

ANALISIS MOMEN LENTUR MATERIAL ALUMINIUM DENGAN VARIASI MOMEN INERSIA DAN BEBAN TEKAN

Darmanto, Dwi Agung Wijaya, Imam Syafa'at

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang
Jl. Menoreh Tengah X/22 Sampangan Semarang

*Email: darmanto_uwh@yahoo.co.id

Abstrak

Pemakaian aluminium diperkirakan pada masa mendatang masih terbuka luas baik sebagai material utama maupun material pendukung dengan ketersediaan biji aluminium di bumi yang melimpah, sifatnya yang ringan, massa jenis kecil, tahan terhadap korosi dan daya hantar listrik yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui defleksi pada bahan aluminium dan untuk mengukur besaran modulus elastisitas (E) suatu bahan dari aluminium. Modulus elastisitas (E) merupakan pengukuran kemampuan material untuk menahan perubahan bentuk atau lentur yang terjadi sampai dengan batas elastisnya. Semakin besar bebannya, semakin tinggi tegangan yang timbul dan semakin besar pula perubahan bentuk yang terjadi sampai batas elastisnya yang sesuai dengan hukum hooke. Metode analisis defleksi dan modulus elastisitas (E) material aluminium ini menggunakan cara pengujian momen lentur dengan variasi tekanan 3 kg/cm^2 , 4 kg/cm^2 , dan 5 kg/cm^2 serta menggunakan variasi perbedaan momen inersianya dengan ukuran spesimen persegi $1/2''$, diameter $5/8''$ dan diameter $3/4''$. Hasil penelitian menunjukkan nilai dari modulus elastisitas (E) yang terjadi pada spesimen bahan uji aluminium terjadi antara $75,45 \text{ GPa}$ s/d $78,20 \text{ GPa}$.

Kata kunci: defleksi, modulus elastisitas, momen lentur, momen inersia

PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari, banyak sekali penerapan ilmu fisika yang sering kali tidak disadari di sekitar lingkungan kehidupan. Contoh yang sangat nyata itu mengenai elastisitas suatu material. Modulus elastisitas (E) merupakan pengukuran kemampuan material untuk menahan perubahan bentuk atau lentur yang terjadi sampai dengan batas elastisnya. Semakin besar bebannya, semakin tinggi tegangan yang timbul dan semakin besar pula perubahan bentuk yang terjadi sampai batas elastisnya yang sesuai dengan Hukum Hooke.

Material atau bahan mempunyai kekuatan atau lazim disebut dengan *strength*. Kekuatan di sini adalah sifat mekanik suatu bahan sehingga dapat dibedakan dari jenis bahan dan klasifikasinya. Untuk menguji kekuatan bahan maka dilakukan pengujian-pengujian dan diantaranya pengujian untuk mengetahui berapa besarkah modulus elastisitas suatu bahan yaitu dengan pengujian momen lentur.

Pengujian yang terkait dengan struktur dapat menghasilkan kekuatan yang berbeda (*specimen*) diberikan beban tekan masih dalam kondisi elastis dimana hukum Hooke masih bekerja maka bisa didapatkan

pada setiap material. Pemilihan bahan yang tepat membuat sebuah hasil perencanaan dalam bentuk mesin atau sejenisnya memiliki keunggulan dan tahan lama. Dalam pengujian momen lentur ini material aluminium digunakan sebagai acuan. Hal ini karena Sutantra (2001) menyatakan penggunaan aluminium sebagai komponen kendaraan bermotor sangat bervariasi meliputi pada blokmesin, bagian badan (rangka), lingkaran roda, peralatan rumahtangga, konstruksi, komponen otomotif dan pesawat terbang (*aerospace*). Pemakaian aluminium diperkirakan pada masa mendatang masih terbuka luas baik sebagai material utama maupun material pendukung dengan ketersediaan biji aluminium di bumi yang melimpah. Penggunaan aluminium dan paduannya ini dikarenakan sifatnya yang ringan, massa jenis kecil, tahan terhadap korosi, daya hantar listrik yang baik, jika dipadu dengan unsure dan diproses dengan metode tertentu mempunyai sifat fisis dan mekanis yang unggul.

Untuk mendapatkan sebuah kualitas material perlu dilakukannya pengujian pada sebuah material. Dengan metode pengujian momen lentur sederhana dimana bahan uji nilai modulus elastisitas (E) pada bahan uji (*specimen*).

TUJUAN

- Adapun tujuan dari penelitian ini :
- a. Untuk mengetahui defleksi pada bahan aluminium.
 - b. Untuk mengukur besaran modulus elastisitas suatu bahan dari aluminium dengan pengujian momen lentur.

DASAR TEORI

Aluminium

Aluminium pertama kali ditemukan oleh Sir Humphrey Davy pada tahun 1809 sebagai suatu unsur dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H. C. Oersted pada tahun 1825. Secara Industri tahun 1886, Paul Heroul di Prancis dan C. M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisa dari garam yang terfusi. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah pada urutan yang kedua setelah baja dan besi, yang tertinggi diantara logam *non ferro* (Hastanto, 2012).

Aluminium tahan terhadap korosi karena fenomena pasivasi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan pelindung akibat reaksi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut melindungi lapisan dalam logam dari korosi. Selama 50 tahun terakhir, aluminium telah menjadi logam yang luas penggunaannya setelah baja. Perkembangan ini didasarkan pada sifat-sifatnya yang ringan, tahan korosi, kekuatan dan *ductility* yang cukup baik (aluminium paduan), mudah diproduksi dan cukup ekonomis (aluminium daur ulang). Yang paling terkenal adalah penggunaan aluminium sebagai bahan pembuat komponen pesawat terbang, yang memanfaatkan sifat ringan dan kuatnya (Irfan, 2013).

Sifat-Sifat Aluminium

Sifat teknik bahan aluminium murni dan aluminium paduan dipengaruhi oleh konsentrasi bahan dan perlakuan yang diberikan terhadap bahan tersebut. Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Hal ini disebabkan oleh fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida di permukaan logam aluminium segera setelah logam terpapar oleh udara bebas.

Lapisan Aluminium Oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun, pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, karena dapat mencegah Oksidasi Aluminium (Prasetio, 2013).

Momen

Momen gaya adalah hasil kali gaya dan jarak terpendek arah garis kerja terhadap titik tumpu. Momen gaya sering disebut dengan momen putar dengan diberi lambang *M* seperti terlihat pada Persamaan (1) berikut (Popov, 1996):

$$M = F \cdot y \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- M* = Momen gaya yang bekerja (Nm)
- F* = Gaya yang bekerja (N)
- y* = Panjang lengan (m)

Hukum Hook's

Perkembangan Hooke's tidak hanya pada hubungan tegangan-regangan saja, tetapi berkembang menjadi modulus young atau modulus elastisitas.

Modulus elastitas merupakan perbandingan unsur tegangan normal dan regangan normal. Adapun Persamaan (2) berikut (Popov, 1996):

$$E = \sigma / \varepsilon \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- E* = modulus elastisitas bahan (N/m²)
- σ = tegangan normal (N/m²)
- ε = regangan normal

Momen Inersia

Telah didiskusikan bahwa Momen Gaya (*M*) terhadap titik adalah produk gaya (*F*) dan dikalikan dengan jarak tegak lurus (*y*) diantara titik dan garis kerja gaya (lihat Persamaan (1)). Momen ini juga disebut Momen Gaya Pertama. Jika momen ini bekerja pada suatu elemen luas *dA* dan dipengaruhi oleh tekanan yang didistribusikan (σ), maka produk gaya (*F*), maka :

$$M = k \cdot f \cdot y^2 \cdot dA \dots\dots\dots(3)$$

$\int y^2 \cdot dA$ dikenal sebagai momen kedua atau **momen Inersia** (Meriam dan Kraige,

2000).

..... (6)

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

Material	Modulus of elasticity (E) in GPa i.e. GN/m ² or kN/mm ²
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

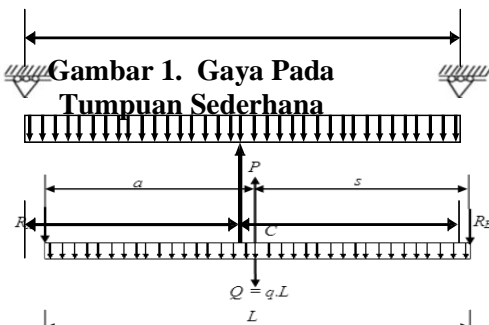
(Popov, 1996)

Penyelesaian persamaan (4), (5) dan (6) dengan batas Untuk x=0, maka y=0 dan pada x=L, maka y=0, diperoleh seperti ditunjukkan persamaan (7):

$$Y = \frac{1}{EI} \left[-\frac{(P.s - q.L.s)x^3}{6L} - \frac{q.x^4}{24} + \left(\frac{(P.s - q.L.s)L}{6} + \frac{q.L^3}{24} \right) x \right]$$

..... (7)

Lendutan/defleksi



Gambar 2. Diagram Benda bebas

Penyelesaian permasalahan di atas dengan persamaan diferensial momen lentur seperti persamaan (4)

$$\frac{M}{EI} = \frac{d^2y}{dx^2} \dots\dots\dots (4)$$

Jika persamaan (5) di integralkan diperoleh persamaan (5) :

$$EI \frac{dy}{dx} = \theta \dots\dots\dots (5)$$

Integrasi persamaan (5) diperoleh:

$$EIy = Y$$

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Batang aluminium dengan spesifikasi :
Diameter = 3/4 inchi = 1,905 cm
Panjang = 30,5 cm
Massa = 0,233 kg
2. Batang aluminium dengan spesifikasi :
Diameter = 5/8 inchi = 1,5875 cm
Panjang = 30,5 cm
Massa = 0,164 kg
3. Batang aluminium dengan spesifikasi :
Sisi = 1/2 inchi = 1,27 cm
Panjang = 30,5 cm

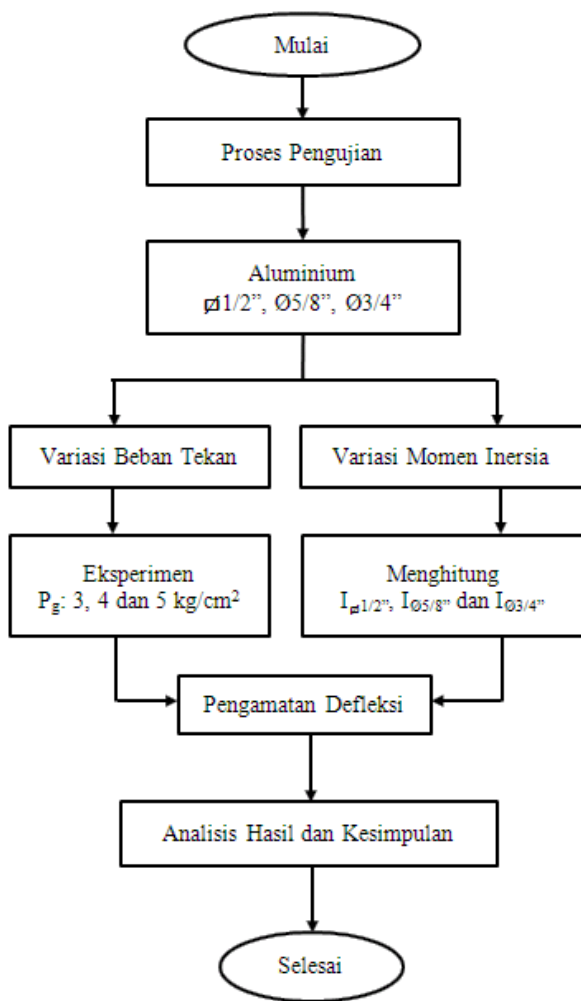
Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Banding Momen Machine*. Hasil kalibrasi alat banding momen diperoleh, beban tekan (P_g) = 1 kg/cm² sama dengan 3,79 kg



Gambar 3 *bending moment machine*

Diagram Alir Penelitian



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

Tabel 2 Hasil perhitungan aluminium ϕ 1/2"

P (kg)	x (mm)	I (mm ⁴)	Y (mm)	E (GPa)	E Rata-rata (GPa)
			0,490	75,45	
11,37	142,5	2.167,87	0,490	75,45	75,45
			0,490	75,45	
			0,650	76,09	
15,16	14,25	2.167,87	0,650	76,09	76,09
			0,650	76,09	
			0,820	75,62	
18,95	14,25	2.167,87	0,820	75,62	75,62
			0,820	75,62	

Tabel 3 Hasil perhitungan aluminium Ø 5/8"

F (kg)	x (mm)	I (mm ⁴)	Y (mm)	E (GPa)	E Rata-rata (GPa)
			0,330	78,03	
11,37	142,5	3.116	0,330	78,03	78,03
			0,330	78,03	
			0,440	78,14	
15,16	142,5	3.116	0,440	78,14	78,14
			0,440	78,14	
			0,550	78,20	
18,95	142,5	3.116	0,550	78,20	78,20
			0,550	78,20	

Tabel 4 Hasil perhitungan aluminium Ø 3/4"

F (kg)	x (mm)	I (mm ⁴)	Y (mm)	E (GPa)	E Rata-rata (GPa)
			0,160	77,43	
11,37	142,5	6.461,44	0,160	77,43	77,43
			0,160	77,43	
			0,215	76,98	
15,16	142,5	6.461,44	0,215	76,98	76,98
			0,215	76,98	
			0,270	76,72	
18,95	142,5	6.461,44	0,270	76,72	76,72
			0,270	76,72	

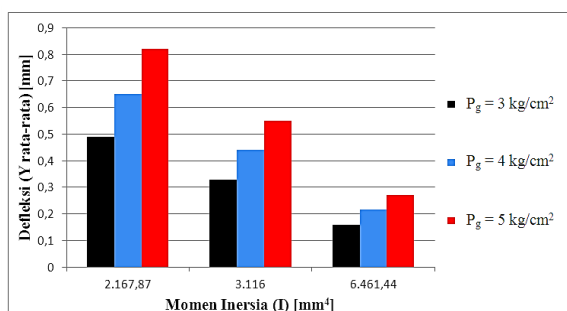
Tabel 4.7 Hasil analisis modulus elastisitas

P_g (kg/cm ²)	I (mm ⁴)	Y Rata-rata (mm)	E Rata-rata (GPa)
3	2.167,87	0,490	75,45
	3.116	0,330	78,03
	6.461,44	0,160	77,43
4	2.167,87	0,650	76,09
	3.116	0,440	78,14
	6.461,44	0,215	76,98
5	2.167,87	0,820	75,62
	3.116	0,550	78,20
	6.461,44	0,270	76,72

Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan bahwa hasil modulus elastisitas yang terjadi pada spesimen bahan uji aluminium terjadi antara 75,45 GPa s/d 78,20 GPa, hal ini sama dengan dasar teori yang terdapat pada Tabel 1 yaitu antara 60 GPa s/d 80 GPa.

Hasil dari perhitungan didapatkan bahwa nilai dari modulus elastisitas rata - ratanya tidaklah sama yaitu antara 75,45 GPa s/d 78,20 GPa, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Toleransi kesalahan pembacaan nilai defleksi oleh operator yang menyebabkan nilai defleksi tidak terlalu akurat.
2. Kandungan komposisi bahan tiap spesimen bahan uji yang berbeda atau tidak homogen.
3. Kesimetrisan tiap spesimen bahan uji yang berbeda (kurang simetris) akibat kesalahan dalam proses fabrikasinya.
4. Kekurang telitian alat ukur



Gambar 7 Grafik hubungan inersia dengan y rata-rata dengan variasi tekanan

Perbedaan luas penampang pada material aluminium menyebabkan nilai dari momen

inersianya berbeda. Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin besar momen inersia, maka semakin kecil nilai defleksi. Gambar 7 juga menunjukkan semakin besar beban tekan yang diberikan maka semakin besar nilai defleksi.

KESIMPULAN

1. Hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai dari modulus elastisitas yang terjadi pada spesimen bahan uji aluminium terjadi antara 75,45 GPa s/d 78,20 GPa.
2. Hasil perhitungan nilai defleksi yang terjadi pada spesimen bahan uji aluminium adalah berbanding lurus dengan tekanan (P) pada spesimen dan berbanding terbalik dengan momen inersia (I).

DAFTAR PUSTAKA

- Hastanto, BA, dkk, 2012, *Teknologi Bahan Teknik Pembuatan Aluminium*, Politeknik Negeri Malang, Malang.
- Irfan, Achmad, 2013, *Sekilas Tentang Aluminium (Al)*, <http://abangirfan62.blogspot.com/2013/09/sekilas-tentang-aluminium-al.html>
- Meriam, J.L dan Kraige, L.G, 2000, *Mekanika Teknik, Volume 1, Statika, Jilid I Edisi Kedua*, Erlangga, Jakarta
- Popov, E.P, 1996, *Mekanika Teknik*, Erlangga, Jakarta
- Prasetyo, Ambar, 2013, *Sifat-Sifat Teknis Aluminium*, <http://gorrybeud.blogspot.com/2013/05/sifat-sifat-teknis-aluminium.html>
- Sutantra, I.N, 2001, *Teknologi Otomotif*, GunaWidya, Surabaya