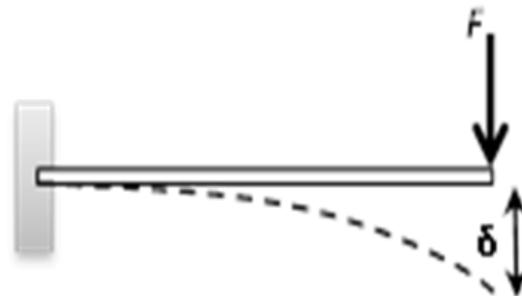
Parameter untuk menilai kekuatan struktur yang disusun oleh profil jenis ini adalah jumlah atau tingkat kerapatan pemasangan dan tingkat kekakuan profil penyusunnya, semakin kaku profil baja penyusun maka akan semakin kuat strukturnya. Kekakuan profil baja struktur ringan terhadap beban lentur ditentukan oleh besar nilai inersia penampang profilnya seperti yang dicontohkan pada Gambar 6.

Inersia penampang ditentukan oleh bentuk penampang profil tersebut, semakin besar nilai inersia penampangnya maka akan semakin kaku profil tersebut terhadap beban lenturan.



Gambar 6. Bentuk penampang profil C baja struktur ringan SNI-1729:2015.

Analisis kekakuan dilakukan dengan memberikan beban pada batang yang ditumpu dengan model pembebanan pada batang *cantilever* dengan panjang 1 m dan pembebanan 10 kg seperti pada Gambar 7. Bentuk penampang batang adalah bentuk penampang profil baja ringan SNI-1729:2015.



Gambar 7. Model pembebanan cantilever.

Defleksi maksimum yang terjadi untuk pembebanan model *cantilever* didefinisikan pada Persamaan (3).

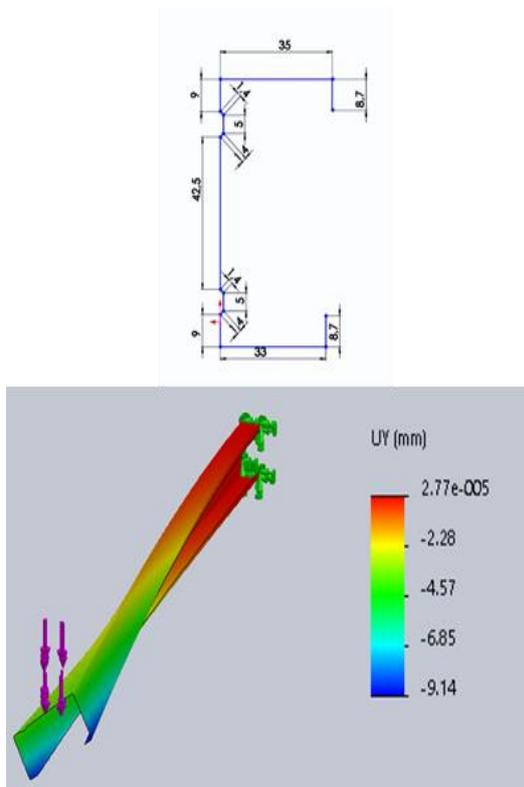
$$\delta = -\frac{Fl^3}{3EI} \quad (3)$$

Bentuk penampang batang selanjutnya dimodifikasi. Modifikasi didasarkan pada bentuk penampang awal yaitu bentuk penampang dengan ukuran yang sesuai dengan SNI-1729:2015. Analisis defleksi dilanjutkan pada beberapa batang dengan bentuk penampang hasil modifikasi dengan panjang batang, ketebalan pelat dan besar beban konstan. Pengembangan model penampang terus dilakukan sampai diperoleh nilai defleksi yang terjadi memiliki nilai yang paling kecil. Analisis tersebut dilakukan secara numerik dengan bantuan perangkat lunak Solidworks.

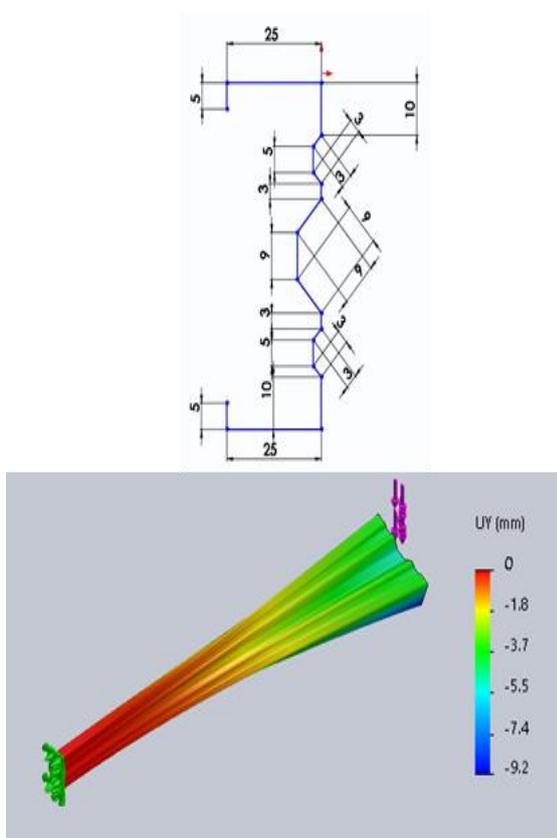
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis defleksi pada batang pada batang dengan bentuk penampang SNI-1729:2015 diperoleh

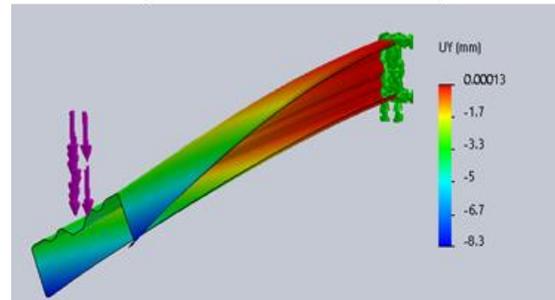
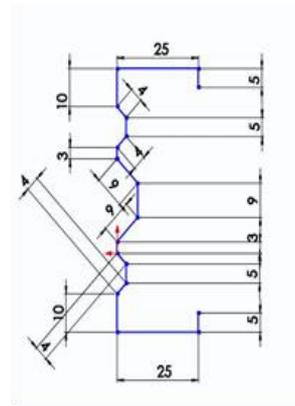
besar defleksi sebesar 9,14 mm, ditunjukkan pada Gambar 8, Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 8. Defleksi penampang profil C baja struktur ringan SNI-1729:2015.



Gambar 9. Defleksi penampang profil C baja struktur ringan SNI-1729:2015 hasil modifikasi penampang 1.



Gambar 10. Defleksi penampang profil C baja struktur ringan SNI-1729:2015 hasil modifikasi penampang 2.

Analisis defleksi pada batang dengan perubahan model penampang 1 dan 2 dengan besar pembebanan, panjang batang, dan tebal plat yang sama dengan batang dengan bentuk penampang SNI-1729:2015 diperoleh hasil modifikasi penampang 1 dan 2 diperoleh besar defleksi sebesar 9,2 mm dan 8,3 mm.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis defleksi yang dilakukan secara numerik pada bentuk penampang profil baja struktur ringan SNI-1729:2015 diperoleh hasil sebesar 19,14 mm, dari bentuk penampang profil tersebut dilakukan pengembangan atau modifikasi model penampangnya, diperoleh hasil modifikasi penampang 1 dan 2 diperoleh besar defleksi sebesar 9,2 mm dan 8,3 mm. Hasil tersebut menunjukkan modifikasi yang dilakukan pata meningkatkan nilai inersia penampangnya sehingga defleksi yang terjadi menjadi lebih kecil dari defleksi bentuk penampang sebelumnya. Bentuk penampang yang memberikan nilai defleksi yang paling kecil saat ini adalah bentuk penampang 2. Bentuk ini masih terus dikembangkan sampai diperoleh bentuk penampang yang memberikan nilai inersia yang paling besar dan defleksi yang paling kecil. Pengembangan bentuk penampang yang dipilih akan dipertimbangkan dengan tingkat kesulitan pembentuk model penampang tersebut

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Teknik Universitas Pasundan yang telah membiayai kajian ini.

Daftar Pustaka

- [1] SNI-1729;2015, “Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktur”, Badan Standarisasi Nasional, 2015
- [2] Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2009, “Buku Informasi Materi Pelatihan Berbasis Kompetensi Bidang Konstruksi Sub Bidang Sipil”, Jakarta.
- [3] Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018, “Katalog Produk Baja Ringan”, Jakarta.
- [4] J. Michael Davies, 2006, ”Light gauge steel cassette wall construction—theory and practice”, *Journal of Constructional Steel Research* 62 1077–1086
- [5] Milan Veljkovic, 2006, “Light steel framing for residential buildings”, *Thin-Walled Structures* 44 1272–1279
- [6] R.M. Lawson, 2008, ” ‘Hybrid’ light steel panel and modular systems”, *Thin-Walled Structures* 46 720– 730
- [7] Mark Gorgolewski, 2007, ” Developing a simplified method of calculating U-values in light steel framing”, *Building and Environment* 42 230–236
- [8] Amarildo V. Moreira, JR, 2015, “Design Analysis of Structures for Residential Light Steel Framing Systems”, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 4 Issue 08.
- [9] Je Doo Yoo, 2008, ” Microband-induced plasticity in a high Mn–Al–C light steel”, *Materials Science and Engineering A* 496 417–424.
- [10] Congxiao Zhao, 2014, ” Rotational stiffness of cold-formed steel roof purlin–sheeting Connections”, *Engineering Structures* 59 284–297.
- [11] K. Ruus, B. D. Handono dan R. Pandaleke, 2017, “Pengaruh Bentuk Badan Profil Baja Ringan,” *Jurnal Sipil Statik*, vol. V, no. 5, pp. 249-262.
- [12] Xu, L. and Min, H., 2000, "Optimum Design of Cold Formed Steel Residential Roof Trusses". *International Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures*.