

## ANALISIS MOMEN LENTUR MATERIAL BAJA KONSTRUKSI DENGAN VARIASI MOMEN INERSIA DAN BEBAN TEKAN

Darmanto\*, M.Nursalim, dan Imam Syafaat

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang

Jl. Menoreh Tengah X/22 Sampangan

\*email: darmanto\_uwh@yahoo.co.id

### Abstrak

Pengujian bahan merupakan salah satu proses penting didalam pemilihan sebuah material. Hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh kekuatan dan ketangguhan material tersebut dalam menerima beban dari tekanan atau gaya dalam sebuah konstruksi. Defleksi dan modulus elastisitas merupakan komponen didalam pengujian momen bending dengan variasi momen inersia dan tekanan. Baja konstruksi digunakan sebagai specimen dengan variasi profil yang berbeda-beda. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui besaran defleksi dan mengukur nilai modulus elastisitas. Pengujian momen lentur dilakukan dengan variasi tekanan 5 kg/cm<sup>2</sup>, 7 kg/cm<sup>2</sup>, dan 10 kg/cm<sup>2</sup>. Penelitian dilakukan dengan menggunakan media bahan uji diameter 5/8 inchi, kotak 1/2 inchi dan kotak 5/8 inchi. Pengujian dilakukan masing-masing 3 kali pada tiap jenis bahan uji pada tiap variasi beban. Hasil penelitian menunjukkan modulus elastisitas baja konstruksi yang terjadi pada kisaran 229,5681Gpa sampai dengan 247,2482GPa, hal ini mendekati nilai empiris dasar pada literatur yaitu antara 200 GPa sampai dengan 220 GPa dengan mengabaikan faktor gesekan.

**Kata kunci:** modulus elastisitas, baja konstruksi, defleksi, beban tekan, momen inersia

### PENDAHULUAN

Pengujian bahan merupakan salah satu proses penting didalam pemilihan sebuah material. Hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh kekuatan dan ketangguhan material tersebut di dalam menerima beban dari tekanan atau gaya didalam sebuah konstruksi. Untuk itu pemilihan bahan merupakan hal yang utama, selain pertimbangan desain konstruksi sebuah mesin ataupun sebuah konstruksi sipil.

### Perumusan Masalah

Untuk mendapatkan sebuah kualitas material kita perlu melakukan pengujian pada sebuah material. Dengan metoda sederhana ini kita dapat mengetahui dimana benda dalam menerima beban dan dalam kondisi elastis saat hukum *Hooke* masih bekerja. Dari kondisi elastis tersebut maka dapat dimunculkan ke dalam bentuk defleksi dan besaran modulus elastisitas. Tujuan dilakukan pengujian bahan baja konstruksi ini antara lain :

1. Mengetahui defleksi pada bahan baja konstruksi
2. Untuk mengukur besaran modulus elastisitas dari proses pengujian bahan tersebut

### DASAR TEORI

#### Baja

Baja merupakan logam yang utama digunakan pada industri. Baja terdiri dari 2 campuran utama yakni antara besi (Fe) dan Karbon (C). Baja mempunyai sifat ulet, keras, tangguh, dan mudah untuk proses permesinan. Baja sering digunakan dalam berbagai industri baik industri manufaktur, pengolahan, pertambangan, hingga industri rumah tangga. Hampir di setiap sendi-sendi kehidupan tidak terlepas dari logam baja ini. Baja merupakan paduan besi (Fe) dan Karbon (C), dimana kandungan karbon tidak lebih dari 2,1% (<http://id.wikipedia.org/wiki/baja>). Banyak manfaat dari pada logam baja ini yakni sebagai berikut :

- a. Tangguh dan ulet
- b. Mudah diproses dan ditempa
- c. Sifatnya dapat diubah dengan perubahan kandungan karbon dan proses perlakuan panas
- d. Banyak dipakai untuk peralatan industri dan dalam kehidupan sehari-hari

#### Baja Karbon Rendah

Kandungan karbon 0,10% sampai dengan 0,30%. Termasuk disini baja konstruksi yang memiliki tegangan tarik 42 kg/mm (Sularso, 2002). Sering digunakan untuk plat baja ringan,

body kendaraan, dan aneka konstruksi bangunan.

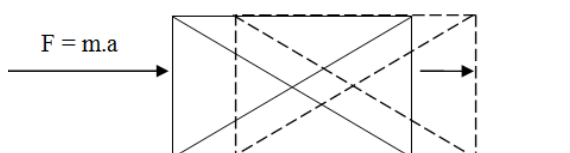
### Baja Paduan (Alloy)

Merupakan campuran baja karbon dengan campuran logam lainnya dengan tujuan untuk memperbaiki dari pada sifat baja tersebut. Tujuan dilakukan penambahan unsur pada baja antara lain :

1. Untuk menaikkan sifat mekanik baja (kekerasan, ketahanan, kekuatan tarik dan sebagainya)
2. Untuk menaikkan sifat mekanik pada temperatur tertentu
3. Untuk meningkatkan daya tahan terhadap reaksi kimia (oksidasi dan reduksi)
4. Untuk membuat sifat-sifat spesial pada suatu logam ([digilib.unimus.ac.id/files/.../jtpuni-mus-gdl-wahyudic2a-5235-2-bab2.pdf](http://digilib.unimus.ac.id/files/.../jtpuni-mus-gdl-wahyudic2a-5235-2-bab2.pdf))

### Gaya

Benda dapat bergerak karena adanya gaya yang mengenai benda tersebut baik menarik atau mendorong. Gaya merupakan perkalian dari massa dan percepatan. Satuan dari pada gaya adalah Newton , satu Newton adalah besarnya gaya yang diperlukan untuk menimbulkan percepatan 1[m/s] pada benda bermassa 1 [kg]. Ini seperti tergambar pada Gambar 1.



Gambar 1. Gaya bekerja

Disamping Newton, satuan gaya ditulis juga dalam bentuk  $\text{kgm/s}^2$ .

$$1 \text{ Newton} = 1 \text{ kgm/s}^2$$

Pada Hukum Newton II menerangkan bahwa percepatan suatu benda sebanding dengan resultan gaya yang bekerja dan berbanding terbalik dengan massanya, secara matematik hukum ini ditulis :

$$a = \frac{F}{m} \text{ atau } \sum F = m.a \quad (1)$$

(Kanginan, 2004)

Dimana:

$F$  = Resultan gaya yang bekerja [N]

$m$  = Massa benda [kg]

$a$  = Percepatan yang ditimbulkan [ $\text{m/s}^2$ ]

### Momen

Gaya yang bekerja pada benda akan menimbulkan suatu efek gerakan. Besar dan arah efek yang ditimbulkan oleh gaya pada suatu benda bergantung pada letak garis kerja gaya tersebut.

Momen gaya sering disebut dengan momen putar dengan diberi lambang  $M$ . Jika dirumuskan adalah sebagai berikut :

$$M = F \cdot x \quad (2)$$

(Kanginan, 2004)

Dimana:

$M$  = Momen gaya yang bekerja [Nm]

$F$  = Gaya yang bekerja [N]

$x$  = Panjang lengan [m]

### Tegangan

Tegangan yang bekerja pada penampang yaitu dapat dirumuskan :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3)$$

(Popov, 1996)

Dimana :

$\sigma$  = gaya per satuan luas [ $\text{N/m}^2$ ]

$P$  = Beban [N]

$A$  = Luas penampang [ $\text{m}^2$ ]

### Regangan

Regangan digunakan untuk mempelajari deformasi yang terjadi pada suatu benda. Untuk memperoleh regangan, maka dilakukan dengan membagi perpanjangan (  $\delta$  ) dengan panjang ( $L$ ) yang telah diukur, dengan demikian diperoleh:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L} \quad (4)$$

(Sularso, 2004)

Dimana :

$\varepsilon$  = regangan

= perubahan bentuk aksial total [mm]

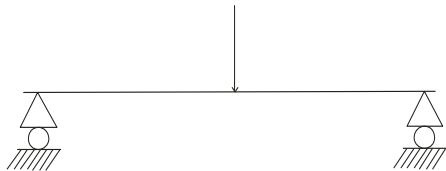
$L$  = panjang batang [mm]

### Beban

Beban yang bekerja pada batang dibedakan menjadi 2 macam yaitu :

1. Beban terpusat

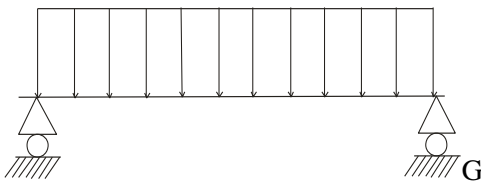
Beban terpusat adalah beban yang bekerja pada luasan yang relatif kecil, sehingga untuk memudahkan perhitungan luasan ini dianggap sebagai titik. Beban terpusat pada batang sederhana dapat digambarkan seperti Gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2. Beban terpusat pada batang sederhana

2. Beban terbagi merata

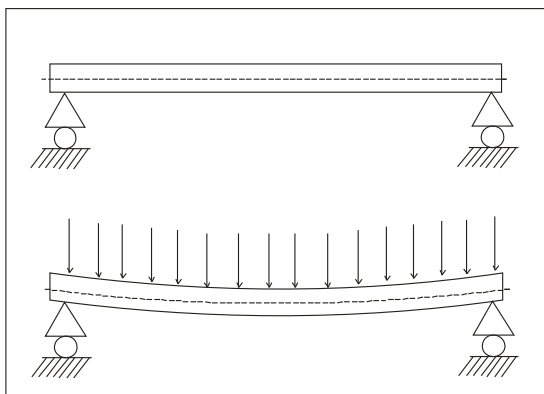
Adalah beban yang bekerja merata pada luasan yang lebih besar. Beban terbagi merata pada batang sederhana dapat digambarkan seperti Gambar 3 sebagai berikut :



Gambar 3. Beban merata pada batang

Defleksi

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertical yang diberikan pada balok atau batang. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi seperti Gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 4. Deformasi pada Balok

Fenomena Lendutan Batang

Untuk setiap batang yang ditumpu akan melendut apabila diberikan beban yang cukup besar. Lendutan batang sangat penting dalam konstruksi terutama konstruksi mesin, dimana pada bagian-bagian tertentu seperti poros, lendutan sangat tidak diinginkan karena adanya lendutan maka kerja poros atau operasi mesin akan tidak normal sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada bagian mesin atau pada bagian lainnya.

Hukum Hooke's

Sesuai dengan hukum Hooke's, tegangan adalah sebanding dengan regangan. Kesebandingan tegangan terhadap regangan dinyatakan sebagai perbandingan tegangan satuan terhadap regangan satuan.

Modulus elastitas merupakan perbandingan unsur tegangan normal dan regangan normal. Adapun persamaan dinyatakan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \tag{5}$$

(Popov, 1996)

Dimana:

E = modulus elastisitas bahan [N/m<sup>2</sup>]

σ = tegangan normal [N/m<sup>2</sup>]

ε = regangan normal

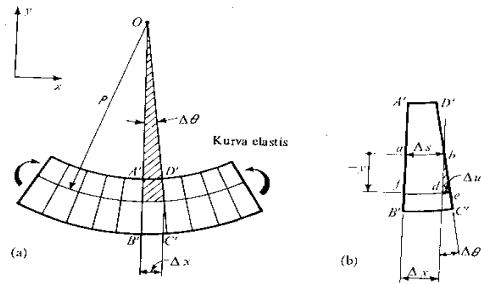
Berikut pada Table 1 adalah nilai modulus elastitas untuk beberapa material.

Tabel 1. Nilai modulus elastisitas bahan (Khurmi dan J.K. Gupta, 1982)

Material	Modulus of elasticity (E) in GPa i.e. GN/m <sup>2</sup> or kN/mm <sup>2</sup>
Steel and Nickel	200 to 220
Wrought iron	190 to 200
Cast iron	100 to 160
Copper	90 to 110
Brass	80 to 90
Aluminium	60 to 80
Timber	10

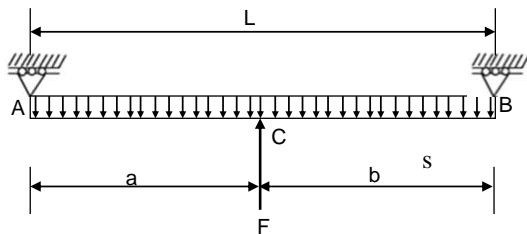
Perhitungan Lendutan

Sumbu balok akan terdefleksi dari kedudukan semula bila berada di bawah pengaruh gaya terpakai. Gambar 5 menunjukkan sebuah batang yang terdefleksi.



**Gambar5. Deformasi segmen balok dalam lenturan (Popov, 1996)**

Persamaan di atas dapat di terapkan untuk mencari defleksi pada balok sesuai dengan penelitian seperti pada gambar 6 di bawah ini :



**Gambar 6. Analisa gaya**

Mencari defleksi balok elastis:

$$y = \frac{1}{EI} \left[ -\frac{(Fs - qLs)x^3}{6L} - \frac{qx^4}{24} + \left( \frac{(Fs - qLs)L}{6} + \frac{qL^3}{24} \right) x \right] \quad (6)$$

**METODOLOGI**

**Bahan Pengujian**

Baja Konstruksidengan panjang 30,5cm dengan 3 profil berbeda sebagai berikut :

1. Diameter 5/8” = 1,5875 cm
2. Persegi 1/2” = 1,27 cm
3. Persegi 5/8” = 1,5875 cm

**Alat Pengujian**

Peralatang yang digunakan terdiri dari beberapa komponen Utama antara lain :

1. Dongkrak hidrolis
2. Manometer
3. Dial pengukur
4. Jangka Sorong

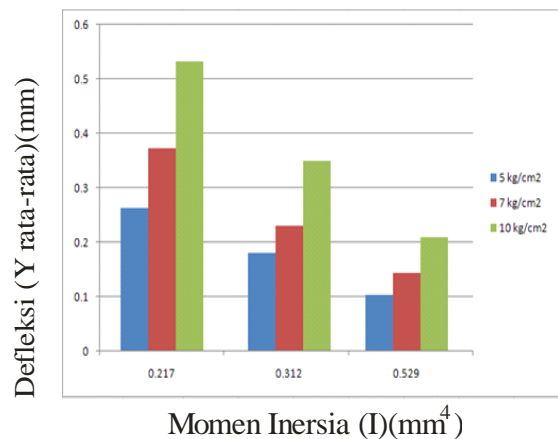
**HASIL DAN ANALISA**

**Tabel 2. Hasil pengujian**

$P_g$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$I$ (cm <sup>4</sup> )	Y Rata-rata (mm)	E Rata-rata (GPa)
5	0,217	0,263	234,3105
	0,529	0,103	244,3069
	0,312	0,180	237,6686
7	0,217	0,373	229,5681
	0,529	0,143	247,2482
	0,312	0,23	245,1531
10	0,217	0,533	227,4527
	0,529	0,21	241,1706
	0,312	0,35	245,6736

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil modulus elastisitas yang terjadi pada spesimen bahan uji baja konstruksi terjadi antara 229,5681GPa sampai dengan 247,2482GPa, hal ini mendekati nilai empiris dasar teori yang terdapat pada Tabel 1 yaitu antara 200 GPa sampai dengan 220 GPa.

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa perbedaan inersia pada spesimen bahan uji baja konstruksi mempengaruhi besar kecilnya nilai defleksi yang terjadi. Dapat dilihat pula pada Gambar7 tersebut bahwa semakin besar nilai inersia ( $I$ ) yang diberikan maka semakin kecil nilai defleksi ( $Y$  rata-rata) yang terjadi.



**Gambar7. Hubungan inersia - Y rata-rata**

PadaTabel 2 menunjukkan bahwa hasil modulus elastisitas yang terjadi pada spesimen bahan uji baja konstruksi terjadi antara 229,5681GPa sampai dengan247,2482GPa, hal ini mendekati nilai empiris dasar teori yang terdapat pada Tabel 1 yaitu antara 200 GPa sampai dengan 220 GPa. Dan ada beberapa

faktor yang mempengaruhi ketidak akuratan pada hasil perhitungan antara lain :

- a. Kekurang telitian alat ukur, perlu adanya perbaikan pada tingkat ketelitian dari pressure gauge dari 70 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 25 kg/cm<sup>2</sup>
- b. Prosedur pengukuran yang kurang memadai, perlu adanya pemahaman penggunaan alat ukur yang baik dalam mengukur bahan uji.
- c. Ketidak simetrisan dari bahan uji (specimen), mengingat bahan uji yang diuji merupakan bahan yang ada di pasar sehingga sangat dimungkinkan adanya perbedaan di dalam bentuk penampang dari profil tersebut.

Pada rumus defleksi balok elastis (pers. 6) menunjukkan bahwa semakin besar momen Inersia maka semakin kecil defleksi yang terjadi. Semakin besar modulus elastisitas semakin kecil pula defleksi yang terjadi. Begitu juga semakin besar momen inersia yang terjadi maka tegangan lentur yang terjadi juga semakin kecil. Sehingga diharapkan untuk memilih material dengan tegangan lentur yang kecil maka kita akan bisa menambahkan momen inersia pada suatu material. Sangat penting memonen inersia digunakan untuk memilih sebuah kekuatan material.

#### KESIMPULAN

Dari proses pengujian didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan nilai defleksi yang terjadi pada spesimen bahan uji baja konstruksi adalah sebagai berikut:

- a) Pada variasi tekanan ( $P$ ) 10 kg/cm<sup>2</sup> nilai defleksinya ( $Y$  rata-rata) lebih besar bila dibandingkan dengan tekanan 7 kg/cm<sup>2</sup> dan 5 kg/cm<sup>2</sup>.
  - b) Pada variasi inersia ( $I$ ) 0,529 cm<sup>4</sup> (panjang sisi 5/8") nilai defleksinya ( $Y$  rata-rata) lebih besar bila dibandingkan dengan inersia 0,312 cm<sup>4</sup> (diameter 5/8") dan 0,217 cm<sup>4</sup> (sisi 1/2").
  - c) Semakin besar nilai inersia ( $I$ ) yang diberikan maka semakin kecil nilai defleksi ( $Y$  rata-rata) yang terjadi.
2. Modulus elastisitas uji baja konstruksi terjadi antara 229,5681GPa sampai dengan 247,2482GPa, hal ini mendekati nilai empiris dasar teori yang terdapat pada Tabel 1 yaitu antara 200 GPa sampai dengan 220 GPa.

#### PUSTAKA

- <http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/105/jtptunimus-gdl-wahyudic2a-5235-2-bab2.pdf>. Diakses pada tanggal 10 July 2013
- <http://id.wikipedia.org/wiki/baja.%27Baja%27>. Diakses pada tanggal 10 July 2013
- Popov, Ep & Zainul Astamar. 1996. *Mekanika Teknik*. Jakarta : Erlangga.
- Kanginan, Marthen, 2004, *Fisika SMA*, Erlangga, Jakarta.
- Khurmi, R.S dan J.K. Gupta, 1982, *A Text Book Of Machine Design*, Eurasia Publising House, New Delhi
- Sularso. 2002. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta : Pradnya Paramita.