

## Analisa Kekuatan *Fatigue* pada Material Non Ferro dengan Type Rotary Bending

Novriyanti Talango<sup>(1)</sup>, Kusno Kamil<sup>(2)</sup> dan Muhammad Balfas<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Mahasiswa Program Magister Teknik Mesin, Universitas Muslim Indonesia

<sup>(2)(3)</sup> Dosen Program Magister Teknik Mesin, Universitas Muslim Indonesia  
e-mail: [novriyantitalango12@gmail.com](mailto:novriyantitalango12@gmail.com)

### Abstrak

*Fatigue* atau kelelahan adalah kerusakan material yang diakibatkan oleh adanya tegangan yang berfluktuasi yang besarnya lebih kecil dari tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*). Akibat beban yang berulang-ulang (tegangan atau regangan) dalam jangka waktu lama dapat merubah struktur material sehingga terjadi retak (*crack*) ataupun patah. Uji lelah dilakukan pada material non ferro Aluminium tanpa mendapatkan perlakuan panas. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali dengan variasi pembebanan 15 kg, 17 kg, dan 19 kg, dari *ultimate tensile stress* material. Spesimen yang digunakan adalah berdasarkan standar ASTM E466. Pembuatan spesimen dilakukan dengan menggunakan mesin bubut. Uji lelah dilakukan dengan menggunakan mesin uji fatik tipe rotary bending. Pada spesimen Aluminium menunjukkan bahwa pada beban 15 kg menghasilkan tegangan 33 kg/mm<sup>2</sup> dan siklus rata-rata 1,089,959.

**Kata kunci :** uji fatik (*fatigue*), Rotary Bending, non ferro

### A. PENDAHULUAN

Logam *non ferro* atau logam bukan besi merupakan logam yang tidak mengandung unsur besi (Fe), yang memiliki sifat mekanik material tersendiri. Logam non ferro murni kebanyakan tidak biasa digunakan begitu saja tanpa dipadukan dengan logam lain, karena biasanya sifat – sifatnya belum memenuhi syarat yang diinginkan. Kecuali logam *non ferro* murni, platina, emas dan perak tidak dipadukan karena sudah memiliki sifat yang baik, misalnya ketahanan kimia dan daya hantar listrik yang baik serta cukup kuat, sehingga dapat digunakan dalam keadaan murni.

Seiring perkembangan dan kemajuan teknologi, mesin diperlukan dalam setiap aktivitas manusia. Keamanan dan kelangsungan operasional pada suatu peralatan perlu mendapat perhatian yang serius. Dengan adanya mesin memberikan kemudahan dalam melakukan pekejaan,

peralatan dan komponen komponen mesin sebagian besar terbuat dari logam.

Dalam pengerjaan mekanis di lapangan yang dialami oleh ahli-ahli teknis dalam bidangnya seperti masalah fatik yang sulit untuk diperkirakan kapan terjadinya, dan tidak dapat dilihat secara kasat mata bahwa di suatu bentuk bahan seperti poros terjadi adanya tanda-tanda akan terjadinya patah fatik. Hal ini tentunya sangat merugikan, untuk itu perlu adanya suatu proses pengujian analisa terhadap umur fatik. Tegangan berulang pada poros menyebabkan poros dapat mengalami patah lelah (*fatigue failure*) pada periode kerja tertentu. Kegagalan yang disebabkan oleh kelelahan lebih berbahaya daripada kegagalan statis dikarenakan kegagalan tersebut terjadi tanpa peringatan terlebih dahulu, secara tiba-tiba dan menyeluruh.

Mekanisme terjadinya kegagalan fatik dapat dibagi menjadi tiga fase, yaitu: awal retak (*initiation crack*),

perambatan retak (*crack propagation*) dan perpatahan akhir (*fracture failure*). Lebih dari 90% penyebab kegagalan mekanik disebabkan oleh kegagalan lelah. Uji kelelahan dan pengamatan bentuk patahan sangat diperlukan untuk material logam yang dikenai beban berulang dan berguna sebagai referensi bagi logam tersebut dalam aplikasinya. Uji Lelah yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji lentur putar yang hasilnya adalah umur lelah dan besar tegangan yang diberikan serta perkiraan tegangan batas lelah. Pengujian dilakukan dengan menggunakan spesimen yang sesuai dengan standar pengujian sehingga dapat memprediksi kapan suatu logam akan mengalami kegagalan lelah.

### Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka penulis mencoba untuk melakukan pengujian fatik dengan menggunakan spesimen aluminium yang menjadi pokok masalah adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh pembebanan terhadap batas lelah aluminium?
2. Tegangan terhadap siklus lelah pada aluminium.

### B. TINJAUAN PUSTAKA

*Fatigue* atau kelelahan adalah kerusakan material yang diakibatkan oleh adanya tegangan yang berfluktuasi yang besarnya lebih kecil dari tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) maupun tegangan luluh (*yield*) material yang diberikan beban konstan.

Kerusakan akibat beban berulang ini disebut patah lelah (*fatigue failures*) karena umumnya perpatahan tersebut terjadi setelah periode pemakaian yang cukup lama. Mekanisme terjadinya kegagalan fatik dapat dibagi menjadi tiga fase yaitu : awal retak (*initiation crack*), perambatan retak (*crack propagation*), dan perpatahan akhir (*fracture failure*).

Fatik atau kelelahan menurut (Zulhanif, 2002) didefinisikan sebagai proses perubahan struktur permanen *progressive localized* pada kondisi yang menghasilkan fluktuasi regangan dan

tegangan dibawah kekuatan tariknya dan pada satu titik atau banyak titik yang dapat memuncak menjadi retak (*crack*) atau patahan (*fracture*) secara keseluruhan sesudah fluktuasi tertentu.

Ketahanan fatik suatu bahan tergantung dari perlakuan permukaan atau kondisi permukaan dan temperatur. Perlakuan permukaan merubah kondisi permukaan dan tegangan sisa di permukaan. Perlakuan permukaan *shoot peening* menghasilkan tegangan sisa tekan yang mengakibatkan ketahanan lelah yang meningkat (Collins, 1981).

Pada dasarnya kegagalan fatik dimulai dengan terjadinya retakan pada permukaan benda uji. Hal ini membuktikan bahwa sifat-sifat fatik sangat peka terhadap kondisi permukaan yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kekasaran permukaan, perubahan sifat-sifat permukaan dan tegangan sisa permukaan (Dieter, 1992).

Aluminium ditemukan pada tahun 1825 oleh Hans Christian Oersted dan diakui secara pasti oleh F. Wohler pada tahun 1827. Sumber unsur ini tidak terdapat bebas, biji utamanya adalah Bauksit. Penggunaan aluminium antara lain untuk pembuatan kabel, kerangka pesawat terbang, mobil dan berbagai produk peralatan rumah tangga

Kajian tentang aluminium yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu (Surdia dan Saito 1992). Fokus penelitian ini yakni senyawa aluminium dapat digunakan sebagai penjernih air, fotografi, serta sebagai ramuan cat, bahan pewarna, amplas, dan permata sintesis.

Terdapat beberapa sifat penting yang dimiliki aluminium sehingga banyak digunakan sebagai material teknik diantaranya

- a. Penghantar listrik dan panas yang baik (konduktor)
- b. Mudah di pabrikan / dibentuk
- c. Ringan
- d. Tahan korosi dan tidak beracun

e. Kekuatannya rendah, tetapi paduan (alloy) dari aluminium bisa meningkatkan sifat mekanisnya.

Aluminium banyak digunakan sebagai bahan peralatan dapur, bahan konstruksi bangunan. Walaupun konduktivitas listriknya hanya 60% dari tembaga, tetapi aluminium bisa digunakan sebagai bahan transmisi karena ringan, aluminium murni sangat lunak dan tidak kuat tetapi dapat dicampur dengan tembaga, magnesium, silicon, mangan, dan unsur-unsur lainnya untuk membentuk sifat-sifat yang menguntungkan, campuran logam ini sangat penting kegunaannya dalam konstruksi mesin, komponen pesawat modern dan roket. Logam ini jika di uapkan divakum membentuk lapisan yang memiliki reflektifitas tinggi untuk cahaya yang tampak dan radiasi panas, lapisan ini menjaga logam dibawahnya dari proses oksidasi sehingga tidak menurunkan nilai logam yang dilapisi. Banyaknya penggunaan aluminium dalam kehidupan sehari hari baik dalam rumah tangga maupun industry akan mengakibatkan limbah aluminium semakin banyak, oleh karena itu perlu dilakukan daur ulang dari

limbah tersebut sehingga hasilnya dapat digunakan dalam keperluan pembuatan material teknik. Salah satu daur ulang adalah proses peleburan. Unsur silicon termasuk dalam salah satu campuran yang paling baik untuk aluminium, di mana hasil paduan dari kedua unsur ini lebih ringan dibandingkan dengan besi atau baja, ketahanan korosi yang baik, dan mampu mesin yang baik.

Arifin, 2011, focus penelitian ini adalah sifat kekerasan dan ketangguhan dari aluminium daur ulang (recycle) dalam penelitiannya tentang proses peleburan salah satu cara mendaur ulang limbah aluminium atau aluminium sekrap, silicon merupakan salah satu unsur pencampur yang baik karena dapat memperbaiki sifat mekanis aluminium, beberapa jenis penggunaan hasil paduan ini pada pembuatan material teknik seperti roda gigi, head cylinder, dan piston memiliki standar dalam kekuatannya dan kekuatan tarik tertentu agar dapat digunakan dengan aman.

Adapun sifat-sifat mekanis aluminium dapat di lihat pada table berikut:

**Tabel 1.** Sifat Mekanik paduan AL-Mg2-Si. (Surdia dan Saito,1999)

Paduan	Keadaan	Kekuatan tarik (kgf/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan mulur (kgf/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)	Kekuatan geser (kgf/mm <sup>2</sup> )	Batas leleh (kgf/mm <sup>2</sup> )
6061	O	12,6	5,6	30	8,4	6,3
	T4	24,6	14,8	28	16,9	9,5
	T6	31,6	28,0	15	21,0	9,5
6063	T5	19,0	14,8	12	11,9	6,7
	T6	24,6	21,8	12	15,5	6,7
	T83	26,0	24,6	11	15,5	-

Siklus untuk menimbulkan awal retak dan penjaralan retak tergantung pada tegangan yang bekerja. Bila tegangan yang bekerja tinggi maka waktu terbentuknya awal retak akan lebih pendek. Pada tegangan yang sangat rendah maka hampir seluruh umur lelah digunakan untuk membentuk retak awal. Pada tegangan yang tinggi sekali retak terbentuk sangat cepat. Retak permulaan ini begitu kecil sehingga tidak bisa dilihat oleh mata telanjang. Sekali

suatu retak muncul, pengaruh pemusatan tegangan menjadi bertambah besar dan retak tersebut akan maju lebih cepat. Begitu ukuran luas yang menerima tegangan berkurang, tegangan bertambah besar sampai akhirnya luas yang tersisa tiba-tiba gagal menahan tegangan tersebut. Karena itu kegagalan lelah ditandai dari perkembangan retak yang ada dan kepatahan mendadak dengan daerah yang

mirip kepatahan bahan rapuh (Shigley, 1989).

Herdi dan Joli (2013), tegangan lentur yang terjadi pada permukaan bahan dapat ditentukan dengan menggunakan momen inersia dan jarak melintang benda uji dengan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I}$$

$$M = WL$$

$$y = \frac{d}{2}$$

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

Maka akan diperoleh :

$$\sigma = \frac{32WL}{\pi \cdot d^3}$$

Dimana :

$\sigma$  = Tegangan Lentur ( $\text{kg/mm}^2$ )

W = Beban yang digunakan

L = Jarak antara beban dan titik area pengujian (cm)

d = Diameter spesimen (cm)

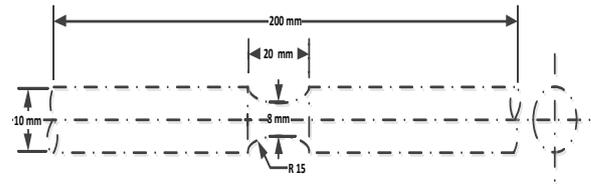
$\pi$  = 3,14

### C. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis. yang akan di teliti secara sistematis dan akurat, dengan kasus yang ada di lapangan. Data yang di kumpulkan adalah data primer dan sekunder. Prosedur penelitian sangat penting untuk diikuti agar proses penelitian dapat dipahami, maka perlu langkah-langkah yang sistematis dalam pelaksanaannya. Adapun prosedur penelitian yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian.

#### 1. Proses pembuatan spesimen

- a. Material aluminium, dilakukan pengupasan sesuai standar ASTM E466 untuk pengujian lelah (*fatigue*).
- b. Dimensi spesimen uji lelah (*fatigue*) mengikuti ASTM E466 dapat dilihat pada Gambar 4.1



**Gambar 1.** Spesimen Uji Lelah (*fatigue*)

#### 2. Proses uji *rotary bending*

- a. Persiapkan spesimen sesuai dengan standar ASTM E466.
- b. Memasang spesimen uji pada *rotary bending machine*,
- c. Setelah itu, memasang beban pada alat *rotary bending* (variasi beban, 15 kg, 17 kg, 19 kg).



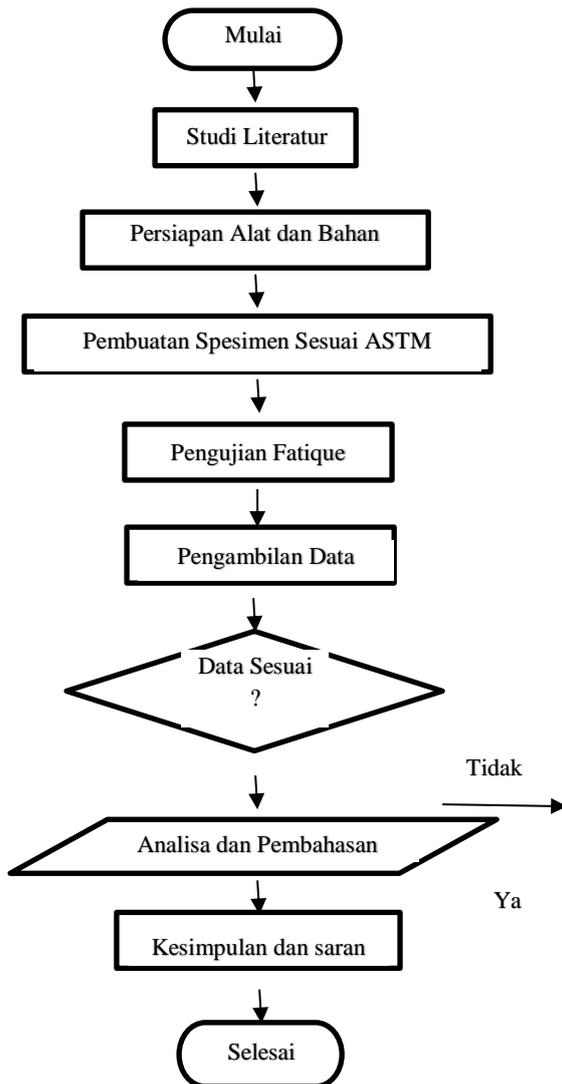
**Gambar 2.** Beban pada mesin uji lelah (*fatigue*)

- d. Hidupkan mesin sampai spesimen patah.
- e. Ketika spesimen patah, mesin akan otomatis berhenti dan data terekam pada data *logger memory card* di panel *counter*, ditunjukkan pada Gambar 4.3



**Gambar 3.** Panel *counter* putaran

- f. Catat hasil putaran yang terlihat pada panel *counter* putaran untukantisipasi apabila tidak terekam pada data *logger*.



Gambar 4. Diagram Alir

## D. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pembahasan

Pengujian terhadap kekuatan lelah aluminium, telah dilakukan dengan beban bervariasi yaitu 15 kg, 17 kg dan 19 kg, menggunakan mesin uji fatik model *single rotating bending*.

### 2. Pengolahan Data

Hasil pengujian berikut ini data dan hasil pengolahan dari pengujian fatik menggunakan material kuningan *yellow brass C85700* dengan variasi beban 15 kg, 17 kg dan 19 kg, dengan menggunakan contoh perhitungan dibawah ini maka besarnya tegangan ( $\sigma$ ) dapat diketahui.

Tabel 2. Data hasil pengujian aluminium

NO	BEBAN (Kg)	JENIS SPESIMEN
		Al (N)
1	15	1.291.752
		1.290.388
		1.290.075
		1.291.612
		1.291.172
2	17	978.377
		980.219
		979.927
		980.154
		981.323
3	19	471.321
		470.524
		471.389
		468.970
		469.701

### 3. Perhitungan Pengujian Leleh

Tegangan lentur yang bekerja pada spesimen uji lelah dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_E = \frac{32WL}{\pi.d^3}$$

Dengan :

$\sigma_E$  = Tegangan Lentur (kgf / mm<sup>2</sup>)

W = Beban yang digunakan

L = Jarak antara beban dan titik area pengujian (cm)

D = Diameter spesimen (cm)

$\pi$  = 3,14

Diketahui :

W = 15 kg

L = 110 mm

d = 8 mm

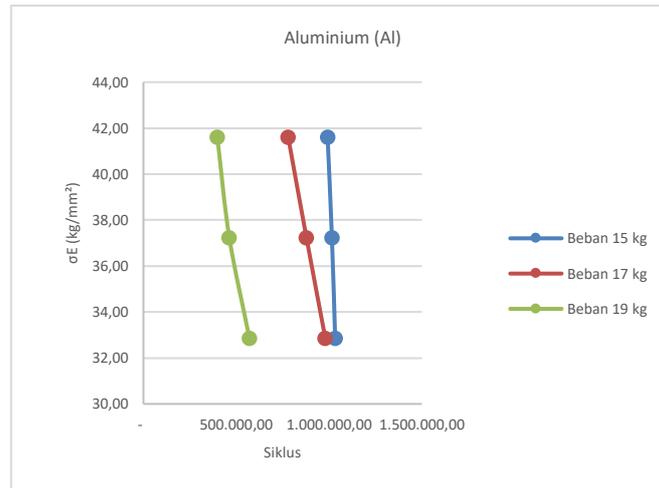
$\pi$  = 3,14

Maka tegangan lentur :

$$\begin{aligned} \sigma_E &= \frac{32WL}{\pi.d^3} \\ &= \frac{32.15.110}{3,14.(8)^3} \text{ l} \\ &= \frac{52.800}{1.607,68} \\ &= 33 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

**Tabel 3.** Hasil Perhitungan Tegangan Lentur ( $\sigma_E$ )

No	Spesimen	Beban (Kg)	Jumlah Siklus					Jumlah Keseluruhan Siklus	Siklus Rata-Rata	(mm <sup>2</sup> ) <sup>A</sup>	(kg/mm <sup>2</sup> )
			Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	Sp 5				
1	Al	15	1291,752	1.117,513	1.032,853	1.015,476	992,201	5.449,795	1.089,959	50,24	33
		17	980,115	878,377	779,927	700,125	649,984	3.988,528	797,706		37
		19	571,324	462,851	398,069	341,650	286,723	2.060,617	412,123		42

**Gambar 4.** Grafik Hubungan Antara Siklus dengan Tegangan

Pada Gambar 4. terlihat bahwa garis kurva tegangan lelah pada spesimen aluminium dengan pembebanan 15 kg dimana tegangan lelah 33 kg/mm<sup>2</sup> menghasilkan siklus rata-rata 1.089.959 sedangkan pada pembebanan 17 kg tegangan lelah 37 kg/mm<sup>2</sup> dan siklus rata-rata 797.706 kemudian pada beban 19 kg dimana tegangan lelah 42 kg/mm<sup>2</sup> dan siklus rata-rata 412.123.

### E. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan perhitungan dalam penelitian uji lelah pada spesimen aluminium pengaruh banyaknya siklus yang terjadi dimana tegangan yang semakin kecil, menghasilkan batas lelah yang semakin besar dan akhirnya spesimen pengujian akan patah. Begitu sebaliknya tegangan yang semakin besar menghasilkan batas lelah yang semakin kecil.

### DAFTAR PUSTAKA

Ade Irvan Tauvana, 2015 , Analisa Kuat Leleh Kuningan Yellow Brass C85700 Pada Mesin Rotary Bending. Bandung, Indonesia

Arfis Amiruddin, Fachreza Alisyahnara Lubis, 2018, Analisa Pengujian Leleh Material Tembaga Dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine. Medan

ASTM E 466 – 96 (2004) Standard Practice Conducting Force Controlled Constant Amplitude Axial fatigue Tests Of Metallic Materials.

De Garmo EP., Black JT., Ronald, KA. 1993, Materials And Processes In Manufacturing, Ninth Editions

Eko Budiyanto, Eko Nugroho, Agus Zainuddin, 2018, Uji Ketahanan Fatik Aluminium Scrap Hasil Remelting Piston Bekas Menggunakan Alat Uji Fatik Type Rotary Bending. Lampung, Indonesia

Gunawan P.S. Hutahaean dan Hosta Ardyananta, 2015, Pengaruh penambahan seng (Zn) terhadap kekerasan dan struktur mikro pada paduan tembaga-seng (CuZn) melalui proses pengecoran. Surabaya, Indonesia

Husaini dan T. Azuar Rizal, 2001, Analisa Kekuatan Lelah Paduan Aluminium Secara Eksperimental, Banda Aceh

Husaini dan T. Makmun Saputra, 2001, Kaji Eksperimental Umur Lelah Material Kuningan, Baja Karbon Sedang Dan Paduan Aluminium Menggunakan Rotary Bending Fatigue Testing Machine, Banda Aceh

Smith, WF., 2002, Foundations of Material Science And Engineering, Mc Graw, Hill International Editions

Surdia, T, Saito S, 2000, Pengetahuan Bahan Teknik, Pradnya Paramita, Jakarta

