

Aplikasi Simulasi Program Matlab untuk Penentuan Lendutan pada Baja Ringan Profil U dengan Variasi Posisi Pembebaan

Mustafa¹, Naharuddin², Kristian Seleng³, dan Ardi Rahmanto⁴

¹Jurusan Teknik Mesin Universitas Tadulako
Jl. Soekarno Hatta Km.9, Palu, Sulawesi Tengah, 94118
E-mail: mustafa7mesin@yahoo.co.id

Abstrak

Saat ini perkembangan teknologi informasi terus berkembang dengan pesat, yang diikuti oleh perkembangan teknologi komputer termasuk di dalamnya perkembangan perangkat lunak (*software*) yang bertujuan untuk memudahkan segala pekerjaan dalam berbagai bidang ilmu. Salah satu software yang saat ini sudah banyak dikembangkan untuk membantu perhitungan dan perencanaan di bidang konstruksi adalah program Matlab (*Matriks Laboratory*). Metode elemen hingga adalah salah satu metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan masalah dalam bidang *engineering*, seperti analisa gaya-gaya pada batang yang terjadi dalam suatu komponen struktur. Salah satu aplikasi dari penggunaan metode elemen hingga dan program *Matlab* adalah menghitung besarnya lendutan yang terjadi pada batang dengan tumpuan tertentu. Penggunaan metode dan software di atas dilakukan untuk mempermudah dalam hal perhitungan yang kompleks sekaligus memverifikasi hasil yang diperoleh secara eksperimental atau pengujian langsung terhadap benda uji.

Tujuan ini adalah menganalisis lendutan pada baja ringan profil U dengan berbagai variasi posisi pembebaan menggunakan simulasi program matlab dan eksperimental. Tumpuan yang digunakan dalam penelitian adalah tumpuan jepit-jepit dengan bahan baja ringan profil U tebal 0,45 mm, panjang 800 mm. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer yang dilengkapi dengan software program matlab, dan seperangkat alat uji lendutan (*Dial indicator* dan *Loading Hunger*).

Penelitian ini menggunakan metode elemen hingga yang disimulasikan dengan software program matlab untuk menganalisis lendutan secara numerik dan pengujian lendutan baja ringan secara langsung untuk analisis secara eksperimental. Untuk metode elemen hingga, rumus lendutan diperoleh dengan cara menurunkan persamaan lendutan sesuai dengan jenis tumpuan jepit-jepit yang digunakan, sedangkan untuk pengujian secara langsung pada analisis eksperimental dilakukan dengan memberikan pembebahan secara bervariasi. Pembebahan I untuk beban terpusat 3 kg diletakkan pada posisi L/2 mm dan pembebahan II dengan tiga beban terpusat 1,5 kg, 1 kg dan 0,5 kg diletakkan pada posisi L/4 mm dari tumpuan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lendutan maksimum untuk beban terpusat 3 kg pada posisi L/2 adalah 0,352 mm (hasil eksperimental) dan 0,403 mm (hasil program matlab), sedangkan lendutan untuk tiga beban terpusat yang berbeda sebesar 1,5 kg, 1 kg dan 0,5 kg pada posisi L/4 adalah 0,230 mm (hasil eksperimental) dan 0,2687 mm (hasil program matlab). Dari hasil tersebut mendeskripsikan bahwa lendutan terbesar terjadi pada beban terpusat pada posisi L/2, serta lendutan dengan menggunakan simulasi program matlab lebih besar jika dibandingkan dengan lendutan secara eksperimental, dimana persentase kesalahan maksimumnya sebesar 14,77 %.

Keywords: Lendutan, profil U, MEH, matlab

Pendahuluan

Saat ini perkembangan teknologi informasi terus berkembang dengan pesat, yang diikuti oleh perkembangan teknologi komputer termasuk di dalamnya perkembangan perangkat lunak (*software*) yang bertujuan untuk memudahkan segala pekerjaan dalam berbagai bidang ilmu. Perhitungan dengan menggunakan teknologi komputer mampu melakukan perhitungan dengan cepat, tepat, akurat serta efisien di dalam waktu

(Satria, A, 2009). Salah satu software yang saat ini sudah banyak dikembangkan untuk membantu perhitungan dan perencanaan di bidang konstruksi adalah program Matlab (*Matriks Laboratory*), dan masih banyak lagi perangkat lunak sejenis yang dipakai dalam melakukan perhitungan secara numerik. Program *Matlab* (*Matriks Laboratory*) adalah sebuah program untuk analisis dan numerik, yang merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan matriks. Program ini

dikembangkan berbasis pada metode elemen hingga untuk memecahkan masalah statika dan mekanikanya.

Metode elemen hingga adalah salah satu metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan masalah dalam bidang *engineering*, seperti analisa gaya-gaya pada batang yang terjadi dalam suatu komponen struktur. Salah satu aplikasi dari penggunaan metode elemen hingga dan program *Matlab* adalah menghitung besarnya defleksi yang terjadi pada batang dengan tumpuan tertentu. Penggunaan metode dan software di atas dilakukan untuk mempermudah dalam hal perhitungan yang kompleks sekaligus memverifikasi hasil yang diperoleh secara eksperimental atau pengujian langsung terhadap benda uji.

Salah satu masalah yang perlu mendapat perhatian khusus dalam melakukan desain dalam perencanaan konstruksi, elemen mesin, pesawat pengangkut, struktur rangka, konstruksi jembatan adalah analisis lendutan pada elemen yang diakibatkan oleh beban elemen sendiri dan pembebangan luar (Mustafa dkk, 2012). Hal ini berdasarkan bahwa walaupun tegangan yang terjadi masih lebih kecil daripada tegangan yang diijinkan oleh kekuatan bahan, akan tetapi besar lenturan (lendutan) akibat beban yang bekerja melebihi batas yang diijinkan. Kondisi ini dapat menyebabkan kerusakan serius pada struktur karena dapat mengakibatkan komponen menyimpang dari fungsi utamanya. Salah satu tipe elemen yang sering mengalami lenturan (lendutan) adalah *beam* (Dewa Ngakan dkk, 2009).

Menurut Gunakala, S.R, dkk (2012), yang melakukan penelitian tentang solusi penyelesaian metode elemen hingga pada *beam* dengan menggunakan program Matlab, bahwa untuk pembebangan yang homogen dengan panjang batang yang sama didapatkan bahwa defleksi terbesar berada pada jarak L/2 dengan beban sebesar 100 N. Sedangkan, pembebangan yang non homogen dengan panjang batang yang sama didapatkan bahwa defleksi terbesar mendekati jarak L/2 dengan beban sebesar 100 N.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa defleksi maksimum untuk letak beban L/2 adalah 0,510 mm (eksperimental) dan 0,554 mm (teoritis). Selain daripada itu bahwa hasil defleksi yang diperoleh secara teoritis lebih besar dibandingkan dengan secara eksperimental, dengan prosentase kesalahan pada defleksi maksimum sebesar 7,94 % (Mustafa, dkk, 2012).

Menurut Arosid, A.Q (2013) bahwa nilai defleksi untuk beban terpusat sebesar 3 kg pada jarak L/2 adalah 0,6424 mm (hasil program matlab) dan 0,61 mm (hasil eksperimental), defleksi untuk dua

beban terpusat sebesar 1,5 kg, masing-masing terletak pada jarak 3L/8 dari tumpuan adalah 0,542 mm (hasil program matlab) dan 0,51 mm (hasil eksperimental), defleksi untuk tiga beban terpusat sebesar 1 kg masing-masing terletak pada jarak L/4 adalah 0,4283 mm (hasil program matlab) dan 0,4 mm (hasil eksperimental). Dari ketiga variasi posisi pembebangan diperoleh nilai defleksi terbesar terjadi pada beban terpusat dengan jarak L/2 untuk pengujian eksperimental maupun hasil program Matlab.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis lendutan pada baja ringan profil U dengan berbagai variasi posisi pembebangan menggunakan simulasi program matlab dan eksperimental

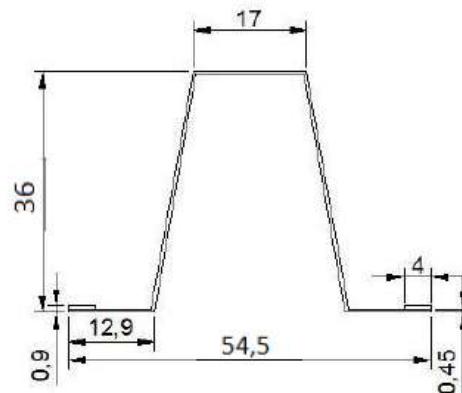
Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Metode eksperimental dilakukan pada tumpuan jepit-jepit dengan memberikan pembebangan pada jarak L/2 dan jarak L/4 dari panjang batang. Tahapan pelaksanaan pengujian lendutan dengan metode eksperimental adalah :

1. Tahapan pengujian untuk pembebangan terpusat pada posisi L/2 adalah :
 - a. Memasang tumpuan jepit-jepit.
 - b. Memasang benda uji di atas tumpuan.
 - c. Mengkalibrasi *dial indicator*.
 - d. Memasang *dial indicator*.
 - e. Memberikan pembebangan 3 kg.
 - f. Mencatat hasil lendutan.

2. Tahapan pengujian untuk pembebangan terpusat pada posisi L/4 adalah :
 - a. Memasang tumpuan jepit-jepit.
 - b. Memasang benda uji di atas tumpuan.
 - c. Mengkalibrasi *dial indicator*.
 - d. Memasang *dial indicator*.
 - e. Memberikan pembebangan 1,5 kg; 1 kg; 0,5 kg.
 - f. Mencatat hasil lendutan.

Bahan yang digunakan baja ringan profil U tebal 0,45 mm, panjang 800 mm, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

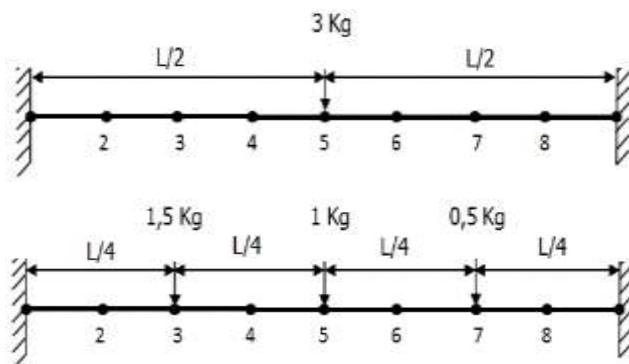


Gambar 1. Baja Ringan Profil U

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer yang dilengkapi dengan software program matlab, dan seperangkat alat uji lendutan (*Dial indicator* dan *Loading Hunger*).

Skema Teoritis

Metode elemen hingga dengan program matlab digunakan dalam menganalisis lendutan secara teoritis. Benda uji sepanjang 800 mm didiskritisasi menjadi 8 elemen dan 9 titik nodal seperti ditunjukkan pada gambar 2 berikut :



Gambar 2. Model pembebatan pada jarak L/2 dan L/4

Prosedur simulasi dengan program matlab adalah :

- Menyiapkan program matlab.
- Menginput data-data :

Panjang batang, $L = 0,8 \text{ m}$

Panjang elemen, $l = 0,1 \text{ m}$

Jumlah elemen = 8

Jumlah nodal = 9

$E = 1,276 \times 10^9 \text{ kg/m}^2$.

$I = 1,555 \times 10^{-8} \text{ m}^4$.

$P = 3 \text{ kg}$ pada posisi pembebatan L/2

$P = 1,5 \text{ kg}$; 1 kg ; $0,5 \text{ kg}$ pada posisi pembebatan L/4

- Menentukan matriks kekakuan lokal berdasarkan persamaan berikut :

$$[k] = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

- Menentukan matriks global.
- Mereduksi matriks global sesuai syarat batas.
- Mengeksekusi data-data yang ada untuk memperoleh hasil lendutan.
- Menyimpan file dalam bentuk M-file.

Prosentase kesalahan lendutan secara eksperimental

dan program matlab dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$PK = \left| \frac{\text{Hasil Eksp} - \text{Hasil prog.matlab}}{\text{Hasil Eksp}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Hasil dan Pembahasan

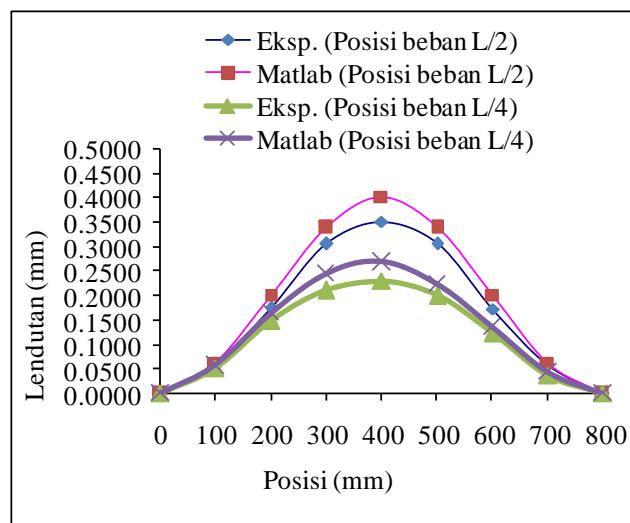
Hasil lendutan yang terjadi pada penelitian ini dicantumkan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Gambar 3.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Lendutan pada Posisi Pembebatan L/2.

Beban (kg)	Posisi (mm)	Defleksi (mm)		Prosentase Kesalahan (%)	Posisi Pembebatan
		Eksp.	Matlab		
0	0	0.0000	0.0000	0.00	
0	100	0.0570	0.0630	9.52	
0	200	0.1750	0.2015	13.15	
0	300	0.3050	0.3401	10.32	
3	400	0.3520	0.4031	12.68	L/2
0	500	0.3070	0.3401	9.73	
0	600	0.1730	0.2015	14.14	
0	700	0.0570	0.0630	9.52	
0	800	0.0000	0.0000	0.00	

Tabel 2. Hasil Perhitungan Lendutan pada Posisi Pembebatan L/4.

Beban (kg)	Posisi (mm)	Defleksi (mm)		Prosentase Kesalahan (%)	Posisi Pembebatan
		Eksp.	Matlab		
0	0	0.0000	0.0000	0.00	
0	100	0.0520	0.0569	8.61	
1,5	200	0.1480	0.1658	10.74	L/4
0	300	0.2100	0.2464	14.77	
1,0	400	0.2300	0.2687	14.40	
0	500	0.2000	0.2238	10.63	
0,5	600	0.1230	0.1365	9.89	
0	700	0.0380	0.0438	13.24	
0	800	0.0000	0.0000	0.00	



Gambar 3. Grafik Hubungan lendutan (y) terhadap posisi (x) pada berbagai posisi pembebanan

Tabel 1 memperlihatkan bahwa lendutan maksimum pada posisi pembebanan L/2 adalah 0,4031 mm (program matlab) dan 0,352 mm (eksperimental). Tabel 2 menunjukkan bahwa lendutan maksimum pada posisi pembebanan L/4 adalah 0,2687 mm (program matlab) dan 0,230 mm (eksperimental).

Gambar 3 memperlihatkan kondisi lendutan yang terjadi pada posisi pembebanan L/2 dan L/4 secara metode elemen hingga dengan program matlab dan secara eksperimental. Tampak adanya perbedaan hasil lendutan yang terjadi secara metode elemen hingga dengan simulasi matlab dan secara eksperimental dari kedua variasi pembebanan. Penelitian ini menggunakan material, jumlah beban dan jenis tumpuan yang digunakan, akan tetapi peletakan posisi pembebanan dan besarnya beban yang diberikan berbeda. Adanya perbedaan posisi peletakan pembebanan dan besarnya beban yang diberikan mempengaruhi perbedaan hasil lendutan yang diperoleh. Peletakan pembebanan yang jauh dari tumpuan pada posisi L/2 memberikan hasil lendutan lebih besar jika dibandingkan dengan peletakan posisi pembebanan pada L/4, baik secara metode elemen hingga dengan program matlab maupun secara eksperimental. Fenomena ini memberikan gambaran bahwa semakin jauh beban yang diberikan dari tumpuan maka semakin besar hasil lendutan yang diperoleh.

Hasil lendutan maksimum kecenderungan berada pada posisi pertengahan rentang batang, berdasarkan titik nodal yang digunakan posisi jarak dengan interval 100 mm. Hal ini terjadi pada posisi pembebanan L/2 dan L/4, namun khusus pada posisi pembebanan L/4 dengan besar beban

yang diberikan berbeda pada setiap titik nodal yang ditentukan, kondisi sebenarnya letak lendutan maksimum berada di antara 300 mm dan 400 mm.

Hasil penelitian juga memperlihatkan bahwa adanya perbedaan antara hasil yang diperoleh secara metode elemen hingga dengan program matlab dan secara eksperimental dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti : (a) Metode pendekatan langsung (MEH) dengan elemen garis untuk balok, sementara material yang digunakan berbentuk profil U yang memiliki alur dan lekukan, sehingga ikut mempengaruhi hasil lendutan yang diperoleh. (b) Adanya tingkat ketelitian perangkat alat ukur yang digunakan. (c) Material yang digunakan diasumsikan homogen mengakibatkan modulus elastisitas dan momen inersia tidak mengalami perubahan dalam perhitungan secara metode elemen hingga dengan program matlab, sedangkan secara eksperimental memungkinkan adanya material yang tidak homogen.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini adalah :

1. Hasil lendutan secara metode elemen hingga dengan program matlab lebih besar jika dibandingkan dengan secara eksperimental.
2. Kondisi peletakan pembebanan L/4 menghasilkan lendutan yang lebih besar jika dibandingkan dengan peletakan pembebanan L/2.
3. Lendutan maksimum cenderung terjadi pada pertengahan batang untuk letak pembebanan L/2 mm dan L/4 mm.
4. Persentase kesalahan terbesar yang diperoleh secara metode elemen hingga dengan program matlab dan secara eksperimental sebesar 14,77 %.

Ucapan Terima kasih

Pada kesempatan ini kami menyampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada semua pihak baik teman-teman sejawat, pranata laboratorium 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 (kg/mm^2)
I	Momen inersia (m^4)
L	Panjang batang (mm)
l	Panjang elemen
P	Beban (kg)

x Jarak (mm)
y Defleksi (mm)

Referensi

Arosid, A.Q. Aplikasi Metode Elemen Hingga untuk Penentuan Defleksi pada Baja Ringan Profil C dengan Program Matlab. Skripsi, Jurusan Teknik Mesin Universitas Tadulako, Palu (2013).

Dewa Ngakan K.P.N, dkk. Simulasi Studi Eksperimen dan Analisis Defleksi pada Ujung Bebas *Curved Beam* Akibat Beban Terkonsentrasi Tunggal, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M Vol. 3 No. 1, April. (2009).

Gunakala, S.R, dkk. *Finite Element Solution of the Beam Equation via MATLAB*. International Journal of Applied Science and Technology Vol. 2 No. 8; October 2012.

Mustafa, dkk. Analisis Teoritis dan Eksperimental Defleksi Pada Baja Ringan Profil U dengan Tebal 0,45 mm. Prosiding SNTTM XI & Thermofluid IV, ISSN 2302 – 4542. (2012)

Satria A. Aplikasi Program Metode Elemen Hingga pada Rangka Ruang (Space Truss) dengan Program Matlab, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil Universitas Sumatra Utara, Medan (2009).