

## Penggunaan Plat Diafragma (PLD) Mempengaruhi Defleksi Baja Ringan Profil Hat Section

Onny S Sutresman<sup>1, a \*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia  
Email: <sup>a</sup>onny.sutresman@gmail.com

### Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh PLD terhadap fenomena defleksi yang terjadi pada profil HS-75 dengan menggunakan metode numerik dan eksperimental.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya peningkatan beban yang diberikan akan mempengaruhi peningkatan defleksi yang terjadi. Dari hasil simulasi metode elemen hingga dengan menggunakan ansys diperoleh bahwa defleksi maksimum yang terjadi adalah 14,3460 mm (tanpa PLD), 6,5094 mm (satu PLD) dan 6,1590 mm (tiga PLD). Sedangkan secara eksperimental diperoleh defleksi maksimum sebesar 14,48 mm (tanpa PLD), 14,38 mm (satu PLD) dan 14,09 mm (tiga PLD). Hasil tersebut menunjukkan bahwa profil baja ringan HS-75 yang menggunakan tiga PLD mempunyai kekuatan yang lebih besar jika dibandingkan dengan profil baja ringan yang menggunakan satu PLD dan tanpa PLD. Adanya perbedaan antara hasil simulasi dan eksperimental dipengaruhi oleh karena profil HS-75 dianggap menyatu dengan PLD (data hasil simulasi), sedangkan pada eksperimental, PLD dipasang pada profil HS-75 dengan menggunakan empat buah *sel drilling screw*, yang tentunya akan mengurangi momen inersianya dari adanya pelubangan *screw*, yang mengakibatkan adanya peningkatan defleksi.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa material yang menggunakan tiga PLD mempunyai kekuatan yang lebih besar jika dibandingkan dengan material yang menggunakan satu PLD dan tanpa PLD.

**Kata kunci** : defleksi, HS-75, Ansys, PLD

### Latar belakang

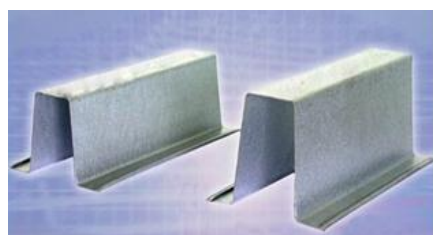
Laju pembangunan infrastruktur yang cukup tinggi, mengharuskan perlunya dicari material alternatif sebagai pengganti kayu yang dapat digunakan sebagai rangka atap. Salah satu material alternatif adalah baja tipis (*thin slabs*) dengan lapisan *zincalume* lalu diproses *cold rolled steel* [1]. Konstruksi bangunan yang menggunakan *Cold Formed Steel* ini sudah dimulai sejak 1850 di Amerika dan Inggris, dan sejak tahun 1946 perkembangannya dipercepat dengan membuat buku spesifikasi dengan edisi khusus berjudul *Specification for The Design of Cold Formed Steel Structural Members* oleh AISI [2].

*Cold Formed Steel Structural members* mempunyai keunggulan dalam hal sebagai berikut: kekuatan dan kekakuan yang tinggi, tidak ada muai susut dalam kondisi cuaca, mudah dalam fabrikasi dan produksi dalam jumlah besar, kualitas yang merata (*uniform*), tidak mudah terbakar, *detailing* yang lebih akurat, material dapat didaur ulang dan ramah lingkungan, struktural *life time* tinggi.

Salah satu kajian yang dilakukan untuk memperoleh kekuatan dan kekakuan yang terbaik pada profil *cold formed steel* adalah menggunakan *intermediate stiffener* [3]. Rangka atap baja ringan

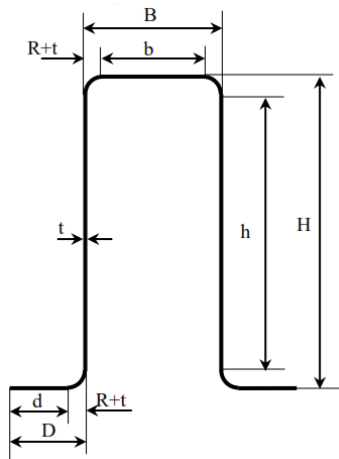
yang diproduksi di Indonesia menggunakan bahan dasar baja dengan kekuatan tarik G-550 Mpa atau setara dengan 550 Mpa sesuai standar AISI [4]. Aplikasi HS-75 pada sistem struktur *truss* baja ringan diharapkan dapat memenuhi kebutuhan alternatif komponen bangunan kaitannya dengan efisiensi waktu dan biaya pembangunan. Olehnya itu perlu kajian lebih dalam tentang kekuatan dan kekakuan profil HS-75 ini dengan menambah pelat diafragma (PLD) sebagai pengaku [5].

Model profil HS-75 dengan tipe 0.80 mm ditunjukkan pada gambar 1 berikut :



Gambar 1. Profil HS-75 [6].

Dimensi dari profil HS-75 dapat dilihat pada gambar 2 berikut :



Gambar 2. Dimensi Profil HS-75 [6, 7]

Tabel 1. Data properties Profil HS-75 [7].

Type Profil	H (mm)	H (mm)	B (mm)	W (mm)	R (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)
HS-75; 0,80	75	70,22	40	35,22	1,59	25	22,61	0,80
HS-75; 0,50	75	70,82	40	35,82	1,59	25	22,91	0,50

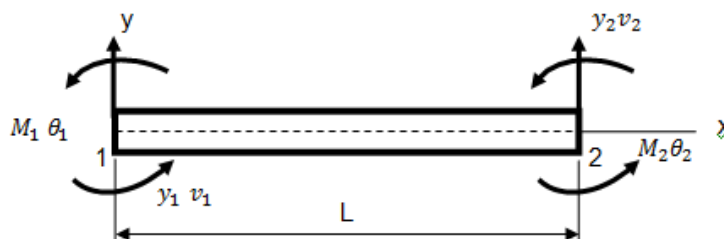
Tabel 2. Full section properties Profil HS-75 [7].

Type Profil	F <sub>y</sub> (MPa)	E (MPa)	G (MPa)	A <sub>f</sub> (mm <sup>2</sup> )	Mass (kg/m)	I <sub>x</sub> (mm <sup>4</sup> )	S <sub>x</sub> (mm <sup>3</sup> )
HS-75; 0,80	550	203550	77970	186,70	1,47	147500	3773
HS-75; 0,50	550	203550	77970	117,42	0,92	93680	2397

Tabel 3. Full section properties Profil HS-75 (Lanjutan)

Type Profil	r <sub>x</sub> (mm)	I <sub>y</sub> (mm <sup>4</sup> )	S <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	r <sub>y</sub> (mm)	J (mm <sup>4</sup> )	C <sub>w</sub> (mm <sup>6</sup> )	r <sub>o</sub> (mm)
HS-75; 0,80	28,11	90610	2050	22,03	40,41	1,73 E+08	72,42
HS-75; 0,50	28,25	57810	1299	22,19	39,92	1,73 E+08	72,75

Gambar 3 menunjukkan elemen balok yang mengalami lenturan dengan penampang uniform [8].



Gambar 3. Balok yang mengalami lenturan

y = Gaya lateral  
v = Perpindahan / defleksi  
M = Momen  
θ = Putaran sudut / slope

Persamaan kesetimbangan beam tanpa beban dapat dinyatakan dengan persamaan diferensial :

$$\frac{\partial^4 v}{\partial x^4} = 0 \quad (1)$$

dengan  $v(x)$  adalah defleksi beam yang merupakan solusi persamaan diferensial (1)  $v(x)$  dinyatakan dalam bentuk Polinomial derajat tiga sebagai berikut :

$$s \quad (2)$$

dengan koefisien  $a_i$  akan ditentukan dari kondisi batas dari setiap nodal sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Pada } x=0 \quad v=v_1 \quad & \& \quad \frac{\partial v}{\partial x} = \theta_1 \\ x=l \quad v=v_2 \quad & \& \quad \frac{\partial v}{\partial x} = \theta_2 \end{aligned}$$

Diferensialkan persamaan (2) terhadap  $x$  maka didapat:

$$\frac{\partial v(x)}{\partial x} = a_2 + 2a_3x + 3a_4x^2 \quad (3)$$

Substitusikan nilai batas yang ada ke persamaan (2) dan (3).

$$\begin{aligned} x=0, \quad v=v_1 \quad & \text{maka} \quad v_1 = a_1 \\ x=0, \quad \frac{\partial v}{\partial x} = \theta_1 \quad & \text{maka} \quad \theta_1 = a_2 \\ x=l, \quad v=v_2 \quad & \\ \text{maka} \quad v_2 = a_1 + a_2l + a_3l^2 + a_4l^3 \\ x=l, \quad \frac{\partial v}{\partial x} = \theta_2 \quad & \\ \text{maka} \quad \theta_2 = a_2 + 2a_3l + 3a_4l^2 \end{aligned}$$

Dari ke-4 persamaan di atas, diperoleh persamaan  $v_1, \theta_1, v_2, \theta_2$

Dinyatakan masing-masing dalam  $a_1, a_2, a_3, a_4$

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ \theta_1 \\ v_2 \\ \theta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & l & l^2 & l^3 \\ 0 & 1 & 2l & 3l^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Perpindahan ditulis secara simbolis :

$$\{q\} = [T][a] \quad (5)$$

Maka  $[a] = [T]^{-1}\{q\}$ , dimana  $[T]^{-1}$  adalah invers dari  $[T]$  dan dapat diperoleh :

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{bmatrix} = \frac{1}{l^3} \begin{bmatrix} l^3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & l^3 & 0 & 0 \\ -3l & -2l^2 & 3l & -l^2 \\ 2 & l & -2 & l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ \theta_1 \\ v_2 \\ \theta_2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Substitusi masing-masing  $a_1, a_2, a_3, a_4$  ke persamaan (2) maka :

$$\begin{aligned} v(x) = v_1 + x\theta_1 - \frac{3x^2}{l^2}v_1 - \frac{2x^2}{l}\theta_1 + \frac{3x^2}{l^2}v_2 - \frac{x^2}{l}\theta_2 \\ + \frac{2x^3}{l^3}v_1 + \frac{x^2}{l^2}\theta_1 - \frac{2x^3}{l^3}v_2 + \frac{x^3}{l^2}\theta_2 \end{aligned} \quad (7)$$

Diatur kembali persamaan (7) sehingga berbatas :

$$\begin{aligned} v(x) = f_1(x)v_1 + f_2(x)\theta_1 \\ + f_3(x)v_2 + f_4(x)\theta_2 \end{aligned} \quad (8)$$

dengan :

$f_1(x), f_2(x), f_3(x), f_4(x)$  adalah *shape function* interval 0 – L

$$\begin{aligned} f_1(x) &= 1 - 3\frac{x^2}{L^2} + 2\frac{x^3}{L^3} \\ f_2(x) &= x - 2\frac{x^2}{L} + \frac{x^3}{L^3} \\ f_3(x) &= 3\frac{x^2}{L^2} - 2\frac{x^3}{L^3} \\ f_4(x) &= -\frac{x^2}{L} + \frac{x^3}{L^3} \end{aligned} \quad (9)$$

Persamaan kekakuan :

Persamaan kekakuan elemen beam diturunkan dari Teorema Castigliano

$$F_i = \frac{\partial u}{\partial q_c}$$

Dimana :

$F_i$  = Gaya (y) atau Momen (M) pada vertikal.

$q_c$  = perpindahan vertikal

Jika  $F =$  gaya, maka  $q =$  perpindahan translasi  
 $M =$  momen maka  $q = Slope$   
 $u =$  energi regangan  
 Energi regangan dari elemen beam yang penampang uniform adalah :

$$u = \frac{EI}{2} \int_0^l \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \right)^2 dx \quad (10)$$

didiferensial dua kali terhadap  $x$  dari persamaan (7) dihasilkan

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = f_1''(x)v_1 + f_2''(x)\theta_1 + f_3''(x)v_2 + f_4''(x)\theta_2 \quad (11)$$

Dimana  $f$  diperoleh dari differensial dua kali terhadap  $x$  dari persamaan (8).

$$\begin{aligned} f_1''(x) &= -\frac{6}{l^2} + 12\frac{x}{l^2} \\ f_2''(x) &= -\frac{4}{l} + 6\frac{x}{l^2} \\ f_3''(x) &= -\frac{6}{l^2} - 12\frac{x}{l^3} \\ f_4''(x) &= -\frac{6}{l^2} - 12\frac{x}{l^3} \end{aligned} \quad (12)$$

Menghitung gaya : gaya  $F = \frac{\partial u}{\partial v_1}$

gaya pada model 1 :

$$Y = \frac{EI}{2} \int_0^l 2 \left\{ \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \right\} \frac{\partial}{\partial v_1} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \right) dx$$

$$A = \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \text{ dari persamaan (11)}$$

$$A = \frac{\partial}{\partial v_1} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \right) = \frac{\partial}{\partial v_1} [f_1''(x)v_1 + f_2''(x)\theta_1 + f_3''(x)v_2 + f_4''(x)\theta_2] = f_1''(x)$$

Jadi,

$$\begin{aligned} Y_1 &= \frac{EI}{2} \int_0^l 2 [f_1''(x)v_1 + f_2''(x)\theta_1 + f_3''(x)v_2 + f_4''(x)\theta_2] f_1''(x) dx \\ &= k_{11}v_1 + k_{12}\theta_1 + k_{13}v_2 + k_{14}\theta_2 \end{aligned}$$

dengan :

$$k_{11} = EI \int_0^l f_1''(x)f_1''(x) dx$$

$$k_{12} = EI \int_0^l f_1''(x)f_2''(x) dx$$

$$k_{13} = EI \int_0^l f_1''(x)f_3''(x) dx$$

$$k_{14} = EI \int_0^l f_1''(x)f_4''(x) dx$$

Ke empat persamaan di atas dalam bentuk ringkas ditulis :

$$k_{ij} = EI \int_0^l f_i''(x)f_j''(x) dx \quad (13)$$

Persamaan (13) menyatakan matriks kekakuan elemen beam yang orde 4x4.

Akhirnya dapat dituliskan persamaan kesetimbangan untuk elemen beam sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ M_1 \\ Y_2 \\ M_2 \end{bmatrix} = \frac{EI}{l} \begin{bmatrix} \frac{12}{l^2} & \frac{6}{l} & -\frac{12}{l^2} & \frac{6}{l} \\ \frac{6}{l} & 4 & -\frac{6}{l} & 2 \\ -\frac{12}{l^2} & -\frac{6}{l} & \frac{12}{l^2} & -\frac{6}{l} \\ \frac{6}{l} & 2 & -\frac{6}{l} & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ \theta_1 \\ v_2 \\ \theta_2 \end{bmatrix} \quad 14$$

Prosedur perhitungan kekuatan bending (defleksi) dengan metode elemen hingga adalah sebagai berikut :

1. Menentukan jumlah elemen, titik nodal, dan derajat kebebasan yang berhubungan dengan elemen tersebut.
2. Menyusun matriks kekakuan lokal (elemen).
3. Menyusun matriks kekakuan global, yang dikenal dengan pengglobalan matriks lokal.
4. Memasukkan kondisi batas, serta reduksi matriks.
5. Memecahkan persamaan untuk memperoleh harga defleksi.

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh PLD terhadap fenomena defleksi yang terjadi pada profil HS-75 dengan menggunakan metode numerik dan eksperimental.

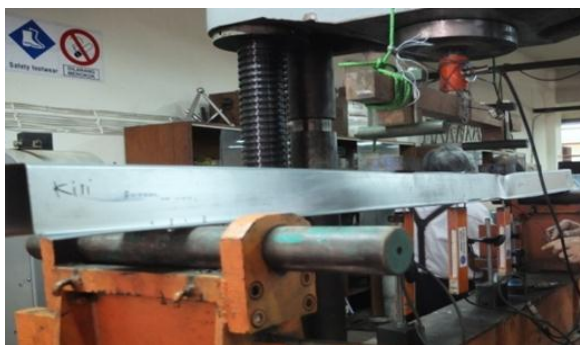
### Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Metode pengambilan data secara eksperimental pada penelitian ini dilakukan dengan pengujian defleksi. Pengujian defleksi dilakukan untuk memperoleh besarnya defleksi yang terjadi sesuai dengan pembebanan yang diberikan.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Profil HS-75 dengan tipe 0.80 mm seperti ditunjukkan pada gambar 1 dibagian pendahuluan.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat uji defleksi yang terdiri dari :

- ❖ Tumpuan engsel-rol sebagai tempat peletakan benda uji.
- ❖ Balok penyalur beban (*spreader beam*) yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari *actuator (enerpac)* ke benda uji.
- ❖ *Actuator (enerpac)* yang berfungsi sebagai pemberi beban.
- ❖ Pompa hidrolik yang berfungsi sebagai penggerak *actuator (enerpac)*.
- ❖ *Load cell* yang berfungsi sebagai pengubah nilai beban *actuator (enerpac)* dari analog menjadi digital.
- ❖ *Linear Variable Differential Transducers* sebagai alat pengukur nilai penurunan benda uji.
- ❖ *Strain gage* yang berfungsi sebagai alat pengukur regangan yang terjadi pada elemen batang.
- ❖ *Data logger* sebagai alat pencatat data (*data recorder*) dari *load cell*, *LVDT*, dan *strain gage*.
- ❖ Komputer yang berfungsi sebagai perekam data dari data *logger* dan pengolahan data.



Gambar 4. Pengujian defleksi pada profil HS-75 tanpa PLD



Gambar 5. Pengujian defleksi pada profil HS-75 dengan satu PLD

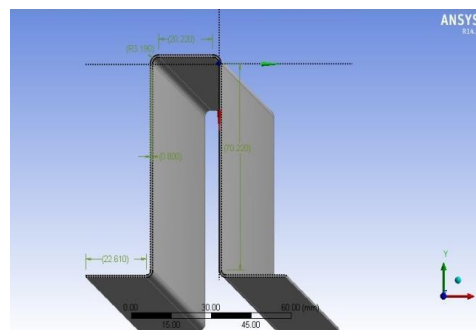


Gambar 6. Pengujian defleksi pada profil HS-75 dengan tiga PLD

### Skema Numerik

Analisis secara numerik dilakukan menggunakan metode elemen hingga yang dieksekusi dengan software ansys. Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut :

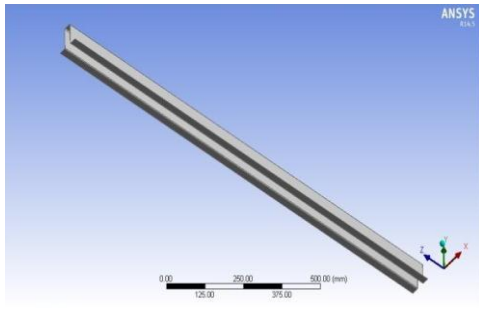
- ❖ Membuat obyek model simulasi dalam Workbench sesuai dengan ukuran dan dimensi profil HS-75 seperti ditunjukkan pada gambar 7.



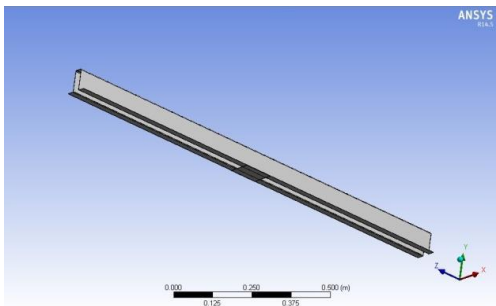
Gambar 7. Pemodelan Dimensi HS-75

- ❖ Ketiga model yang disimulasi ini terdiri dari HS-75 tanpa PLD, HS-75 dengan satu PLD, dan HS-75 dengan tiga PLD seperti yang

ditunjukkan pada gambar 8, gambar 9, dan gambar 10.

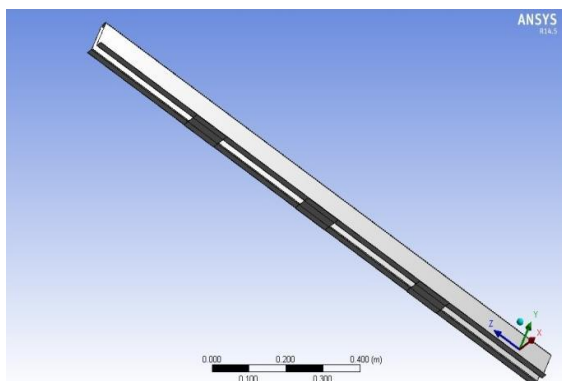


**Gambar 8.** Pemodelan HS-75 tanpa PLD  
Pada pemodelan ini benda uji tidak dipasang PLD.



**Gambar 9.** Pemodelan HS-75 dengan satu PLD

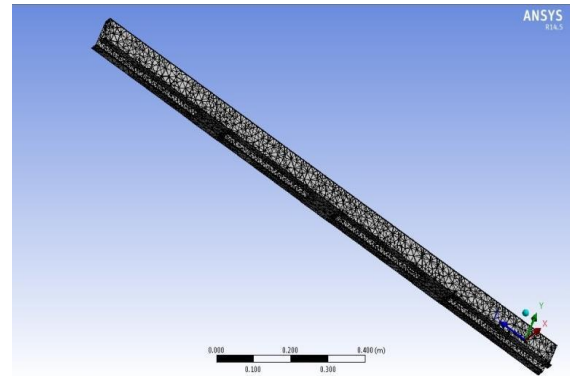
Pada pemodelan ini benda uji dipasang PLD pada jarak 750 mm dari panjang batang.



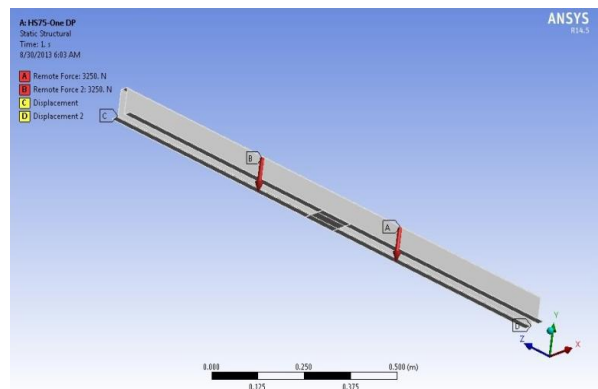
**Gambar 10.** Pemodelan HS-75 Dengan tiga PLD

Pada pemodelan ini benda uji dipasang PLD pada jarak 375 mm, 750 mm dan 1125 mm.

- ❖ Melakukan meshing dan pembebanan pada obyek model simulasi seperti ditunjukkan pada gambar 11 dan gambar 12.



**Gambar 11.** Meshing HS-75



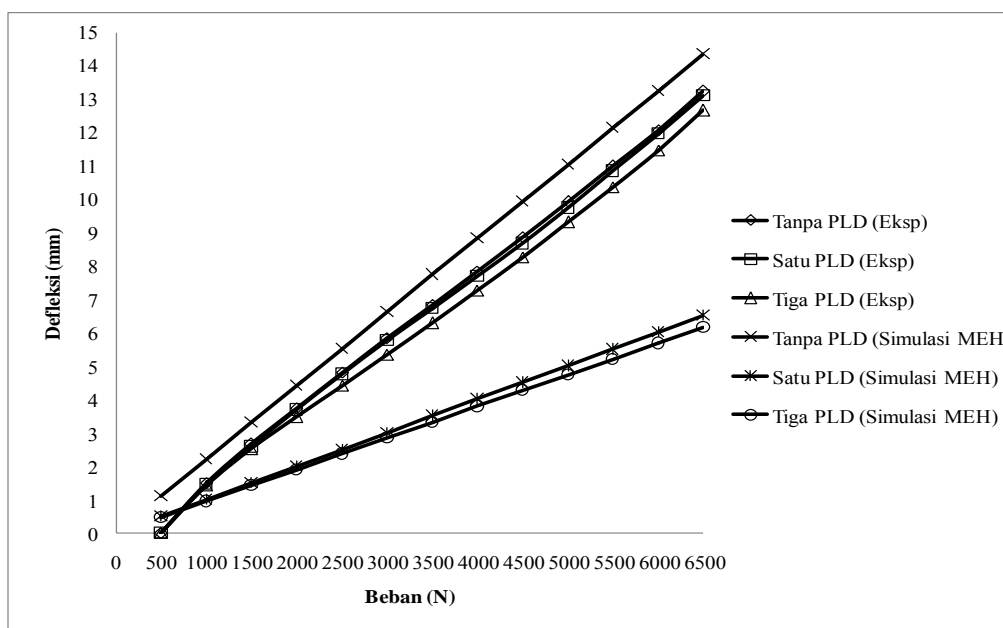
**Gambar 12.** Pemodelan pembebanan HS-75

### Hasil dan Pembahasan

Analisis defleksi yang terjadi pada penelitian ini mengacu pada hasil yang ditunjukkan pada tabel 4 dan gambar 13.

**Tabel 1.** Hasil pengujian defleksi berdasarkan simulasi Ansys dan Hasil Eksperimental

No	Beban Uji (N)	Defleksi (Hasil Bacaan Tranduser (LVDT)) (mm)					
		Simulasi Ansys			Hasil Eksperimental		
		Tanpa PLD	Satu PLD	Tiga PLD	Tanpa PLD	Satu PLD	Tiga PLD
1	500	1.1035	0.5007	0.4738	1.49	1.47	1.43
2	1000	2.2070	1.0014	0.9475	2.66	2.58	2.51
3	1500	3.3105	1.5022	1.4213	3.75	3.69	3.47
4	2000	4.4140	2.0029	1.8951	4.80	4.75	4.43
5	2500	5.5167	2.5036	2.3688	5.84	5.77	5.35
6	3000	6.6211	3.0034	2.8426	6.83	6.73	6.29
7	3500	7.7460	3.5051	3.3164	7.84	7.69	7.26
8	4000	8.8281	4.0058	3.7901	8.86	8.67	8.25
9	4500	9.9316	4.5065	4.2639	9.91	9.74	9.31
10	5000	11.0350	5.0072	4.7377	10.98	10.84	10.37
11	5500	12.1390	5.5080	5.2114	12.07	11.97	11.47
12	6000	13.2490	6.0087	5.6852	13.22	13.11	12.66
13	6500	14.3460	6.5094	6.1590	14.48	14.38	14.09



**Gambar 13.** Grafik defleksi hubungan terhadap beban pada pengujian defleksi

Gambar 13 mendeskripsikan bahwa peningkatan defleksi dipengaruhi oleh adanya pembebanan yang diberikan. Perilaku ini dipengaruhi oleh kesebandingan lurus antara pembebanan dengan defleksi yang terjadi. Defleksi maksimum yang diperoleh secara simulasi metode elemen hingga dengan menggunakan software Ansys 14.0 adalah 14,3460 mm (tanpa PLD), 6,5094 mm (satu

PLD), dan 6,1590 mm (tiga PLD). Sedangkan hasil defleksi yang diperoleh secara eksperimental adalah 14,48 mm (tanpa PLD), 14,38 mm (satu PLD), dan 14,09 mm (tiga PLD). Berdasarkan hasil tersebut mendeskripsikan bahwa profil baja ringan HS-75 yang menggunakan tiga PLD mempunyai kekuatan lebih besar jika dibandingkan dengan kedua profil baja ringan



yang lain ketika menggunakan satu PLD dan tanpa PLD.

Gambar 13 juga mendeskripsikan bahwa defleksi yang terjadi pada profil secara eksperimental lebih besar jika dibandingkan dengan hasil defleksi yang diperoleh secara simulasi metode elemen hingga dengan menggunakan Ansys. Perbedaan ini tentunya dipengaruhi oleh karena pada eksperimen PLD di lengketkan pada profil HS-75 dengan menggunakan *self drilling screw*, sedangkan pada simulasi profil HS-75 dianggap menyatu dengan PLD. Perbedaan antara hasil yang diperoleh secara eksperimental dan simulasi menggunakan ansys mempunyai fenomena yang berbeda walaupun mempunyai karakter yang sama dengan kecenderungan peningkatan defleksi yang sama. Hal ini dapat dilihat bahwa hasil simulasi dan eksperimen tanpa PLD hampir tidak ada perbedaan, sedangkan untuk satu PLD dan tiga PLD mempunyai perbedaan yang agak besar, tetapi menunjukkan karakter yang sama. Fenomena ini dapat dilihat pada masing-masing hasil simulasi dan eksperimental untuk penggunaan satu PLD dan tiga PLD. Artinya simulasi dapat memprediksi secara akurat perilaku defleksi pada profil yang diuji. Hal ini dapat disimpulkan bahwa PLD akan mempengaruhi efek kekuatan defleksi yang jauh lebih besar jika menyatu dengan Profil HS-75 dibandingkan jika PLD disambungkan menggunakan *self drilling screw*. Hal lain yang mempengaruhi perbedaan hasil secara eksperimental dan simulasi adalah kehomogenan material. Pada simulasi metode elemen hingga, material yang digunakan diasumsikan homogen yang mengakibatkan modulus elastisitas dan momen inersia tidak mengalami perubahan, sedangkan secara eksperimental memungkinkan adanya material yang tidak homogen.

Sebutkan hasil utama dari penelitian. Isi kesimpulan menyebutkan dengan jelas dan ringkas hasil utama penelitian serta keluaran saran atau rekomendasi. Hindari pengulangan penjelasan yang terlalu mendetail.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Peningkatan defleksi dipengaruhi oleh adanya peningkatan pembebanan yang diberikan.
2. Profil baja ringan HS-75 yang menggunakan tiga PLD mempunyai kekuatan lebih besar jika dibandingkan dengan menggunakan satu PLD dan tanpa PLD.

3. Hasil defleksi secara eksperimental lebih besar daripada defleksi secara simulasi.

### Daftar Referensi

- [1] Cold Formed Steel Profile, 2010. Cold Formed Steel In Building Construction. A Catalogue of Company's cold formed profiles producers recommended by the AISI (American Iron and Steel Institute)
- [2] American Iron and Steel Institute. Specification for the Design of Cold Formed Steel Structural Members, American Iron and Steel Institute, 1995.
- [3] Acharya, V.V. Cold Formed Steel Hat Section in Bending With Multiple Intermediate Longitudinal Stiffeners, Master Thesis, University of Waterloo, 1997.
- [4] C.A.Rogers, D.Yang, G.J.Hancock. Stability and Ductility of Thin High Strength G 550 Steel Members and Connections, Universitas Sydney, Elsevier Science Ltd, 2006.
- [5] Desmond, T. P., Pekoz, T., and Winter, G. Intermediate stiffeners for thin-walled members, Journal of Structural Engineering, ASCE, (1981).
- [6] Renansiva, Revi., 2003. Light Steel as A Gance, PT. Jaiindo Metal Industries.
- [7] Jaiindo Metal Industries, PT., 2009. A Company profile, produces HS-75 and Industrial roofing, sliding, Profile, partitions etc.
- [8] Sutresman, O. S., Wardana ING., Soenoko, R., Irawan Y. S., 2013. "Increased Bending Strength of Cold-Formed Steel HS-75 Using Diaphragm Plates", Australian Journal of Basic and Applied Sciences 7 (11) Sep 2013; Pages 520 – 529.