

Rancang Bangun Peralatan Praktikum “Pengujian Defleksi pada Beam dan Shaft” untuk Mata Kuliah Mekanika Kekuatan Material

Erwin Sumantri¹, Alief Wikarta^{1,b*}, Indra Sidharta¹ dan Unggul Wasiwitono¹

¹Jurusan Teknik Mesin, FTI – ITS, Surabaya, Indonesia

^bwikarta@me.its.ac.id

Abstrak

Mekanika kekuatan material merupakan cabang ilmu dari mekanika yang mempelajari tentang efek internal dari tegangan dan regangan pada sebuah benda padat yang dikenai beban eksternal. Salah satu eksperimen untuk menguji suatu kekuatan material adalah dengan pengujian defleksi. Beam dan shaft merupakan komponen yang paling banyak mengalami defleksi. Hal ini dikarenakan pada beam dan shaft merupakan suatu komponen terpenting dari suatu konstruksi mesin. Pada artikel ini dipaparkan rancang bangun peralatan praktikum untuk pengujian defleksi pada beam dan shaft. Pengujian meliputi tiga macam, yaitu pengujian defleksi pada cantilever beam, pengujian defleksi pada overhang beam dan pengujian defleksi pada shaft. Pada tiap pengujian tersebut menggunakan variasi beban yang berbeda – beda yaitu dengan beban 1 kg, 0.5 kg, 0.25 kg. Hasil rancang bangun yang didapat yaitu sebuah meja kerja yang terdiri dari tiga macam pengujian untuk praktikum defleksi. Hasil pengujian menunjukkan akurasi yang baik dari nilai defleksi pada tiap – tiap pengujian bila dibandingkan dengan hasil perhitungan. Pengujian cantilever beam memiliki selisih terbesar pada titik 350 mm dan beban 0.25 kg yakni dengan selisih defleksi sebesar 85 mikron. Pada pengujian overhang beam selisih terbesar didapat pada titik 495 mm dan beban 1 kg dengan selisih defleksi sebesar 58 mikron. Sementara pada pengujian defleksi shaft selisih terbesar didapat pada titik 400 mm dengan beban 0.25 kg dengan selisih defleksi sebesar 179 mikron.

Kata kunci : peralatan praktikum, pengujian defleksi, mekanika kekuatan material

Pendahuluan

Mekanika kekuatan material berawal pada abad ke 17, ketika Galileo Galilei melakukan eksperimen untuk mempelajari efek dari batang yang dikenai beban dengan menggunakan berbagai macam material. Kemudian pada awal abad ke 18 metode eksperimen untuk menguji sebuah kekakuan material semakin banyak, diantaranya: Saint-Venant, Poisson, Lame dan Navier [1].

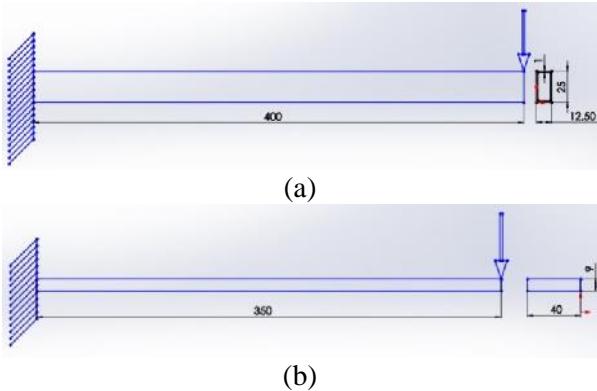
Dalam perkuliahan Mekanika Kekuatan Material di kelas, agar mahasiswa lebih memahami aplikasi dari apa yang sudah diajarkan maka diperlukan laboratorium sebagai media pembelajaran [2]. Di dalam laboratorium pengajaran, eksperimen dilakukan agar teori yang sudah didapat di kelas dapat dibandingkan dengan keadaan secara aktual. Oleh karena itu artikel ini bertujuan untuk merancang bangun alat praktikum untuk pengujian defleksi pada

beam dan shaft guna mendukung tercapainya kompetensi pembelajaran dari mata kuliah Mekanika Kekuatan Material.

Rancang Bangun Peralatan

Ada 3 macam pengujian defleksi yang dirancang bangun untuk peralatan praktikum ini. Pengujian tersebut meliputi cantilever beam, overhang beam, dan shaft. Untuk tiap macam pengujian, dilakukan perancangan dimensi dan material dari beam sebagai benda uji. Hal ini dilakukan guna memastikan terpenuhinya defleksi kecil, yakni defleksi maksimum yang terjadi harus lebih kecil 1/10 dari tebal beam [3-4].

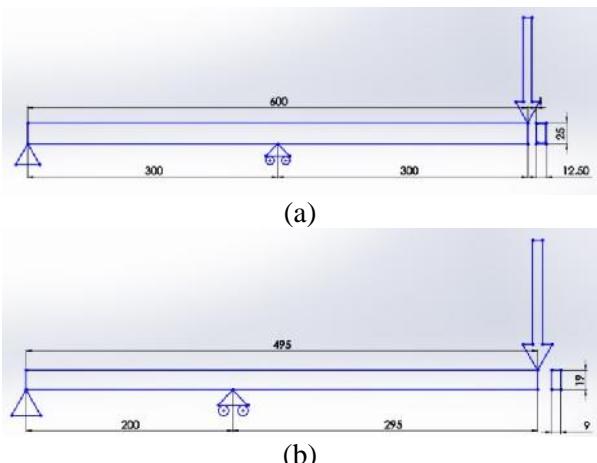
Perancangan benda uji cantilever beam ditunjukkan pada gambar 1 dan tabel 1. Sementara untuk benda uji overhang beam ditunjukkan pada gambar 2 dan tabel 2. Sedangkan untuk benda uji shaft dapat dilihat pada gambar 3 dan tabel 3.



Gambar 1. Dimensi perancangan benda uji cantilever beam (a) material Alumunium (b) material Steel.

Tabel 1. Hasil perhitungan defleksi maksimum cantilever beam

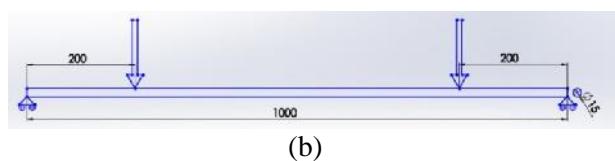
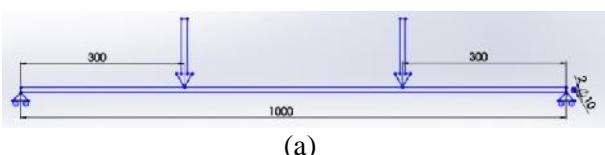
[E] (GPa)	Beban (Kg)	Rumus Defleksi	Defleksi maks (mm)
Alumunium 2014-T6 73 GPa	1 Kg	$y = \frac{PL^3}{3EI}$	0.5191
Stainless Steel 197 GPa	1 Kg	$y = \frac{PL^3}{3EI}$	0.29854



Gambar 2. Dimensi perancangan benda uji overhang beam (a) material Alumunium (b) material Steel.

Tabel 2. Hasil perhitungan defleksi maksimum overhang beam

[E] (GPa)	Beban (Kg)	Rumus Defleksi	Defleksi maksimum (mm)
Alumunium 2014-T6 73 GPa	1 Kg	$y_e = \frac{PL^3}{3EI}$	0.4380
Stainless Steel 197 GPa	1 Kg	$y_e = \frac{PL^3}{3EI}$	0.1416

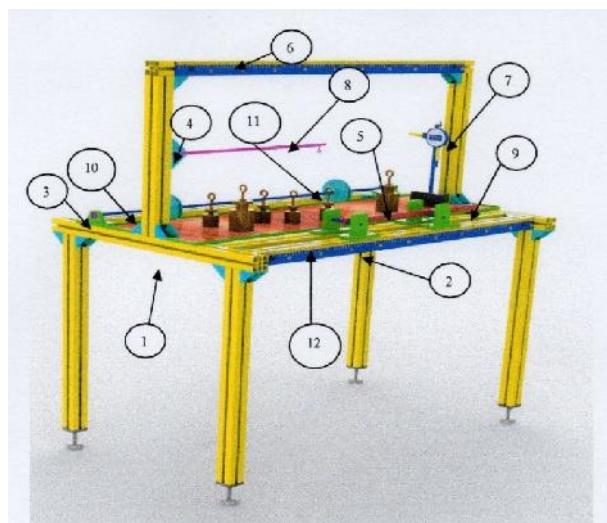


Gambar 3. Dimensi perancangan benda uji shaft (a) material Alumunium (b) material Steel.

Tabel 3. Hasil perhitungan defleksi maksimum shaft

[E] (GPa)	Beban (Kg)	Rumus Defleksi	Defleksi maksimum (mm)
Alumunium 2014-T6 73 GPa	1 Kg	$y = \frac{Pa}{24EI} (4a^2 - 3L^2)$	6.466
Stainless Steel 197 GPa	1 Kg	$y = \frac{Pa}{24EI} (4a^2 - 3L^2)$	0.12085

Hasil dari perancangan kemudian dilanjutkan untuk mendesain peralatan praktikum defleksi yang ditunjukkan pada gambar 4. Sementara barang jadi dari peralatan praktikum dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. Desain peralatan praktikum defleksi

Keterangan gambar :

1. Meja Kerja
2. Tumpuan engsel
3. Tumpuan rol
4. Tumpuan jepit
5. Beban
6. Penggaris / mistar besi 1m
7. Dial gauge
8. Cantilever beam
9. Overhang beam
10. Shaft

11. Puli
12. Papan kayu

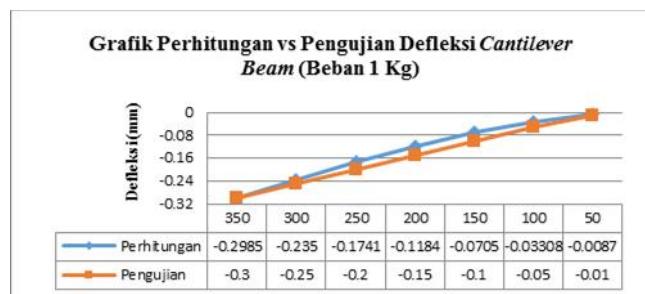


Gambar 5. Peralatan praktikum defleksi

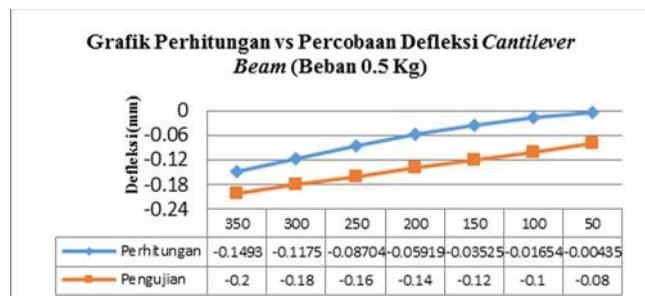
Hasil dan Pembahasan

Setelah perhitungan secara teori dan pengujian peralatan telah selesai dilakukan, maka data-data defleksi yang didapat akan diplot dalam grafik untuk dibandingkan antara teori dan pengujian. Perbandingan antara perhitungan teori dan pengujian dilakukan untuk ketiga macam pengujian, yakni: *cantilever beam*, *overhang beam* dan *shaft*.

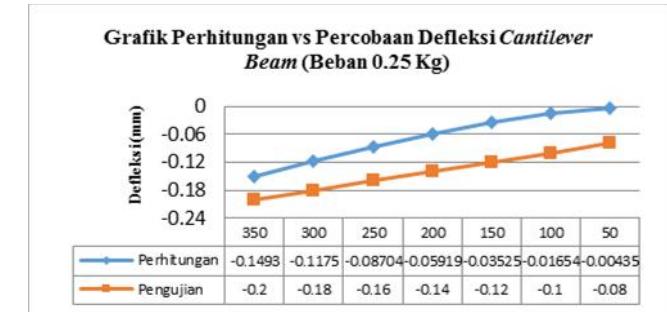
Perbandingan antara perhitungan dan pengujian defleksi pada *cantilever beam*



Gambar 6. Grafik Perhitungan vs Pengujian Defleksi *Cantilever Beam* (Beban 1 Kg)



Gambar 7. Grafik Perhitungan vs Pengujian Defleksi *Cantilever Beam* (Beban 0.5 Kg)



Gambar 8. Grafik Perhitungan vs Pengujian Defleksi *Cantilever Beam* (Beban 0.25 Kg)

Gambar 6-8 menunjukkan bahwa dari hasil perhitungan didapatkan defleksi maksimum terjadi pada titik 350 mm. Pada beban 1 kg didapat defleksi maksimum sebesar $y = -0.2985$ mm, sedangkan untuk beban 0.5 kg defleksi maksimumnya sebesar $y = -0.1493$ mm dan pada beban 0.25 kg didapat defleksi maksimum sebesar $y = -0.0746$ mm. Defleksi tersebut menurun nilainya seiring perpindahan jarak yang mendekati tumpuan jepit.

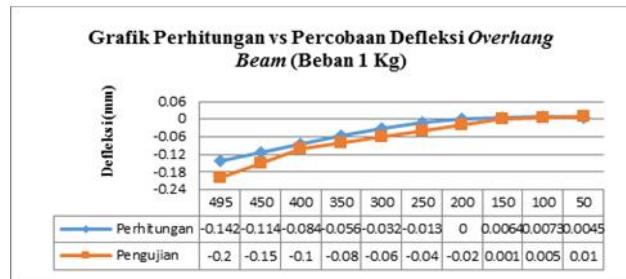
Hal ini sudah sesuai teori dimana semakin besar beban yang diberikan terhadap sebuah *beam*, maka defleksi yang terjadi semakin besar. Defleksi maksimum terjadi pada ujung *beam* yang bebas, dan defleksi tersebut menurun nilainya ketika jaraknya mendekati tumpuan jepit. Dimana defleksi pada ujung *beam* yang ditumpu oleh tumpuan jepit nilainya = 0

Hasil perhitungan dan pengujian terdapat perbedaan nilai defleksi. Pada beban 1 Kg selisih terbesar terdapat pada titik 200 mm dengan nilai selisih sebesar 31 mikron. Untuk beban 0.5 Kg selisih terbesar terdapat pada titik 150 mm dengan nilai selisih sebesar 84 mikron. Sedangkan pada beban 0.25 Kg selisih terbesar terdapat pada titik 350 mm dengan nilai selisih sebesar 85 mikron. Perbedaan ini disebabkan oleh setting nol dial indicator yang kurang tepat, permukaan benda kerja yang kurang rata, dan meja alat uji yang kurang datar.

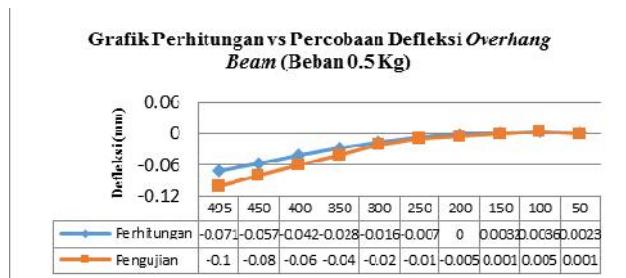
Perbandingan antara perhitungan dan pengujian defleksi pada *overhang beam*

Gambar 9-11 menunjukkan bahwa dari hasil perhitungan didapat defleksi maksimum terjadi pada titik 495 mm. Pada beban 1 Kg

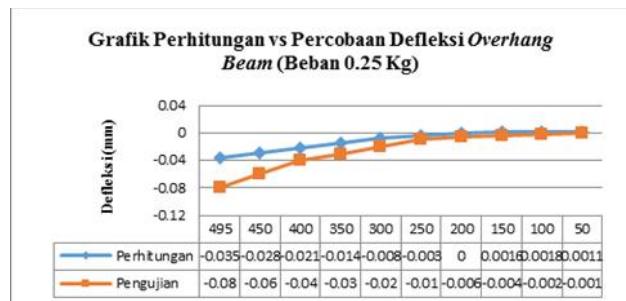
didapat defleksi maksimum sebesar $y = -0.1417$ mm, untuk beban 0.5 Kg defleksi maksimumnya sebesar $y = -0.0709$ mm dan pada beban 0.25 Kg didapat defleksi maksimum sebesar $y = -0.0354$ mm.



Gambar 9. Grafik Perhitungan vs Pengujian Defleksi Overhang Beam (Beban 1 Kg)



Gambar 10. Grafik Perhitungan vs Pengujian Defleksi Overhang Beam (Beban 0.5 Kg)



Gambar 11. Grafik Perhitungan vs Pengujian Defleksi Overhang Beam (Beban 0.25 Kg)

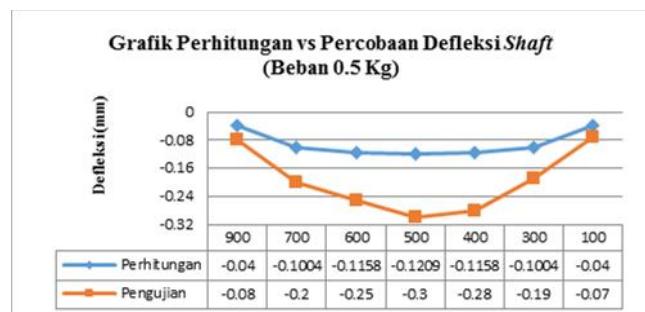
Defleksi tersebut menurun nilainya seiring perpindahan jarak yang mendekati tumpuan rol. Pada tumpuan rol nilai defleksinya = 0. Kemudian nilai defleksi tersebut mengalami kenaikan dan penurunan sampai titik tumpuan engsel.

Hal ini sudah sesuai teori dimana semakin besar beban yang diberikan terhadap sebuah *beam*, maka defleksi yang terjadi semakin besar. Defleksi maksimum terjadi pada ujung *beam* yang bebas.

Hasil perhitungan dan pengujian terdapat perbedaan nilai defleksi. Pada beban 1 Kg selisih terbesar terdapat pada titik 495 mm

dengan nilai selisih sebesar 58 mikron. Untuk beban 0.5 Kg selisih terbesar terdapat pada titik 495 mm dengan nilai selisih sebesar 29 mikron. Sedangkan pada beban 0.25 Kg selisih terbesar terdapat pada titik 495 mm dengan nilai selisih sebesar 44 mikron. Perbedaan ini disebabkan oleh praktikan dalam pembacaan nilai defleksi pada dial indicator yang salah.

Perbandingan antara perhitungan dan pengujian defleksi pada *shaft*.



Gambar 12. Grafik Perhitungan vs Pengujian Defleksi Shaft (Beban 0.5 Kg)

Gambar 12 menunjukkan bahwa dari hasil perhitungan didapat defleksi maksimum yaitu pada titik 500 mm, dengan defleksi maksimum sebesar $y = -0.1209$ mm, Fenomena yang terjadi adalah defleksi tersebut menurun nilainya dari tumpuan rol pertama sampai titik tengah panjang shaft, kemudian naik kembali seiring perpindahan jarak yang mendekati tumpuan rol kedua. Pada tumpuan rol nilai defleksinya = 0.

Hal ini sudah sesuai teori dimana apabila sebuah *beam* dengan tumpuan sederhana diberi beban secara simetris, maka defleksi paling besar berada pada titik tengah dari panjang *beam* tersebut.

Hasil perhitungan dan pengujian terdapat perbedaan nilai defleksi. Selisih terbesar terdapat pada titik 500 mm dengan nilai selisih sebesar 179 mikron. Perbedaan ini disebabkan oleh benda uji praktikum (*shaft*) yang telah mengalami defleksi sebelum dimulainya praktikum.

Kesimpulan

Kesimpulan dari artikel ini adalah sebagai berikut:

1. Desain dan rancangan yang telah dibuat sudah direalisasikan kedalam bentuk jadi alat praktikum defleksi pada *beam* dan *shaft*
2. Hasil pengujian praktikum dan pengambilan data terdapat perbedaan nilai defleksi antara hasil perhitungan teori dengan pengambilan data pada saat pengujian yaitu sebagai berikut :
 - a. Pada pengujian *cantilever beam* selisih terbesar didapat pada titik 350 mm dengan beban 0.25 Kg dengan selisih defleksi sebesar 85 mikron.
 - b. Pada pengujian *overhang beam* selisih terbesar didapat pada titik 495 mm dengan beban 1 Kg dengan selisih defleksi sebesar 58 mikron.
 - c. Pada pengujian defleksi *shaft* selisih terbesar didapat pada titik 400 mm dengan beban 0.25 Kg dengan selisih defleksi sebesar 179 mikron.
3. Perbedaan nilai defleksi antara perhitungan dan pengujian disebabkan oleh :
 - a. Setting nol pada dial indicator yang salah
 - b. Permulaan *beam* yang kurang rata
 - c. Permukaan meja untuk dudukan dial indicator kurang datar
 - d. Kesalahan pembacaan dial indicator

- [4] Pharr, G.M. (1998) Measurement of mechanical properties by ultra-low load. *Materials Science and Engineering A*, v. 253, n. 1-2, p. 151-159.

Referensi

- [1] Russel C. Hibbeler (2008). Mechanics of Materials Eight Edition. Pearson, New York.
- [2] Dewa Ngakan Ketut Putra Negara dan Si Putu Gde Gunawan Tista. (2009). Simulasi dan Studi Eksperimen Defleksi *Beam* Bright Mild Steel Akibat Variasi Beban Horisontal. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali.
- [3] Askeland, Donald R.; Phulé, Pradeep P. (2006). The science and engineering of materials (ed. 5th). Cengage Learning. hlm. 198.