

ANALISIS DEFLEKSI PADA MATERIAL BAJA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PLAT PENGUAT

Kristian Selleng

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako
Jl. Sukarno-Hatta Km.9 Tondo, Palu 94119
Email: utamapratama@yahoo.com

Abstract: Deflection Analysis on Light Steel Materials with Using Reinforcing Plates. The aim of this research is to analyze the deflection on light steel materials theoretically and experimentally with variations of reinforcement plates. Double integration method is used for theoretical analysis, while the testing methods used for experimental analysis. The support used were the fixed support, using on light steel materials with dimensions of length 1500 mm, width 60 mm and thickness 0.65 mm. The results of the study obtained: the maximum deflection occurs at without reinforcing plate ($y_{\text{eksp}} = 2.09$ mm; $y_{\text{teo}} = 1.06$ mm), one reinforcing plates ($y_{\text{eksp}} = 1.94$ mm; $y_{\text{teo}} = 0.62$ mm), and three reinforcing plates ($y_{\text{eksp}} = 1.23$ mm; $y_{\text{teo}} = 0.62$ mm). Deflection occurs of experimentally and theoretically at using three reinforcing plates is smaller when compared with at two reinforcing plates, one reinforcing plates and without reinforcing plate. The value of deflection obtained experimentally was greater than value obtained theoretically with the maximum error percentage of 69.43%.

Keyword: Deflection, light steel, reinforcing plates.

Abstrak: Analisis Defleksi pada Material Baja Ringan dengan Menggunakan Plat Penguat. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis defleksi pada material baja ringan secara teoritis dan secara eksperimental dengan variasi plat penguat. Metode integrasi ganda digunakan untuk analisis secara teoritis, sedangkan metode pengujian digunakan untuk analisis eksperimental. Tumpuan yang digunakan dalam penelitian adalah tumpuan jepitan, menggunakan material baja ringan dengan dimensi panjang 1500 mm, lebar 60 mm dan tebal 0,65 mm. Hasil penelitian yang diperoleh adalah : defleksi maksimum yang terjadi pada material tanpa plat penguat : ($y_{\text{eksp}} = 2,09$ mm; $y_{\text{teo}} = 1,06$ mm), satu plat penguat ($y_{\text{eksp}} = 1,94$ mm; $y_{\text{teo}} = 0,62$ mm), dua plat penguat ($y_{\text{eksp}} = 1,70$ mm; $y_{\text{teo}} = 1,06$ mm) dan tiga plat penguat ($y_{\text{eksp}} = 1,23$ mm; $y_{\text{teo}} = 0,62$ mm). Defleksi yang terjadi secara eksperimental maupun secara teoritis pada penggunaan tiga plat penguat lebih besar jika dibandingkan dengan defleksi yang terjadi pada penggunaan dua plat penguat, satu plat penguat dan tanpa plat penguat. Defleksi yang diperoleh secara eksperimental lebih besar jika dibandingkan dengan secara teoritis dengan prosentase kesalahan maksimum 69,43 %.

Kata Kunci: Defleksi, baja ringan, plat penguat.

PENDAHULUAN

Tingkat kebutuhan akan pembangunan dibidang infrastruktur terutama rangka atap sangat tinggi, olehnya itu diperlukan material alternatif sebagai pengganti kayu yang dapat digunakan sebagai rangka atap. Baja tipis (*thin slabs*) dengan lapisan

zincalume yang kemudian diproses *cold rolled steel (Cold Formed Steel)* merupakan salah satu material alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan ini. Tahun 1850 di Inggris dan Amerika merupakan awal penggunaan *Cold Formed Steel* dalam konstruksi bangunan, namun belum banyak digunakan sampai pada tahun

1940. Akhirnya pada tahun 1946, AISI (*American Iron and Steel Institute*) (Shanmugan, 2006) membuat buku spesifikasi tentang baja ringan dengan judul *Specification for The Design of Cold Formed Steel Structural Members* yang bertujuan sebagai salah satu panduan dan standar yang akan digunakan dalam pemakaian baja ringan dibidang infrastruktur.

Penelitian-penelitian mengenai profil ringan terus dilakukan untuk mendapatkan kekuatan dan kekakuan yang terbaik. Pengaku profil *cold formed steel* dengan menggunakan *intermediate stiffener* (pengaku tengah), untuk mengurangi terjadinya *local buckling*, sesuai model dari penampang profil. Di Indonesia disebut *Light Steel Frame* (rangka baja ringan), dengan beberapa model profil, antara lain: *C-Sections*, ***Hat Sections (HS)***, *Z-sections*, *I-sections*, *T sections*.

Jenis profil baja yang memiliki dimensi ketebalan relatif tipis dengan rasio dimensi lebar setiap elemen profil terhadap tebalnya yang sangat besar adalah baja ringan. Oleh karena dimensi ketebalan relatif tipis, maka pembentukan profil dapat dilaksanakan dengan menggunakan proses pembentukan dingin (*cold forming processes*). Di dalam proses ini, profil dibentuk dari pelat atau lembaran baja menjadi bentuk yang diinginkan melalui mesin rol atau mesin tekuk pelat (*rolling, 2 press* atau *bending brake machines*) pada suhu ruangan. Ketebalan plat baja yang umumnya digunakan sebagai bahan dasar pembentukan profil biasanya berkisar 0,3 mm hingga 6 mm, tetapi pernah juga dilaporkan bahwa pembentukan dingin profil jenis ini berhasil dilaksanakan dengan bahan baku pelat baja setebal 18 mm (Sutresman, 2014).

Profil *Hat-Sections* diperkenalkan sebagai material alternatif untuk sistem

struktur truss yang terbuat dari pelat baja tipis ketebalan 0,8 mm yang dilapisi zing aluminium dan magnesium. Profil ini mempunyai sifat baja tipis dan ringan tetapi memiliki fungsi setara dengan baja konvensional. *Hat-sections* ini diciptakan untuk memudahkan perakitan dan konstruksi. Walaupun tipis tetapi memiliki kekuatan tarik sampai 550 Mpa (Sutresman, 2013).

Kemampuan untuk menentukan beban maksimum yang dapat diterima oleh suatu konstruksi sangat penting. Olehnya itu, dalam aplikasi keteknikan, kebutuhan tersebut haruslah disesuaikan dengan pertimbangan ekonomis dan pertimbangan teknis, seperti kekuatan, kekakuan, dan kestabilan. Hal penting yang harus menjadi perhatian dalam mendesain konstruksi elemen mesin, pesawat pengangkat dan konstruksi jembatan adalah besarnya defleksi pada elemen yang diakibatkan oleh beban sendiri maupun beban luar. Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur yang dipengaruhi oleh adanya komponen menyimpang dari fungsi utamanya, walaupun tegangan yang terjadi masih lebih kecil daripada tegangan yang diijinkan (Popov, E.P (1993).

Penambahan plat cover di tengah batang dengan ketebalan cover plat 2 mm, 3 mm dan 5 mm pada baja ringan profil C mempengaruhi defleksi, semakin tebal plat cover yang digunakan maka semakin kecil defleksi yang ditimbulkan akibat beban yang diberikan (Hanggarsari, 2012).

Hasil penelitian Sutresman (2013), menunjukkan bahwa penggunaan plat diafragma (PLD) mempengaruhi defleksi baja ringan profil hat section dimana simulasi metode elemen hingga dengan menggunakan software ANSYS diperoleh defleksi maksimum untuk yang tanpa menggunakan PLD sebesar

14,3460 mm, satu PLD sebesar 6,5094 mm dan untuk yang menggunakan tiga PLD sebesar 6,1590 mm. Sedangkan yang dilakukan secara eksperimental didapatkan nilai defleksi maksimum untuk yang tanpa menggunakan PLD sebesar 14,48 mm, satu PLD sebesar 14,38 mm, dan untuk yang menggunakan tiga PLD sebesar 14,09 mm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan tiga PLD kekuatannya lebih tinggi jika dibandingkan dengan yang menggunakan satu PLD maupun yang tanpa menggunakan PLD pada profil baja ringan HS-75.

Menurut Mustafa (2007), bahwa defleksi yang diperoleh secara eksperimental lebih besar jika dibandingkan dengan defleksi secara teoritis, dan besarnya defleksi maksimum cenderung terjadi pada pertengahan batang untuk tumpuan jepit-jepit.

Adanya teknologi yang semakin maju menuntut penggunaan baja ringan untuk dapat meningkatkan kualitasnya, sehingga dibutuhkan suatu cara untuk meningkatkan kekuatan dari baja ringan tersebut, khususnya pada defleksi yang terjadi. Penambahan Plat penguat diharapkan dapat meningkatkan kekuatan baja ringan (Rismanto, 2017).

Salah satu variabel yang sangat berpengaruh dalam penentuan defleksi adalah elastisitas suatu material. Elastisitas merupakan sifat yang menyebabkan sebuah benda kembali ke bentuk semula apabila gaya yang bekerja padanya dihilangkan. Sifat elastis ini digolongkan menjadi dua bagian, yaitu elastis sempurna dan elastis parsial. Sebuah benda yang kembali sepenuhnya kepada bentuk semula dikatakan elastis sempurna, dimana usaha yang dilakukan oleh gaya-gaya luar selama deformasi

sepenuhnya ditransformasikan menjadi energi potensial regangan. Sedangkan benda yang tidak kembali sepenuhnya kepada bentuk semula dikatakan elastis parsial, dimana sebagian dari usaha yang dilakukan oleh gaya luar selama deformasi diubah ke dalam bentuk panas yang timbul dalam benda tersebut selama berlangsungnya deformasi non elastic.

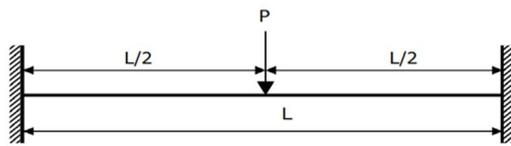
Salah satu metode yang dapat dipergunakan untuk menyelesaikan persoalan-persoalan defleksi pada balok adalah metode integrasi ganda (*double integrations*). Metode ini sangat cocok dipergunakan untuk mengetahui defleksi sepanjang batang. Asumsi yang dipergunakan untuk menyelesaikan persoalan tersebut adalah hanyalah defleksi yang diakibatkan oleh gaya-gaya yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu balok, defleksi yang terjadi relatif kecil dibandingkan dengan panjang baloknya, dan irisan yang berbentuk bidang datar akan tetap berupa bidang datar walaupun terdeformasi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis defleksi yang terjadi pada baja ringan baik secara teoritis maupun secara eksperimental dengan variasi plat penguat.

METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan melakukan pengujian defleksi untuk menganalisis defleksi secara eksperimental dan menggunakan metode integrasi ganda untuk menganalisis secara teoritis. Pada analisis defleksi secara teoritis, metode integrasi ganda menjadi dasar yang digunakan untuk menurunkan persamaan defleksi sesuai dengan tumpuan jepit-jepit seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Model Tumpuan jepit-jepit yang digunakan dalam penelitian

Persamaan defleksi yang digunakan berdasarkan Gambar 2 adalah:

Untuk : $0 \leq x \leq L/2$

$$y = -\frac{1}{EI} \left(\frac{Px^3}{12} - \frac{PLx^2}{16} \right) \quad (1)$$

Untuk : $L/2 \leq x \leq L$

$$y = -\frac{1}{EI} \left(\frac{Px^3}{12} - \frac{P(x - L/2)^3}{6} - \frac{PLx^2}{16} \right) \quad (2)$$

Prosentase kesalahan defleksi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$PK = \left| \frac{\text{Hasil Eksp} - \text{Hasil Teoritis}}{\text{Hasil Eksp}} \right| \times 100\% \quad (3)$$

B. Peralatan, Bahan dan Metode Pengambilan Data

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat uji tarik (Gambar 4) dan seperangkat alat uji defleksi (Gambar 5) seperti ditunjukkan berikut:

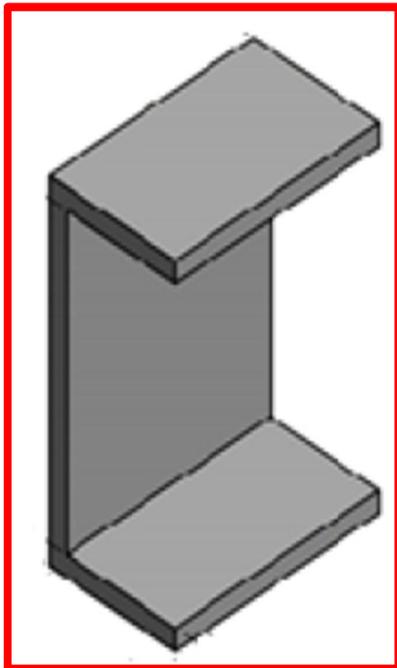


Gambar 4. Alat Uji Tarik



Gambar 5. Alat Uji Defleksi

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja ringan profil C. Sedangkan bentuk plat penguat yang digunakan adalah menggunakan material baja ringan dengan panjang 1500 mm, lebar 60 mm dan tebal plat adalah 0.65 mm. seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Bentuk plat penguat

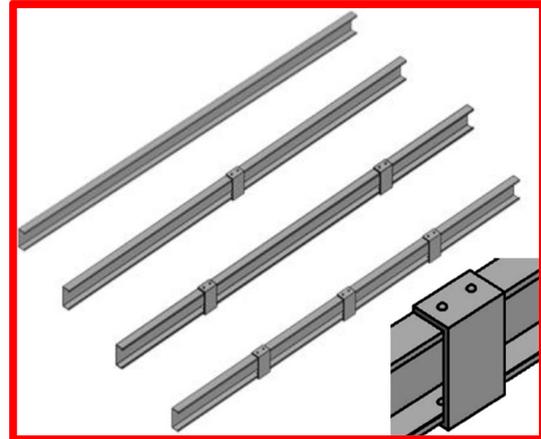
Jenis sambungan yang digunakan adalah Baut (screw) ukuran 12-14 x 20 seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Baut yang digunakan

Sistematika dalam pelaksanaan penelitian ini adalah meletakkan plat

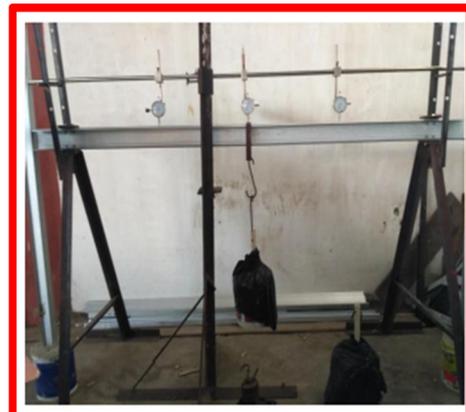
penguat pada bagian depan seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Spesimen dengan pelatakan plat penguat

Adapun langkah pelaksanaan pengujian defleksi secara eksperimental sebagai berikut:

- Menyiapkan spesimen uji defleksi
- Memasang plat penguat pada spesimen uji defleksi dengan tebal 0.65 mm
- Memasang tumpuan jepit-jepit.
- Memasang spesimen uji di atas tumpuan secara vertikal
- Meletakkan dial gauge setiap jarak 375 mm, 750 mm dan 1125 mm dengan menset dial gauge pada posisi nol.
- Memberikan beban sebesar 5 kg; 8 kg dan 11 kg dan mencatat besarnya defleksi yang terjadi untuk masing-masing beban yang diberikan.



Gambar 9. Pemberian beban

Adapun langkah penentuan defleksi secara teoritis adalah:

- a. Menggambar sistematika tumpuan jepit dengan posisi pembebanan yang digunakan.
- b. Menggunakan rumus yang sesuai berdasarkan kondisi tumpuan dan posisi pembebanan yang diberikan.
- c. Menghitung momen inersia berdasarkan bentuk material yang digunakan.
- d. Menghitung defleksi sesuai dengan pembebanan yang diberikan.

HASIL DAN DISKUSI

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui beberapa sifat mekanik material yang sangat dibutuhkan dalam desain rekayasa, diantaranya adalah nilai modulus elastisitas. Nilai modulus elastisitas yang diperoleh merupakan salah satu variabel yang akan menentukan analisis secara teoritis. Nilai modulus elastisitas yang diperoleh dari pengujian tarik sebesar 1775,168 kg/mm².

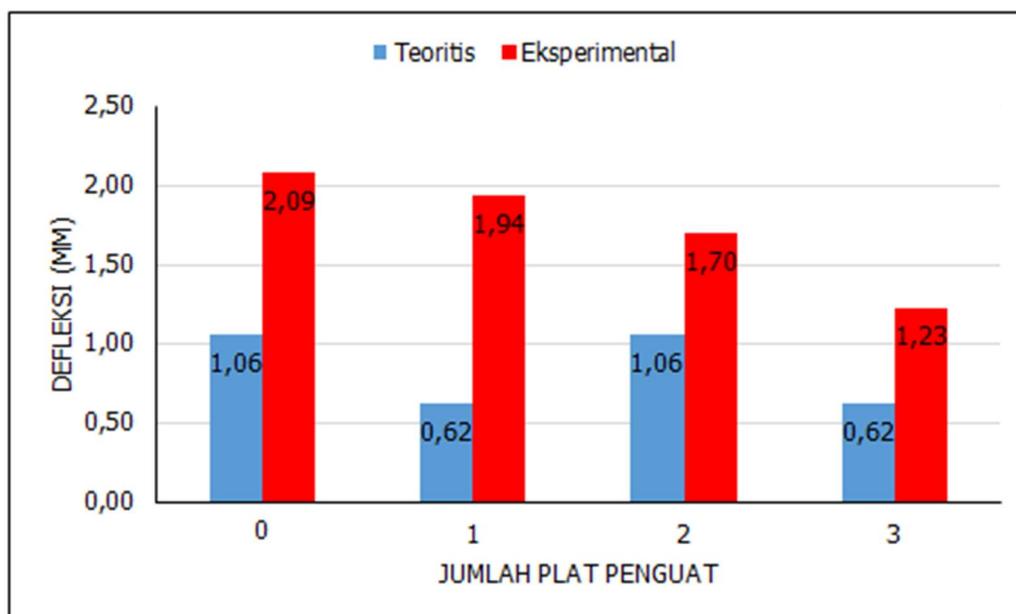
Tabel 1, Tabel 2, Gambar 10 dan Gambar 11 merupakan dasar untuk menganalisis defleksi yang terjadi. Hasil perhitungan secara teoritis seperti yang tercantum pada Tabel 1 diperoleh berdasarkan persamaan 1 sampai persamaan 3.

Tabel 1. Hasil Pengujian Defleksi Secara Eksperimental dan Teoritis

No	Spesimen	Beban (Kg)	Jarak (mm)									
			0		375		750		1125		1500	
			Teo	Eks	Teo	Eks	Teo	Eks	Teo	Eks	Teo	Eks
1	Tanpa Plat Penguat	5	0,00	0,00	0,24	0,46	0,48	0,97	0,24	0,57	0,00	0,00
		8	0,00	0,00	0,38	0,77	0,77	1,51	0,38	0,93	0,00	0,00
		11	0,00	0,00	0,53	1,09	1,06	2,09	0,53	1,31	0,00	0,00
2	1 Plat Penguat Posisi Depan	5	0,00	0,00	0,24	0,44	0,28	0,91	0,24	0,49	0,00	0,00
		8	0,00	0,00	0,38	0,73	0,45	1,47	0,38	0,73	0,00	0,00
		11	0,00	0,00	0,53	0,94	0,62	1,94	0,53	0,94	0,00	0,00
3	2 Plat Penguat Posisi Depan	5	0,00	0,00	0,14	0,41	0,48	0,83	0,14	0,39	0,00	0,00
		8	0,00	0,00	0,22	0,64	0,77	1,20	0,22	0,61	0,00	0,00
		11	0,00	0,00	0,31	0,88	1,06	1,70	0,31	0,84	0,00	0,00
4	3 Plat Penguat Posisi Depan	5	0,00	0,00	0,14	0,35	0,28	0,43	0,14	0,32	0,00	0,00
		8	0,00	0,00	0,22	0,53	0,45	0,83	0,22	0,53	0,00	0,00
		11	0,00	0,00	0,31	0,74	0,62	1,23	0,31	0,74	0,00	0,00

Tabel 2. Prosentase Kesalahan Antara Hasil Pengujian Defleksi Secara Eksperimental dan Teoritis.

No	Spesimen	Beban (Kg)	Persentase Kesalahan (%)				
			Jarak (mm)				
			0	375	750	1125	1500
1	Tanpa Plat Penguat	5	0,00	48,18	50,22	57,52	0,00
		8	0,00	49,78	49,04	58,54	0,00
		11	0,00	51,38	49,33	59,50	0,00
2	1 Plat Penguat Posisi Depan	5	0,00	45,10	69,17	50,53	0,00
		8	0,00	47,44	69,43	47,59	0,00
		11	0,00	43,84	68,19	43,96	0,00
3	2 Plat Penguat Posisi Depan	5	0,00	65,79	42,06	63,66	0,00
		8	0,00	65,15	35,99	63,09	0,00
		11	0,00	64,93	37,69	63,44	0,00
4	3 Plat Penguat Posisi Depan	5	0,00	59,70	35,36	55,89	0,00
		8	0,00	57,66	45,79	57,82	0,00
		11	0,00	58,52	49,91	58,30	0,00

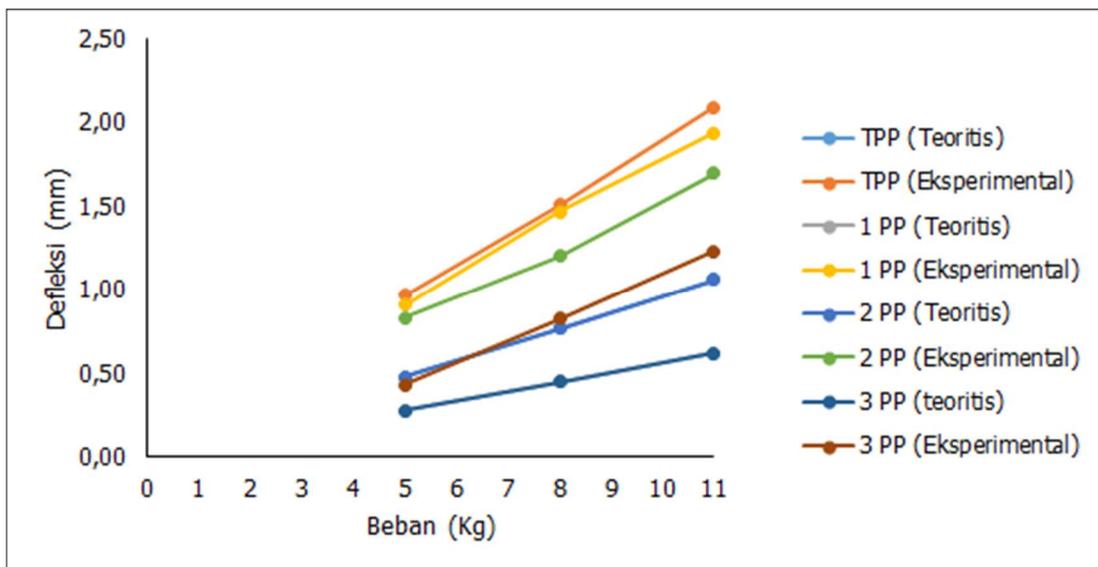


Gambar 10. Grafik Hubungan Defleksi (y) Terhadap Jumlah Plat Penguat (PP) Pada Pertengahan Batang

Gambar 10 menunjukkan bahwa defleksi yang terjadi pada baja ringan profil C dengan variasi jumlah plat penguat pada posisi depan profil.

Dimana penambahan plat penguat satu pada tengah batang jarak 750 mm, dua plat penguat pada jarak 375 mm dan 1125 mm dan tiga plat penguat pada jarak 375 mm, 750 mm dan 1125 mm. Defleksi maksimum yang terjadi pada material tanpa plat penguat adalah 2,09 mm secara eksperimental dan 1,06 mm secara teoritis. Penggunaan satu plat penguat menghasilkan defleksi maksimum 1,94 mm secara eksperimental dan 0,62 mm secara teoritis. Untuk penggunaan dua plat penguat menghasilkan defleksi maksimum sebesar 1,70 mm secara eksperimental dan 1,06 mm secara teoritis. Sedangkan defleksi maksimum yang

dihasilkan untuk penggunaan tiga plat penguat adalah 1,23 mm secara eksperimental dan 0,62 mm secara teoritis. Berdasarkan hal tersebut menunjukkan bahwa kekuatan yang terjadi pada material penggunaan tiga plat penguat lebih besar jika dibandingkan dengan penggunaan dua plat penguat, satu plat penguat dan tanpa plat penguat. Hal ini juga menunjukkan bahwa bertambah jumlah plat penguat pada jarak-jarak tertentu maka akan dapat mengurangi terjadinya defleksi atau meningkatnya kekuatan material, yang disebabkan meningkatnya kekakuan pada material tersebut.



Gambar 11. Grafik Hubungan Defleksi (y) Terhadap Beban (P) Pada Pertengahan Batang

Gambar 11 menjelaskan bahwa peningkatan defleksi dipengaruhi pembebanan yang diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa defleksi berbanding lurus terhadap pembebanan yang diberikan. Pada Gambar 11 diperoleh bahwa defleksi yang terjadi pada material untuk beban 5 kg tanpa plat penguat adalah 0,97 mm secara eksperimental dan 0,48 mm secara teoritis. Untuk penggunaan satu plat penguat menghasilkan defleksi 0,91 mm secara eksperimental dan 0,28 mm

secara teoritis. Pada penggunaan dua plat penguat menghasilkan defleksi maksimum sebesar 0,83 mm secara eksperimental dan 0,48 secara teoritis. Sedangkan defleksi yang dihasilkan untuk penggunaan tiga plat penguat adalah 0,43 mm secara eksperimental dan 0,28 mm secara teoritis. Defleksi secara teoritis terdapat kesamaan antara nilai defleksi antara tanpa plat penguat dan dua plat penguat, satu plat penguat dan tiga plat penguat. Hal ini disebabkan karena peletakan plat

penguat sehingga nilai defleksi secara teoritis terjadi kesamaan.

Pada Gambar 10 dan Gambar 11 juga menunjukkan bahwa hasil defleksi secara eksperimental lebih besar dibandingkan dengan hasil secara teoritis. Hal ini disebabkan oleh nilai elastisitas dan momen inersia yang terdapat pada perhitungan defleksi secara teoritis diasumsikan tidak mengalami perubahan, karena sifat materialnya dianggap homogen atau seragam, sedangkan pada pengujian eksperimental nilai elastisitas dan momen inersia tidak sama, hal ini disebabkan oleh sifat material yang diuji tidak menjamin homogen atau seragam.

Pada Tabel 2 dan Gambar 11 juga menunjukkan adanya perbedaan hasil defleksi yang diperoleh secara eksperimental dan teoritis dengan dengan prosentase kesalahan maksimum sebesar 69,43 % yang terjadi pada pertengahan batang.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian adalah:

1. Semakin bertambah jumlah plat penguat maka defleksi yang terjadi semakin kecil atau meningkatnya kekuatan material.
2. Defleksi maksimum yang terjadi pada material tanpa plat penguat : ($y_{\text{eksp}} = 2,09$ mm; $y_{\text{teo}} = 1,06$ mm), 1 plat penguat ($y_{\text{eksp}} = 1,94$ mm; $y_{\text{teo}} = 0,62$ mm), 2 plat penguat ($y_{\text{eksp}} = 1,70$ mm; $y_{\text{teo}} = 1,06$ mm), 3 plat penguat ($y_{\text{eksp}} = 1,23$ mm; $y_{\text{teo}} = 0,62$ mm).
3. Defleksi yang terjadi semakin meningkat seiring dengan penambahan pembebanan yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

Hanggarsari, K., 2012, "Analisi Dan Pengujian Model Baja Ringan

Dengan Variasi Cover Plat", Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jember.

Mustafa. 2007. Perbandingan Analisa Teoritis dan Eksperimental Defleksi pada Balok Segi empat dengan Variasi Material. *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan* ISSN 1829-8133 Vol. 4 No. 2. Universitas Tadulako.

Onny S Sutresman. 2014. Penggunaan Plat Diafragma (PLD) Mempengaruhi Defleksi Baja Ringan Profil Hat Section. *Prosiding Digital SNTTM XIII* ISBN 978-602-98412-3-7. Universitas Indonesia.

Popov, E.P. 1993. *Mechanics of Materials*. Erlangga, Jakarta.

Rismanto. 2017. Analisis Teoritis dan Eksperimental Defleksi pada Baja Ringan Profil C dengan Variasi Jumlah dan Posisi Plat Penguat.

Shanmugam, N.E., 2006. *Thin Walled Structural Elements Containing Opening*. *International Conference Thin Walled Structures*, Elsevier Science Ltd. The National University Singapore.

Sutresman O, dkk, 2013, "Increased Bending Strength of Cold-Formed Steel HS-75 Using Diaphragm Plates. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 7(11) Sept.2013, Pages.520-529