

KAJI EKSPERIMENTAL DAN NUMERIK DEFLEKSI MATERIAL KUNINGAN DENGAN VARIASI POSISI PEMBEBANAN

Mustafa¹⁾

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis defleksi yang terjadi secara eksperimental dan numerik pada balok segi empat dengan variasi pembebanan. Metode integrasi dan metode luas momen digunakan dalam menganalisis penelitian ini. Hasil analisis menunjukkan bahwa posisi pembebanan $L/2$ (0,4 m) memberikan nilai defleksi yang terbesar. Selain itu defleksi secara eksperimental juga memberikan nilai terbesar jika dibandingkan dengan secara numerik.

Kata Kunci: Analisis defleksi, material kuningan, posisi pembebanan.

I. PENDAHULUAN

Di dalam dunia industri, mesin memegang peranan yang penting terhadap keseluruhan proses produksi. Sejalan dengan itu, maka penerapan disiplin ilmu keteknikan dalam berbagai bidang teknologi sangat penting demi menunjang keberhasilan industrialisasi. Bidang industri sebagai salah satu sasaran pembangunan jangka panjang meliputi beberapa sektor pembangunan yang luas, diantaranya adalah bidang konstruksi, perencanaan dan elemen mesin, perencanaan pesawat pengangkat, struktur rangka *crane*, konstruksi jembatan dan sebagainya. Semua komponen-komponen tersebut mengalami pembebanan dalam keadaan tertentu sehingga terjadi defleksi.

Analisis terhadap defleksi pada elemen-elemen mesin atau konstruksi ketika mengalami suatu pembebanan merupakan masalah yang penting diperhatikan dalam desain. Hal ini sangat penting terutama dari segi kekuatan (*strength*) dan kekakuan (*stiffness*), dimana pada batang horizontal yang diberi beban secara lateral akan mengalami defleksi.

Pada elemen-elemen yang mengalami pembebanan, defleksi yang terjadi harus pada suatu batas yang diijinkan. Ketika melewati batas yang diijinkan, maka akan terjadi kerusakan pada elemen-elemen tersebut ataupun pada elemen-elemen lainnya. Misalnya pada poros transmisi, jika defleksi yang terjadi cukup besar, maka akan mengakibatkan amplitudo getaran yang semakin besar hingga terjadi resonansi. Hal ini mengakibatkan bunyi serta getaran yang kasar pada sistem transmisi atau bahkan dapat merusak poros itu sendiri, dan dapat menyebabkan keausan yang cepat pada sisi bantalan yang menumpu poros serta kerusakan gigi-gigi pada *gear*nya.

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Tadulako Palu

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka analisis defleksi pada suatu material sangatlah penting, sehingga kekuatan dan kekakuan dari suatu konstruksi dapat diketahui.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan besarnya defleksi yang terjadi pada material kuningan dengan variasi posisi pembebanan, baik secara eksperimental maupun secara numerik. Selanjutnya hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi pembanding, dan menjadi acuan dalam penelitian selanjutnya tentang defleksi pada material kuningan sebagai bahan perencanaan konstruksi mesin.

Dalam aplikasi keteknikan, kemampuan untuk menentukan beban maksimum yang dapat diterima oleh suatu konstruksi adalah penting. Kebutuhan tersebut haruslah disesuaikan dengan pertimbangan ekonomis dan pertimbangan teknis, seperti kekuatan (*strength*), kekakuan (*stiffness*), dan kestabilan (*stability*). Pemilihan atau desain suatu batang sangat bergantung pada segi teknik di atas yaitu kekuatan, kekakuan dan kestabilan. Pada kriteria kekuatan, desain beam haruslah cukup kuat untuk menahan gaya geser dan momen lentur, sedangkan pada kriteria kekakuan, desain haruslah cukup kaku untuk menahan defleksi yang terjadi agar batang tidak melendut melebihi batas yang telah diizinkan.

Suatu batang jika mengalami pembebanan lateral, baik itu beban terpusat maupun beban terbagi rata, maka batang tersebut mengalami defleksi. Adapun hal-hal yang dapat mempengaruhi besar kecilnya defleksi adalah:

1. Jenis pembebanan.

Terdiri dari: beban terpusat (*consentrated atau point load*), beban terbagi rata (*uniformly distributed load*), dan beban bervariasi uniform.

2. Jenis tumpuan.

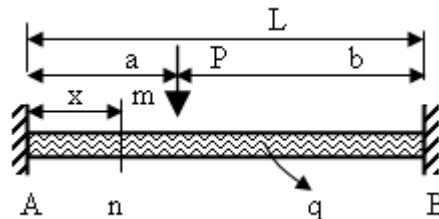
Terdiri dari: tumpuan jepit (*fixed support*), tumpuan engsel, dan tumpuan rol.

3. Jenis batang.

Terdiri dari: batang tumpuan sederhana (*simply supported beam*), batang kantilever (*cantilever beam*), batang tergantung (*overhanging beam*), batang terjepit (*rigidly fixed beam*), dan batang menerus (*continous beam*)

4. Kekuatan batang.

Rumus-rumus yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan pada jenis tumpuan jepit-jepit seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Batang Jepit dengan Beban Terpusat (P) dan Beban Terbagi Merata (q) Sepanjang Batang.

Sesuai dengan gambar 1 di atas, maka rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Nilai momen pada titik A dan B adalah:

$$M_A = -\frac{qL^2}{12} - \frac{P.ab}{3L^2} [2(L+b) - (L+a)] \dots (1)$$

$$M_B = -\frac{qL^2}{12} - \frac{P.ab}{3L^2} [2(L+a) - (L+b)] \dots (2)$$

- Persamaan defleksi total:

Untuk: $0 \leq x \leq a$

$$y = -\frac{qx}{24EI_z} [2Lx^2 - x^3 - L^3] + \frac{Pb.x}{6LEI_z} (L^2 - b^2 - x^2) - \frac{x(L-x)}{6LEI_z} \{L(2M_A + M_B) - x(M_A - M_B)\} \dots (3)$$

Untuk: $a \leq x \leq L$

$$y = -\frac{qx}{24EI_z} [2Lx^2 - x^3 - L^3] + \frac{P.a.(L-x)}{6LEI_z} \{(L^2 - a^2 - (L-x)^2)\} - \frac{x(L-x)}{6LEI_z} \{L(2M_A + M_B) - x(M_A - M_B)\} \dots (4)$$

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental (*experimental research*) di Laboratorium Metalurgi Fisik dan Laboratorium Mekanika Terpakai Teknik Mesin Universitas Hasanuddin.

B. Bahan dan Alat yang Digunakan

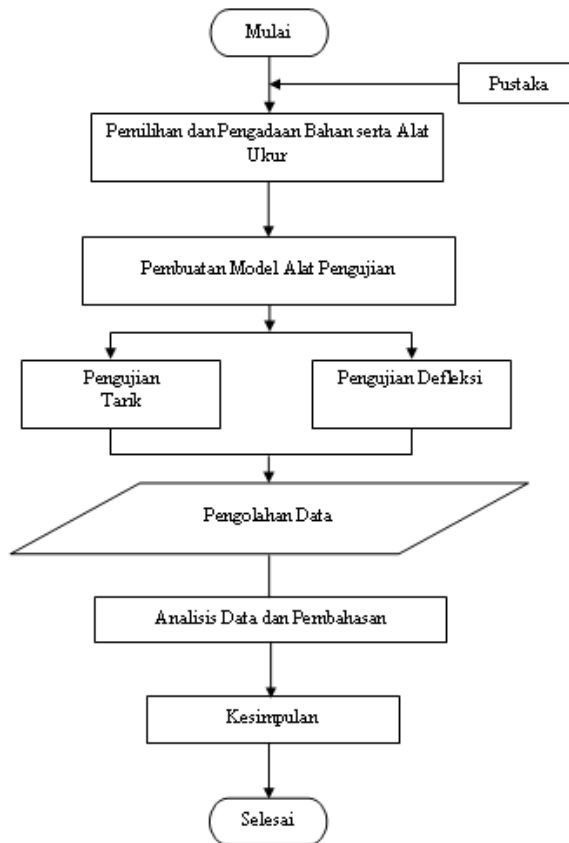
Bahan yang digunakan dalam pengujian tarik adalah kuningan dengan ukuran sebagai berikut: panjang awal (L_0) = 100 mm dan diameter awal (D_0) = 8 mm. Alat yang digunakan adalah seperangkat Mesin Uji tarik.

Bahan yang digunakan dalam pengujian defleksi adalah kuningan bentuk segiempat dengan ukuran sebagai berikut: Panjang (L) = 800 mm, Sisi (h) = 10 mm.

Seperangkat alat pengujian defleksi yang terdiri dari:

- Dial gauge dengan skala terkecil 0,01 mm untuk mengukur besarnya lendutan/defleksi yang terjadi.
- Mistar sebagai pengukur jarak.
- Tumpuan yang digunakan adalah jepit-jepit
- Pembebanan dengan berat 2,5 kg
- Variasi pembebanan yaitu 0,2 m, 0,4 m dan 0,6 m.

C. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian



Gambar. 2. Skema Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

D. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian tarik adalah:

1. Penjepitan spesimen tarik pada clamping upper dan clamping down dengan mengatur naik turunnya spindle up dan spindle down.
2. Menetapkan jarum penunjuk beban sebelum mesin dihidupkan.
3. Mengatur kecepatan spindle pada kecepatan 1 mm/min.
4. Menjalankan mesin dan pencatatan besar beban tiap kenaikan 0,1 mm hingga material uji patah.
5. Mengeluarkan material/spesimen yang sudah diuji.

Prosedur pengujian defleksi:

1. Menjepit batang uji yang panjangnya 800 mm pada kedua ujungnya.

2. Meletakkan dial gauge pada jarak 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm, 70 cm, dengan berpatokan bahwa pada tumpuan, defleksi yang terjadi sama dengan nol, dan menset dial gauge pada posisi nol.
3. Memberikan beban P sebesar 2,5 kg, pada jarak 20 cm dari tumpuan dan mencatat besarnya defleksi yang terjadi untuk masing-masing beban yang diberikan.
4. Mengulang langkah (3) untuk meletakkan beban P pada jarak 40 cm dan 60 cm.

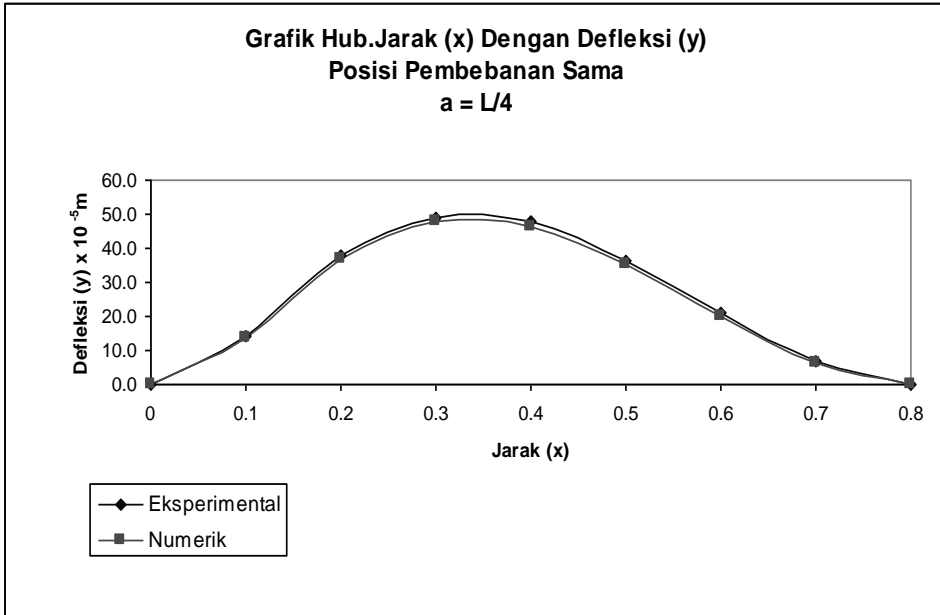
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menganalisa defleksi yang terjadi pada penelitian ini didasarkan pada hasil eksperimental dan numerik (tabel 1) serta grafik hubungan antara jarak (x) dengan defleksi yang terjadi (y) pada gambar 3, 4, 5, 6 sebagai berikut:

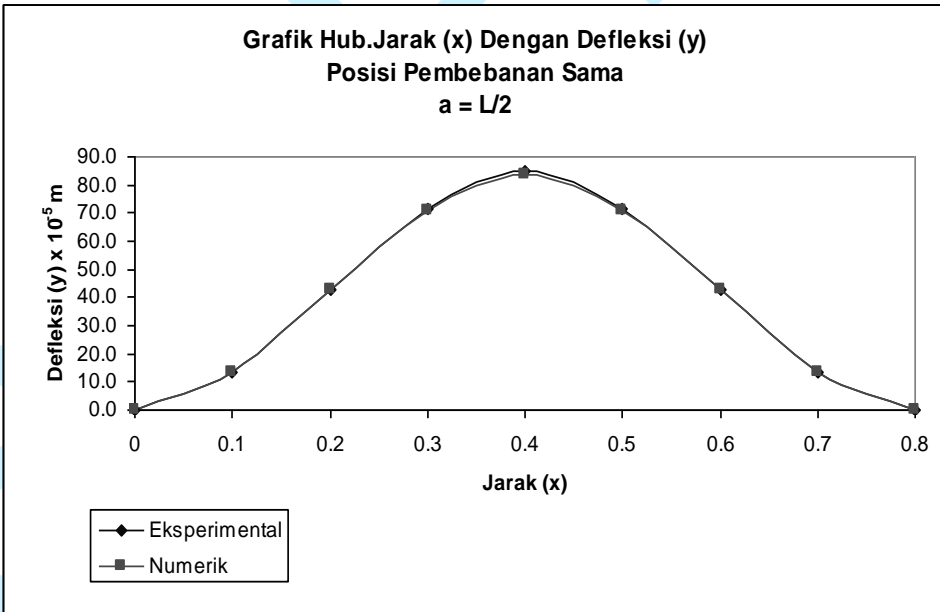
Material : Kuningan
 Sisi (h) : 10 mm = 0,01 m
 Panjang batang (L) : 800 mm = 0,8 m
 Berat per satuan panjang (q) : 0,739 kg/m
 Modulus Elastis (E) : $1,067 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2$.
 Momen inersia : $8,33 \times 10^{-10} \text{ m}^4$

Tabel 1. Hasil Eksperimental dan Numerik Defleksi

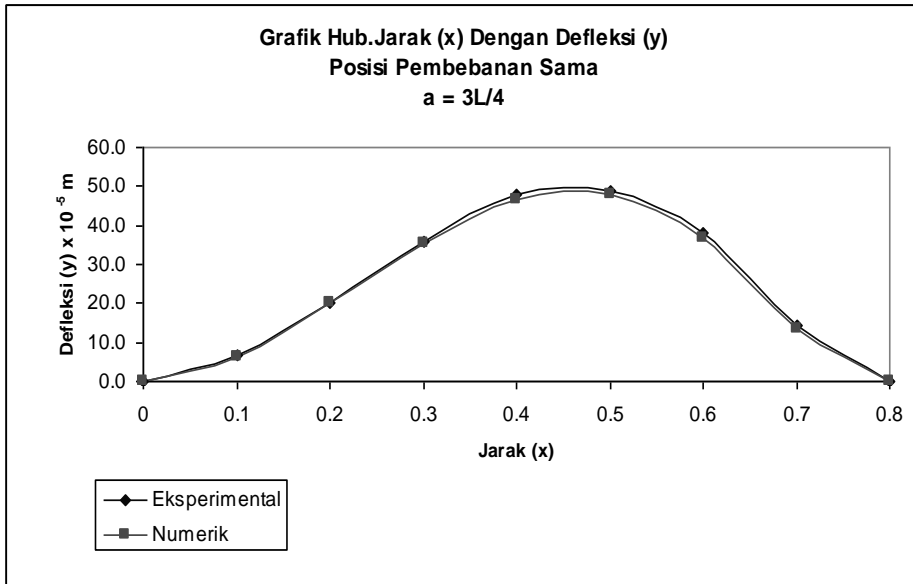
P = 2.5 kg	TUMPUAN JEPIT-JEPIT									Keterangan
	x (m)									
a	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	
	y (10 ⁻⁵ m)									
L/4	0.0	14.3	38.0	49.0	48.0	36.3	21.0	6.7	0.0	Eksperimental
	0.0	13.6	36.6	48.1	46.4	35.5	20.2	6.2	0.0	Numerik
L/2	0.0	13.7	43.0	71.7	85.0	71.7	43.0	13.7	0.0	Eksperimental
	0.0	13.4	42.5	71.1	83.9	71.1	42.5	13.4	0.0	Numerik
3L/4	0.0	6.7	20.0	36.0	48.0	49.0	38.0	14.3	0.0	Eksperimental
	0.0	6.2	20.2	35.5	46.4	47.8	36.6	13.6	0.0	Numerik



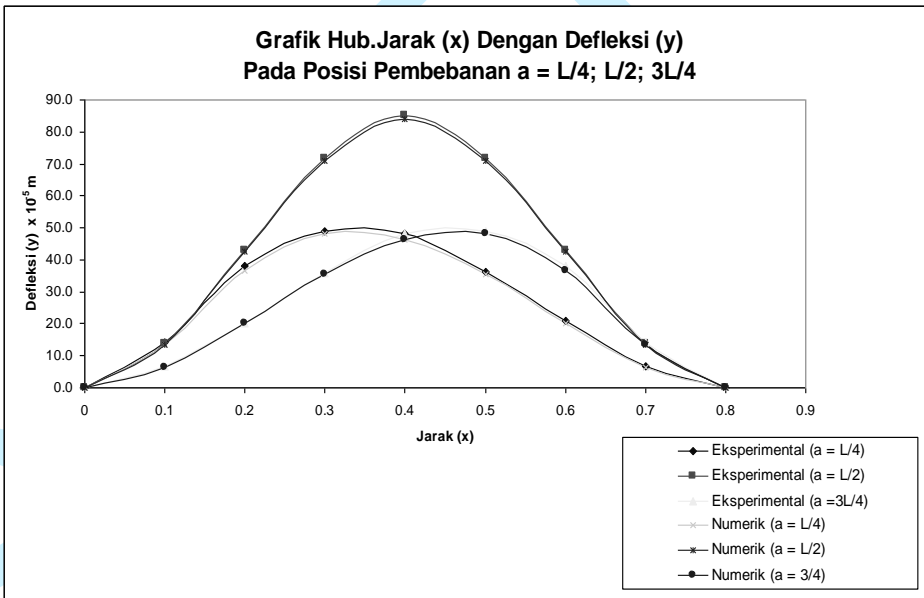
Gambar 3. Grafik Hub. Jarak (x) dengan Defleksi (y) untuk a = L/4 m



Gambar 4. Grafik Hub. Jarak (x) dengan Defleksi (y) untuk a = L/2 m



Gambar 5. Grafik Hub. Jarak (x) dengan Defleksi (y) untuk $a = 3L/4$ m



Gambar 6. Grafik Hub. Jarak (x) dengan Defleksi (y) untuk $a = L/4; L/2; 3L/4$ m

Dari hasil perhitungan defleksi secara eksperimental dan numerik (tabel 1) serta dari grafik hubungan antara jarak (x) dengan defleksi yang terjadi diperoleh nilai defleksi maksimum pada posisi pembebanan $L/4 = 0,2$ m sebesar $49,0 \times 10^{-5}$ m

(eksperimental) dan $48,1 \times 10^{-5}$ m (numerik) yang terjadi pada posisi 0,3 m. nilai defleksi maksimum pada posisi pembebanan $L/2 = 0,4$ m sebesar $85,0 \times 10^{-5}$ m (eksperimental) dan $83,9 \times 10^{-5}$ m (numerik) yang terjadi pada posisi 0,4 m (tengah batang). Sedangkan nilai defleksi maksimum pada posisi pembebanan $3L/4 = 0,6$ m sebesar $49,0 \times 10^{-5}$ m (eksperimental) dan $47,8 \times 10^{-5}$ m (numerik) yang terjadi pada posisi 0,5 m. Posisi pembebanan $L/4$ dan $3L/4$ mempunyai nilai defleksi yang hampir sama tapi saling berlawanan.

Dari ketiga posisi pembebanan yang diberikan dalam penelitian ini, posisi pembebanan pada 0,4 m (tengah batang) memberikan defleksi yang lebih besar jika dibandingkan dengan posisi pembebanan yang lain pada 0,2 m dan 0,6 m. Hal ini disebabkan karena pada posisi ini momen perlawanan yang terjadi terhadap aksi gaya akibat pembebanan yang diberikan, baik beban terpusat maupun beban terbagi rata mempunyai nilai yang sama dan berlawanan arah. Olehnya itu akan mengurangi pengaruh terhadap defleksi yang terjadi sehingga pada kondisi ini defleksinya sangat besar dibandingkan pada kondisi pembebanan yang lain.

Besarnya defleksi secara eksperimental yang terjadi pada umumnya lebih besar jika dibandingkan dengan hasil perhitungan secara numerik. Hal ini disebabkan karena batang uji kurang terjepit secara kaku sempurna yang mengakibatkan momen perlawanan pada jepitan lebih kecil sehingga defleksi yang terjadi menjadi lebih besar. Selain daripada itu pengaruh kekakuan material (modulus elastisitas) yang digunakan pada perhitungan secara numerik. Dimana semakin kaku suatu batang maka akan semakin kuat menahan suatu pembebanan yang pada nantinya menyebabkan defleksi yang dihasilkan semakin kecil.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.

Dari hasil perhitungan dan analisa data, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Posisi pembebanan $L/2$ memberikan defleksi terbesar, jika dibandingkan dengan posisi pembebanan $L/4$ dan $3L/4$.
2. Pada ketiga posisi pembebanan, defleksi yang diperoleh secara eksperimental lebih besar jika dibandingkan dengan defleksi numerik.

B. Saran.

Penelitian ini dapat menjadi dasar bagi peneliti-peneliti berikutnya dengan mengembangkan penelitian dengan material yang berbeda atau dengan variasi jenis tumpuan.

V. DAFTAR PUSTAKA

Beumer, B.J.M. (1980). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Bharata Karya Aksara, Jakarta.

Gere dan Timoshenko. (1987). *Mekanika Bahan*. Erlangga, Jakarta.

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

Singer, Ferdinand L, Pytel Andrew. (1985). *Kekuatan Bahan*. Erlangga, Jakarta.

Timoshenko, S. (1986). *Dasar-dasar Perhitungan Kekuatan Bahan*. Restu Agung, Jakarta.

SINERGI