

ANALISIS DEFLEKSI BEAM DENGAN VARIASI BEBAN DAN JENIS TUMPUAN PADA BEAM MENGGUNAKAN PENGAMATAN EKSPERIMENTAL, ANALITIS, DAN SIMULASI METODE ELEMEN HINGGA

*Muhammad Hanif An Naafi¹, Budi Setiyana², Ojo Kurdi²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: hanipnaafi@gmail.com

Abstrak

Beam memegang peranan yang penting dalam banyak aplikasi keteknikan salah satunya adalah konstruksi. Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan konstruksi adalah perhitungan defleksi dan tegangan pada elemen-elemen ketika mengalami suatu pembebahan. Defleksi dan tegangan yang terjadi pada elemen-elemen yang mengalami pembebahan harus pada suatu batas yang diijinkan. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui besarnya defleksi pada *beam* bermaterial kuningan, mengetahui pengaruh variasi beban dan jenis tumpuan pada defleksi *beam*, dan membandingkan hasil defleksi yang diperoleh dari tiga metode berbeda. Penyelesaian masalah pada penelitian defleksi *beam* kuningan ini dilakukan dengan metode analitis, metode simulasi numerik, dan metode eksperimen. Besarnya defleksi yang diperoleh dari metode eksperimen, perhitungan analitis, dan simulasi MEH adalah defleksi terbesar terjadi pada *beam* kuningan tumpuan jepit-rol variasi beban $P = 493$ gram dan jarak $x = 32$ cm dengan besar defleksi yaitu 0,59 mm, 0,6154 mm, dan 0,61752 mm. Sedangkan defleksi terkecil terjadi pada *beam* kuningan tumpuan jepit-jepit variasi beban $P = 125$ gram dan jarak $x = 5$ cm dengan besar defleksi yaitu 0,01 mm, 0,00958 mm, dan 0,0092643 mm. Dari penelitian didapat pengaruh variasi beban P pada defleksi *beam* berbanding lurus dengan besarnya defleksi yang dihasilkan. Dari penelitian didapat juga *beam* kuningan tumpuan jepit-rol menghasilkan defleksi yang lebih besar dibandingkan dengan defleksi pada *beam* kuningan tumpuan jepit-jepit. Dari penelitian didapat perbedaan nilai defleksi *beam* kuningan dari tiga metode berbeda yang disebabkan oleh *human error* dan keterbatasan instrument pengukuran defleksi.

Kata kunci: *beam*; beban; defleksi; kuningan; tumpuan

Abstract

Beam plays an important role in many engineering applications, one of which is construction. One of the things that needs to be considered in construction planning is calculating the deflection and stress on elements when they experience a load. Deflections and stresses that occur in elements experiencing loading must be within a permissible limit. This research aims to determine the amount of deflection on a beam made of brass material, determine the effect of variations in load and type of support on beam deflection, and compare the deflection results obtained from three different methods. Problem solving in this brass beam deflection research was carried out using analytical methods, numerical simulation methods, and experimental methods. The amount of deflection obtained from the experimental method, analytical calculations, and MEH simulations is that the largest deflection occurs in the brass beam supported by fixed-rollers with a load variation of $P = 493$ grams and a distance of $x = 32$ cm with a large deflection of 0.59 mm, 0.6154 mm, and 0.61752 mm. Meanwhile, the smallest deflection occurred in the brass beam supported by the fixed-fixed, varying the load $P = 125$ grams and distance $x = 5$ cm with large deflections, namely 0.01 mm, 0.00958 mm, and 0.0092643 mm. From the research, it was found that the effect of varying the load P on the beam deflection was directly proportional to the amount of deflection produced. From the research it was also found that the fixed-roll supported brass beam produced a greater deflection compared to the deflection of the fixed-fixed supported brass beam. From the research, it was found that differences in the deflection values of the brass beam from three different methods were caused by human error and limitations of the deflection measurement instrument.

Keywords: *beam*; brass; deflection; load; supports

1. Pendahuluan

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 dari *crane*, konstruksi jembatan dan sebagainya [1]. Dalam perencanaan konstruksi, 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 (*strength*), kekakuan (*stiffness*), dan kestabilan [2].

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan konstruksi adalah perhitungan defleksi dan tegangan pada elemen-elemen ketika mengalami suatu pembebahan. Hal ini sangat penting terutama dari segi kekakuan dan kekuatan, dimana pada batang horizontal yang diberi beban secara lateral akan mengalami defleksi. Defleksi dan tegangan yang terjadi pada elemen-elemen yang mengalami pembebahan harus pada suatu batas yang diijinkan, karena jika melewati batas yang diijinkan, maka akan terjadi kerusakan pada elemen-elemen tersebut ataupun pada elemen-elemen lainnya [3].

Meski demikian, walaupun tegangan yang terjadi masih lebih kecil daripada tegangan yang diijinkan oleh kekuatan bahan, bisa terjadi besar defleksi akibat beban yang bekerja melebihi batas yang diijinkan. Keadaan demikian dapat menyebabkan kerusakan serius pada bagian-bagian mesin atau struktur karena dapat mengakibatkan komponen menyimpang dari fungsi utamanya. Salah satu tipe elemen yang sering mengalami lenturan adalah *beam* [4].

Beam memegang peranan yang penting dalam banyak aplikasi keteknikan, meliputi konstruksi bangunan gedung, jembatan, *automobile* dan struktur pesawat terbang. Sebuah *beam* didefinisikan sebagai sebuah struktur dimana dimensi-dimensi lintangnya relatif lebih kecil dibandingkan panjangnya [4].

Penyelesaian masalah keteknikan termasuk masalah struktur seperti defleksi pada *beam* bisa dilakukan dengan beberapa metode, seperti metode analitis, metode numerik dan metode dengan mengukur secara langsung melalui eksperimen [4].

Selain itu, salah satu cara yang telah dan sedang dikembangkan adalah dengan simulasi, dimana penggunaan *software* simulasi dalam penyelesaian masalah-masalah struktur, dinamik, mekanika fluida maupun dalam pembentukan logam telah meningkat pada tahun-tahun terakhir. Hal ini karena keuntungan-keuntungan pemecahan masalah dan pengoptimalan proses pada komputer lebih murah dibandingkan dengan cara eksperimen di lapangan [4].

Hal ini disebabkan karena masalah-masalah yang dipecahkan dapat dimodelkan dengan pengurangan biaya secara efektif, yang mana permasalahan-permasalahan tersebut beberapa tahun yang lalu hanya dapat dikerjakan secara praktik. Namun demikian akurasi sebuah simulasi ditentukan oleh banyak faktor seperti, pemilihan jenis elemen, jenis dan penempatan pembebahan, *material property*, pembuatan model komponen dan lain-lain. Untuk alasan tersebut hasil-hasil simulasi perlu diverifikasi, salah satu caranya adalah dengan membandingkannya dengan data-data hasil eksperimen atau dengan data dari kajian analitis [4].

2. Dasar Teori

2.1. Kuningan

Kuningan adalah logam yang terdiri dari campuran tembaga (Cu) dan seng (Zn). Komponen utama dari logam kuningan adalah tembaga maka dari itu logam kuningan digolongkan sebagai logam paduan tembaga. Warna kuningan bervariasi dari coklat kemerahan gelap hingga ke cahaya kuning keperakan tergantung pada jumlah kadar seng [5]. Tembaga (Cu) merupakan komponen utama kuningan yang jumlah kandungannya bervariasi dari 55% hingga 95% menurut beratnya. Selain tembaga, kuningan memiliki komponen sekunder yaitu seng (Zn) yang jumlahnya bervariasi dari 5% hingga 40% menurut beratnya tergantung dari jenis kuningan tersebut [6].

Kuningan pada suhu ruangan memiliki *modulus of elasticity* sebesar 97 GPa, *shear modulus* sebesar 37 GPa, dan *Poisson's ratio* sebesar 0,34 [7]. Kuningan bersifat mudah dibentuk, memiliki ketahanan akan korosi yang diakibatkan oleh air garam dan udara, serta merupakan sebuah konduktor panas yang baik. Karena beberapa sifat tersebut logam kuningan banyak dimanfaatkan untuk bahan membuat sekrup, alat musik, pipa tabung, aplikasi kapal laut, radiator dan *casing cartridge* pada senjata api [5].

2.2. Balok (*Beam*)

Balok (*beam*) adalah sebuah struktur yang dimensi lintangnya relatif lebih kecil dibandingkan dimensi panjangnya [4]. *Beam* merupakan elemen struktur yang banyak digunakan pada mesin dan konstruksi bangunan. Beban atau gaya yang bekerja tegak lurus dengan sumbu longitudinal balok menghasilkan pembebahan berupa gaya geser pada balok.

Gaya yang bekerja pada balok akan mengakibatkan terbentuknya lenturan. Apabila sebuah balok mendapatkan beban di sepanjang balok maka balok tersebut akan mengalami tegangan, regangan dan defleksi [8].

2.3. Tumpuan

Tumpuan adalah tempat diletakkannya konstruksi untuk dukungan bagi konstruksi untuk meneruskan gaya yang bekerja menuju pondasi. Terdapat 3 jenis tumpuan dalam ilmu mekanika rekayasa diantaranya adalah tumpuan sendi, rol dan jepit. Gaya reaksi yang terjadi pada suatu benda yang mengalami pembebahan dipengaruhi oleh bagaimana benda tersebut ditumpu atau bagaimana benda tersebut disambung dengan benda lain [9].

2.4. Defleksi

Defleksi/lendutan adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebahan vertikal yang diberikan pada batang material. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok. Hubungan ini dapat dituliskan dalam bentuk persamaan yang sering disebut persamaan defleksi kurva (kurva elastis) dari material [10]. Persamaan diferensial untuk defleksi sebuah balok elastis adalah sebagai berikut.

$$\frac{d^2v}{dx^2} = \frac{M}{EI}$$

2.5. Spesifikasi Spesimen dan Variasi Uji Defleksi

Spesimen uji defleksi pada penelitian ini berbentuk *beam* (balok) kuningan dengan dimensi 500 mm x 25 mm x 3,5 mm yang memiliki modulus elastisitas sebesar 97 GPa. Variasi pada penelitian ini yaitu variasi tumpuan dimana pada penelitian ini *beam* kuningan akan ditumpu dengan dua jenis tumpuan yaitu tumpuan jepit-jepit dan jepit rol. Selanjutnya terdapat juga variasi pembebahan *beam* kuningan dengan variasi beban 125 gram, 250 gram, 375 gram, dan 493 gram. Selain itu juga terdapat variasi titik pengamatan defleksi yang berjarak dari tumpuan jepit yaitu sebesar 6 cm, 12 cm, 18 cm, 32 cm, 38 cm, dan 44 cm untuk *beam* kuningan tumpuan jepit-rol sedangkan untuk *beam* kuningan tumpuan jepit-jepit titik pengamatan defleksi bervariasi 5 cm, 10 cm, 15 cm, dan 20 cm.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil dan Pembahasan Defleksi *Beam* Kuningan

Dari penelitian yang dilakukan besarnya defleksi yang didapat menggunakan metode eksperimen, perhitungan analitis, dan simulasi MEH adalah defleksi terbesar terjadi pada *beam* kuningan tumpuan jepit-rol variasi beban $P_4 = 493$ gram dan jarak $x_4 = 32$ cm dengan besar defleksi yaitu 0,59 mm, 0,6154 mm, dan 0,61752 mm. Sedangkan defleksi terkecil terjadi pada *beam* kuningan tumpuan jepit-jepit variasi beban $P_1 = 125$ gram dan jarak $x_1 = 5$ cm dengan besar defleksi yaitu 0,01 mm, 0,00958 mm, dan 0,0092643 mm. Dari penelitian didapat pengaruh variasi beban P berbanding lurus dengan besarnya defleksi yang dihasilkan dimana semakin besar beban P maka defleksi yang dihasilkan juga semakin besar begitu juga sebaliknya. Pengaruh variasi tumpuan pada defleksi *beam* adalah *beam* tumpuan jepit-rol menghasilkan defleksi yang lebih besar dibandingkan dengan defleksi pada *beam* tumpuan jepit-jepit. Dari penelitian ini didapat adanya perbedaan besar defleksi pada masing-masing metode yang terjadi karena pada penelitian ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah *human error* dan keterbatasan instrumen pengukuran defleksi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data dari penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut.

- Pengaruh variasi beban P berbanding lurus dengan besarnya defleksi yang dihasilkan dimana semakin besar beban P maka defleksi yang dihasilkan juga semakin besar begitu juga sebaliknya.
- Pengaruh variasi tumpuan pada defleksi *beam* kuningan adalah *beam* kuningan tumpuan jepit-rol menghasilkan defleksi yang lebih besar dibandingkan dengan defleksi pada *beam* kuningan tumpuan jepit-jepit.
- Perbedaan nilai defleksi yang diperoleh dari tiga metode berbeda dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah *human error* dan keterbatasan instrumen pengukuran defleksi.

5. Daftar Pustaka

- [1] Yusuf, N., Hariadi, H., dan Tawar, A. S. A. (2020). Perbandingan Eksperimen Defleksi Batang Kantilever Berprofil Strip Terhadap Persamaan Teoritis Untuk Bahan Fe dan Al. *Rang Teknik Journal*, 3(1), 89-93.
- [2] Mustafa. (2012). Kaji Numerik dan Eksperimental Lendutan Balok Baja Karbon ST 60 Dengan Tumpuan Engsel - Rol. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(1), 221-230.
- [3] Basori, B., Syafrizal, S., dan Suharwanto, S. (2015). Analisis Defleksi Batang Lentur Menggunakan Tumpuan Jepit dan Rol Pada Material Aluminium 6063 Profil U Dengan Beban Terdistribusi. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 2(1), 50-58.
- [3] Popov, E.P. (1995). Mekanika Teknik (*Mechanics of Materials*). Edisi Kedua. Diterjemahkan oleh Zainul Astamar. Penerbit Erlangga.
- [4] Negara, D. N. K. P., dan Komaladewi, A. A. I. A. S. (2009). Simulasi, Studi Eksperimen dan Analisis Defleksi Pada Ujung Bebas *Curved Beam* Akibat Beban Terkonsentrasi Tunggal. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM*, 3(1), 6-10.
- [5] Nugroho, B.A., Rusnoto, dan Wibowo, H. (2017). Optimalisasi Sifat Mekanik Penambahan Aluminium Pada Logam Kuningan Pada *Prototype Baling-Baling*. *Jurnal Bidang Teknik*, 14(1), 15-20.
- [6] Syahruji, dan Ghofur, A. (2019). Penggunaan Kuningan Sebagai Bahan *Catalytic Converter* Terhadap Emisi Gas Buang dan Performa Mesin Suzuki Shogun Axelo 125. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 4(2), 67-78.
- [7] Callister, W.D. (2007). *Materials Science and Engineering*. 7th ed. United States of America: John Wiley & Sons.
- [8] Sunardi, Setiawan, I., dan Sofanudin. (2013). Karakteristik Kekuatan *Cellular Beam* Dengan Variasi Diameter Sel. Seminar Nasional Mesin dan Teknologi Kejuruan (SNMTK), 73-78.
- [9] Faoji, A., dan Sambowo, K.A., (2018). Perbandingan Tumpuan Jepit dan Sendi Pada Struktur *Power House* Ditinjau Dari Segi Efisiensi Material dan Biaya (Studi Kasus Proyek Pltmg Seram Peaker). *Jurnal Infrastruktur*, 4(2), 119-126.
- [10] Isworo, H., Ghofur, A., Rudi Cahyono, G., dan Riadi, J. (2019). Analisis *Dissplacement* Pada *Chassis* Mobil Listrik Wasaka. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 94-104.