

## Analisis Teoritis dan Eksperimental Defleksi Pada Baja Ringan Profil U dengan Tebal 0,45 mm

*Theoretical and Experimental Analysis Deflection on Mild Steel for Profile U  
with Thickness of 0.45 mm*

Mustafa<sup>1</sup>, Naharuddin<sup>2</sup>, dan Robi Bungin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Tadulako

Kampus Bumi Tadulako Tondo Jl. Soekarno Hatta Km.9, Palu, Sulawesi Tengah, 94118

E-mail: [mustafa7mesin@yahoo.co.id](mailto:mustafa7mesin@yahoo.co.id)

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Tadulako

Kampus Bumi Tadulako Tondo Jl. Soekarno Hatta Km.9, Palu, Sulawesi Tengah, 94118

E-mail: [naharuddin\\_untad@yahoo.co.id](mailto:naharuddin_untad@yahoo.co.id)

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Tadulako

Kampus Bumi Tadulako Tondo Jl. Soekarno Hatta Km.9, Palu, Sulawesi Tengah, 94118

E-mail:

### **Abstrak**

Persoalan penting dalam perencanaan konstruksi, elemen mesin, pesawat pengangkat, struktur rangka, konstruksi jembatan adalah perhitungan defleksi lateral pada elemen ketika mengalami suatu pembebahan luar. Semakin menipisnya persedian kayu, maka diciptakanlah baja ringan yang dapat menggantikan peran material kayu ini dalam pembuatan rumah.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis defleksi baja ringan dengan menggunakan profil U tebal 0,45 mm baik secara teoritis maupun secara eksperimental. Tumpuan yang digunakan dalam penelitian adalah jepit-jepit dengan bahan baja ringan profil U tebal 0,45 mm, panjang 900 mm. Alat yang digunakan adalah seperangkat alat uji defleksi yang terdiri dari : *Dial indicator* dan *Loading Hunger*.

Metode penelitian ini menggunakan metode integrasi ganda untuk analisis secara teoritis dan pengujian defleksi baja ringan secara langsung untuk analisis secara eksperimental. Pada metode integrasi ganda, rumus defleksi diperoleh dengan menurunkan persamaan defleksi sesuai jenis tumpuan yang digunakan, sedangkan untuk pengujian secara eksperimental dilakukan dengan memberikan pembebahan pada jarak L/2 dan jarak L/3 dari panjang batang. Pelaksanaan pengujian defleksi secara langsung adalah : baja ringan dibebani pembebahan awal 1,0 kg, kemudian ditahan selama 1 menit dan diamati penurunannya. Pembebahan terus diberikan secara bertahap dan penurunannya selalu dicatat untuk beban 1,5 kg, 2,0 kg, 2,5 kg dan 3,0 kg.

Hasil penelitian diperoleh bahwa defleksi maksimum untuk letak beban L/2 adalah 0,510 mm (eksperimental) dan 0,554 mm (teoritis), sedangkan untuk letak beban L/3 adalah 0,760 mm (eksperimental) dan 0,821 mm (teoritis). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa defleksi yang terjadi semakin meningkat seiring dengan penambahan pembebahan. Defleksinya meningkat mulai dari tumpuan jepitan pada sisi kiri sampai pertengahan balok, kemudian berangsut menurun menjadi nol pada tumpuan jepitan di sisi kanan. Hasil defleksi yang diperoleh secara teoritis lebih besar dibandingkan dengan secara eksperimental, namun perbedaannya tidak terlalu signifikan dengan prosentase kesalahan pada defleksi maksimum sebesar 7,94 % (letak beban L/2) dan 7,43 % (letak beban L/3).

**Keywords:** Defleksi, baja ringan, profil U, jepit-jepit

### **Pendahuluan**

Persoalan yang penting diperhatikan dalam perencanaan konstruksi, elemen mesin, pesawat pengangkat, struktur rangka, konstruksi jembatan adalah perhitungan defleksi lateral pada elemen baik akibat beban sendiri maupun ketika mengalami suatu pembebahan luar (Jumardi, 2011). Pertambahan penduduk yang sangat cepat, berimplikasi pada

pertumbuhan kebutuhan pembangunan perumahan, yang berdampak pada kebutuhan material bangunan, salah satunya adalah material kayu. Semakin menipisnya persedian kayu, maka diciptakanlah baja ringan yang dapat menggantikan peran material kayu ini dalam pembuatan rumah. Material ini sering digunakan dalam bagian konstruksi atap rumah baik kuda-kuda, gording, balok nock, jurai kasau maupun reng, yang tadinya dalam proses pengeraan sering

digunakan bahan kayu, sekarang digantikan dengan baja ringan (Robi Bungin, 2012).

Pada perencanaan konstruksi teknik, kemampuan untuk menentukan beban maksimum yang dapat diterima oleh suatu konstruksi adalah penting. Dalam aplikasi keteknikan, kebutuhan tersebut haruslah disesuaikan dengan pertimbangan ekonomis dan pertimbangan teknis, seperti kekuatan (*strength*), kekakuan (*stiffness*), dan kestabilan (*stability*) (Popov, E.P, 1993).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan defleksi yang terjadi sebanding dengan gaya yang diberikan padanya, dimana defleksi maksimum terjadi pada  $x = L/2$  dengan menggunakan tumpuan engsel-roll (Viktus K. Koten, 2005).

Menurut Munandar, dkk (2011), menunjukkan bahwa defleksi maksimum yang terjadi pada balok baja ST 50 baik secara eksperimental maupun teoritis terjadi pada jarak pembebahan  $L/2$  (panjang batang = 200 mm), yakni sebesar 0,14 mm dan 0,13 mm dan defleksi minimum terjadi pada jarak pembebahan  $L/4$  (panjang batang = 200 mm) sebesar 0,013 mm dan 0,014 mm, serta persentase kesalahan antara hasil penelitian secara eksperimental dengan teoritis berkisar antara 2 % -8%.

Menurut Mustafa (2007), bahwa besarnya defleksi maksimum pada balok segiempat dengan variasi material cenderung terjadi pada pertengahan batang untuk tumpuan jepit-jepit.

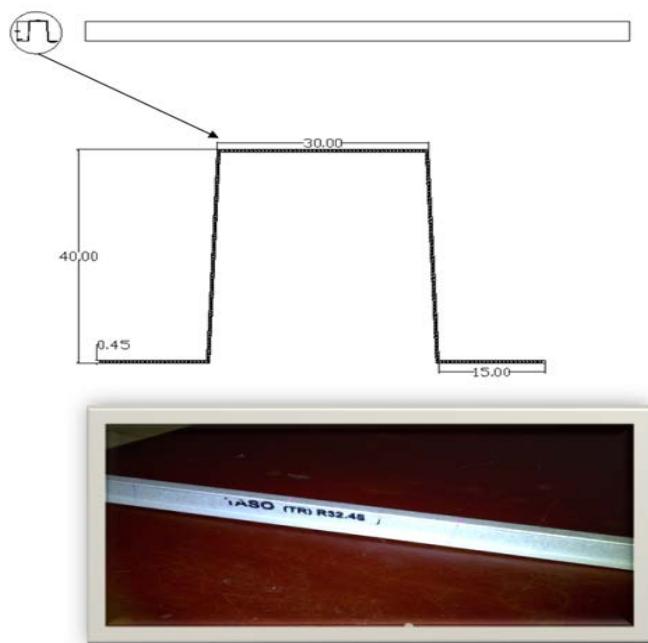
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis defleksi baja ringan dengan menggunakan profil U tebal 0,45 mm baik secara teoritis maupun secara eksperimental.

## Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Metode eksperimental pada penelitian ini dilakukan dengan pengujian tarik dan pengujian defleksi. Pengujian tarik dilakukan untuk memperoleh modulus elastisitas bahan ( $E$ ) sebagai salah satu variabel yang digunakan dalam perhitungan defleksi secara teoritis. Sedangkan pada pengujian defleksi dilakukan untuk memperoleh besarnya defleksi yang terjadi sesuai dengan pembebahan yang diberikan.

Pengujian secara eksperimental dilakukan pada tumpuan jepit-jepit dengan memberikan pembebahan pada jarak  $L/2$  dan jarak  $L/3$  dari panjang batang. Pelaksanaan pengujian defleksi secara langsung adalah : baja ringan dibebani pembebahan awal 1,0 kg, kemudian ditahan selama 1 menit dan diamati penurunannya. Pembebahan terus diberikan secara bertahap dan penurunannya selalu dicatat untuk beban 1,5 kg, 2,0 kg, 2,5 kg dan 3,0 kg.

Bahan yang digunakan baja ringan profil U tebal 0,45 mm, panjang 900 mm, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



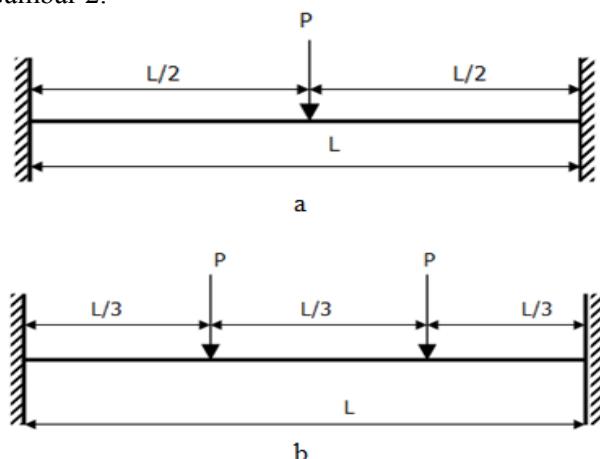
Gambar 1. Baja Ringan Profil U

Alat yang digunakan adalah seperangkat alat uji tarik dan uji defleksi yang terdiri dari : *Dial indicator* berfungsi untuk mengukur defleksi yang terjadi, *Loading Hunger* berfungsi untuk meletakkan beban pada benda uji.

## Skema Teoritis

Metode integrasi ganda adalah metode yang digunakan untuk menurunkan persamaan defleksi untuk analisis secara teoritis, sebagai pembanding dengan pengujian eksperimental. Pada metode ini, rumus defleksi diperoleh dengan cara menurunkan persamaan defleksi sesuai dengan jenis tumpuan yang digunakan yaitu tumpuan jepit-jepit.

Tumpuan yang digunakan dalam penelitian adalah jepit-jepit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tumpuan jepit-jepit dengan (a) letak beban  $P$  pada  $L/2$  dan (b) letak beban  $P$  pada  $L/3$

Persamaan defleksi berdasarkan Gambar 2(a) adalah :

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

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

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

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

Persamaan defleksi berdasarkan Gambar 2(b) adalah :

Untuk :  $0 \leq x \leq L/3$

$$y = -\left(\frac{1}{EI}\right)\left(\frac{P.x^3}{6} - \frac{2PL.x^2}{18}\right) \quad (3)$$

Untuk :  $L/3 \leq x \leq 2L/3$

$$y = -\left(\frac{1}{EI}\right)\left(\frac{P.x^3}{6} - \frac{P(x - \frac{L}{3})^3}{6} - \frac{2PLx^2}{18}\right) \quad (4)$$

Untuk :  $2L/3 \leq x \leq L$

$$y = -\left(\frac{1}{EI}\right)\left(\frac{Px^3}{6} - \frac{P(x - \frac{L}{3})^3}{6} - \frac{P(x - \frac{2L}{3})^3}{6} - \frac{2PLx^2}{18}\right) \quad (5)$$

Prosentase kesalahan defleksi secara eksperimen dan teoritis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$PK = \left| \frac{\text{Hasil Eksp - Hasil Teoritis}}{\text{Hasil Eksp}} \right| \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

Metode penyelesaian secara teoritis dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

- Menggambar sistematika tumpuan jepit-jepit dengan pembebahan yang sesuai.
- Menggunakan rumus yang sesuai berdasarkan kondisi tumpuan dan pembebahan yang diberikan.
- Menghitung momen inersia berdasarkan bentuk bahan yang digunakan sesuai dengan kondisi pembebahan.
- Mengambil nilai modulus elastisitas yang diperoleh dari hasil pengujian tarik.
- Menghitung defleksi dengan memasukkan nilai P, x, L, I, E kepersamaan defleksi sesuai dengan peletakan pembebahan yang diberikan.

### Hasil dan Pembahasan

Analisis defleksi yang terjadi pada penelitian ini mengacu pada hasil yang diperoleh secara teoritis (Tabel 1 dan Tabel 4), hasil perhitungan secara eksperimental (tabel 2 dan Tabel 5), hasil perhitungan prosentase kesalahan (Tabel 3 dan Tabel 6) serta Gambar 3 dan 4.

Hasil perhitungan secara teoritis yang ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 4 diperoleh dengan menggunakan rumus 1, 2, 3, 4 dan 5, setelah memasukkan data-data sebagai berikut :

- ❖  $E = 1276 \text{ kg/mm}^2$  (hasil pengujian tarik),
- ❖  $I = 16100 \text{ mm}^4$ .
- ❖  $L = 900 \text{ mm}$

**Tabel 1.** Hasil Perhitungan Secara Defleksi Teoritis Untuk Profil U Pada Pembebahan L/2.

P (Kg)	Defleksi (mm)				
	0	300	450	600	900
1,0	0.000	0.137	0.185	0.137	0.000
1.5	0.000	0.205	0.277	0.205	0.000
2,0	0.000	0.274	0.370	0.274	0.000
2.5	0.000	0.342	0.462	0.342	0.000
3,0	0.000	0.411	0.554	0.411	0.000

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan Defleksi Secara Eksperimental Untuk Profil U Pada Pembebahan L/2.

P (Kg)	Defleksi (mm)				
	0	300	450	600	900
1,0	0.000	0.123	0.170	0.123	0.00
1.5	0.000	0.215	0.248	0.180	0.00
2,0	0.000	0.290	0.350	0.270	0.00
2.5	0.000	0.350	0.437	0.350	0.00
3,0	0.000	0.410	0.510	0.400	0.00

**Tabel 3.** Hasil Perhitungan Prosentase Kesalahan Defleksi Untuk Profil U Pada Pembebahan L/2

P (Kg)	Defleksi (mm)				
	0	300	450	600	900
1,0	0.00	10.22	8.10	10.22	0.00
1.5	0.00	4.65	10.47	12.20	0.00
2,0	0.00	5.52	5.41	1.46	0.00
2.5	0.00	2.29	5.41	2.29	0.00
3,0	0.00	0.24	7.94	2.68	0.00

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan Secara Defleksi Teoritis Untuk Profil U Pada Pembebanan L/3.

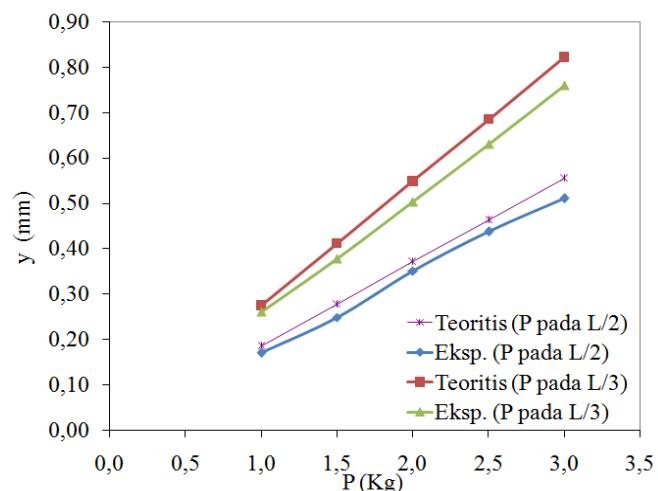
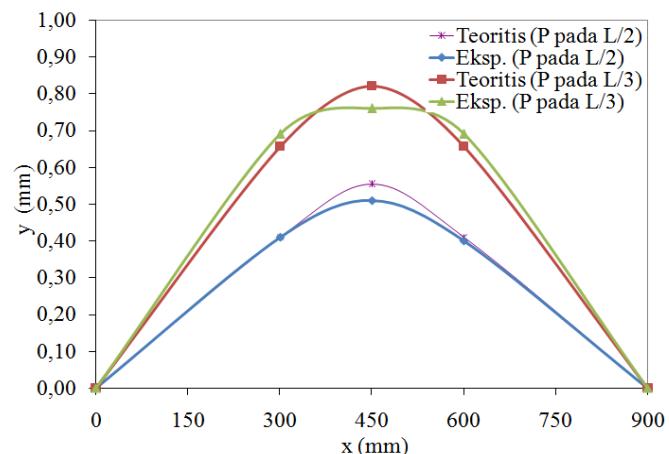
P (Kg)	Defleksi (mm)				
	0	300	450	600	900
1,0	0.000	0.219	0.274	0.219	0.000
1,5	0.000	0.329	0.411	0.329	0.000
2,0	0.000	0.438	0.548	0.438	0.000
2,5	0.000	0.548	0.684	0.548	0.000
3,0	0.000	0.657	0.821	0.657	0.000

**Tabel 5.** Hasil Perhitungan Defleksi Secara Eksperimental Untuk Profil U Pada Pembebanan L/3.

P (Kg)	Defleksi (mm)				
	0	300	450	600	900
1,0	0.000	0.220	0.260	0.213	0.000
1,5	0.000	0.330	0.377	0.320	0.000
2,0	0.000	0.450	0.503	0.450	0.000
2,5	0.000	0.570	0.630	0.570	0.000
3,0	0.000	0.690	0.760	0.690	0.000

**Tabel 6.** Hasil Perhitungan Persentase Kesalahan Defleksi Untuk Profil U Pada Pembebanan L/3

P (Kg)	Defleksi (mm)				
	0	300	450	600	900
1,0	0.000	0.455	5.109	2.740	0.000
1,5	0.000	0.303	8.272	2.736	0.000
2,0	0.000	2.667	8.212	2.667	0.000
2,5	0.000	3.860	7.895	3.860	0.000
3,0	0.000	4.783	7.430	4.783	0.000

**Gambar 3.** Grafik Hubungan Defleksi (y) Terhadap Pembebanan (P) pada  $x = L/2$ **Gambar 4.** Grafik Hubungan Defleksi (y) Terhadap Rentang Batang (x) pada Pembebanan Maksimum ( $P = 3,0 \text{ kg}$ )

Hasil perhitungan defleksi secara teoritis dan pengujian secara eksperimental untuk letak pembebanan pada L/2 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2, diperoleh bahwa defleksi maksimum terjadi pada pembebanan 3 kg sebesar 0,554 mm secara teoritis dan 0,510 mm secara eksperimental. Kondisi yang sama ditunjukkan untuk letak pembebanan pada L/3 pada Tabel 4 dan Tabel 5 bahwa defleksi maksimum juga terjadi pada pembebanan 3 kg sebesar 0,821 mm secara teoritis dan 0,760 mm secara eksperimental.

Pada Gambar 3 menjelaskan bahwa semakin besar pembebanan yang diberikan terhadap baja ringan, maka defleksi yang terjadi juga akan besar. Hal ini sejalan dengan konsep teori yang digunakan bahwa defleksi sebanding dengan pembebanan. Sedangkan pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa dari panjang batang  $x = 0 \text{ mm}$  sampai pertengahan batang ( $x = 450 \text{ mm}$ ), defleksi yang terjadi berangsur-angsur meningkat sampai mencapai maksimum pada

pertengahan batang, kemudian defleksi berangsurg-angsur menurun sampai ketitik 0 mm. Hal ini dipengaruhi oleh jarak peletakan pembebangan pada baja ringan yaitu pada pertengahan batang.

Pada Gambar 3 dan Gambar 4 juga menunjukkan bahwa defleksi yang terjadi pada pembebangan L/3 lebih besar jika dibandingkan dengan hasil yang diperoleh untuk pembebangan L/2, baik secara teoritis maupun secara eksperimental. Hal ini tentunya dipengaruhi oleh besarnya pembebangan pada L/3, dimana pembebangan diberikan pada dua titik yaitu masing-masing pada jarak L/3 dari tumpuan.

Dari Tabel 1, 2, 4 da n 5, serta Gambar 3 dan Gambar 4 diperoleh bahwa hasil defleksi yang diperoleh secara teoritis lebih besar dibandingkan dengan secara eksperimental, namun perbedaananya tidak terlalu signifikan dengan prosentase kesalahan pada defleksi maksimum sebesar 7,94 % untuk letak pembebangan L/2 seperti ditunjukkan pada Tabel 3 dan 7,43 % untuk letak pembebangan L/3 seperti ditunjukkan pada Tabel 6.

Hal-hal yang mempengaruhi adanya perbedaan antara hasil eksperimental dengan teoritis adalah :

- ✚ Ketelitian pada saat penelitian terutama kurang akuratnya *Dial gauge* dalam pembacaan besarnya defleksi yang terjadi pada baja ringan selama penelitian eksperimental berlangsung, sehingga hasil teoritis lebih besar dibandingkan dengan hasil eksperimental, dimana hasil teoritis hanya menggunakan persamaan defleksi seperti yang dijabarkan pada bagian skema teoritis.
- ✚ Nilai modulus elastisitas yang digunakan dalam perhitungan secara teoritis adalah nilai modulus elastisitas yang di pengaruhi oleh tegangan teoritis, berbeda dengan nilai modulus elastisitas yang digunakan dalam perhitungan secara eksperimental yang didasarkan pada tegangan actual.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Semakin besar pembebangan maka defleksi yang terjadi juga semakin meningkat.
2. Hasil defleksi secara teoritis lebih besar daripada defleksi secara eksperimental, untuk letak pembebangan L/2 mm dan L/3 mm.
3. Defleksi maksimum terjadi pada pertengahan batang untuk letak pembebangan L/2 mm dan L/3 mm.
4. Hasil defleksi yang diperoleh secara eksperimental dan teoritis tidak terlalu signifikan perbedaannya dengan prosentase kesalahan pada defleksi maksimum sebesar 7,94 % (letak

pembebangan L/2) dan 7,43 % (letak pembebangan L/3).

## Ucapan Terima kasih

Pada kesempatan ini kami menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan motivasi untuk selalu melakukan penelitian, terutama kepada Sri Chandrabakty, ST., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Tadulako.

## Nomenklatur

E	Modulus Elastisitas ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )
I	Momen inersia ( $\text{m}^4$ )
L	Panjang batang (mm)
P	Beban (kg)
PK	Prosentase Kesalahan (%)
x	Jarak (mm)
y	Defleksi (mm)

## Referensi

Jumardi dkk. Rancang Bangun Alat Uji Lentutan. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin UNTAD. (2011).

Koten, Victus K. Analisis Eksperimental dan Teoritis Terhadap Defleksi Lateral Balok dengan Tumpuan Engsel-Rol. Jurnal Pembangunan Wilayah Masyarakat, Volume 4 No 2. (2005).

Munandar, dkk. Analisis Eksperimental Dan Teoritis Lentutan Pada Balok Dengan Variasi Ketebalan Dan Pembebanan. <http://repository.unhas.ac.id/handle/123456789/446>. Diakses pada tanggal 25 Agustus 2012.

Mustafa. Perbandingan Analisa Teoritis Dan Eksperimental Defleksi Pada Balok Segiempat Dengan Variasi Material. Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan ISSN 1829-8133 Vol. 4 No. 2. (2007).

Popov, E.P. Mechanics of Materials. Erlangga, Jakarta. (1993).

Robi Bungin. Kaji Teoritis dan Eksperimental Defleksi Pada Baja Ringan, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin UNTAD. (2012).