

ANALISA KUAT LELAH KUNINGAN YELLOW BRASS C85700 PADA MESIN UJI ROTARY BENDING

Ade Irvan Tauvana

Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Enjinering Indorama
irvan_teknikmesin@yahoo.co.id

Abstrak

Dalam dunia industri, sering kita temukan komponen mesin yang mengalami suatu kegagalan karena tegangan yang berulang atau berfluktuasi. Prilaku yang paling istimewa dari kegagalan ini adalah tegangan tersebut terjadi berulang-ulang dalam waktu yang lama. Kegagalan ini disebut kegagalan lelah (*fatigue allure*) bila bagian mesin gagal secara statis, hal ini dapat terlihat dan memberi peringatan pendahuluan sebab biasanya bagian itu menghasilkan suatu lendutan yang besar, karena tegangan telah melampaui kekuatan lelah sehingga bagian tersebut, biasadiganti sebelum patahan yang sebenarnya terjadi. Spesimen uji fatik ini menggunakan bahan kuningan *yellow brass* C85700 dengan jumlah spesimen 10 buah. Proses pengambilan data dilakukan dengan mengubah beban pada mesin uji fatik dengan memperhitungkan besarnya *endurance limit*. Beban yang dipakai 16 kg, 18 kg dan 20 kg dengan besarnya tegangan 25,28 kg/mm², 28,44 kg/mm², dan 31,60 kg/mm² sehingga terjadi patah lelah. Hasil pengujian didapat jumlah siklus untuk pembebanan tersebut adalah 1780859, 554043 dan 3337725. Sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai patahan pada spesimen berbanding terbalik dengan besarnya beban.

Kata kunci : Fatik, Beban, Tegangan, Siklus, Endurance Limit.

1. Pendahuluan

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 pekerjaan, peralatan dan komponen komponen mesin sebagian besar terbuat dari logam. Sebagian besar logam mengalami pembebanan dengan tegangan yang dinamis atau berulang dalam waktu yang lama, maka logam tersebut akan patah atau mengalami kegagalan lelah. Untuk mengetahui dan mendeteksi tingkat ketahanan material tersebut maka di perlukan pengujian dengan menggunakan alat uji fatik.

Logam yang mengalami kegagalan lelah dapat dilihat pada sepeda motor atau mobil, pesawat terbang, konstruksi jembatan, *gear* (roda gigi) atau komponen mesin lainnya. Kegagalan fatik biasanya terjadi pada tempat yang konsentrasi tegangannya besar, seperti pada ujung yang tajam atau *notch*. Retak awal dapat ditimbulkan dari perubahan metalurgis oleh karena proses mekanis, termal, maupun kimia. retak tersebut mula-mula terbentuk di daerah kritis struktur dan sejalan dengan pertumbuhan jumlah siklus beban kerja dinamis, retak akan merambat sampai panjang kritis sehingga struktur tidak dapat beroperasi pada beban yang ditentukan.

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. Banyak faktor yang mempengaruhi besarnya umur lelah (*fatigue life*) suatu komponen mesin, salah satunya adalah faktor pembebanan. Kenaikan pembebanan kerja pada komponen mesin dapat mempengaruhi umur kerja komponen mesin tersebut.

Pengujian logam yang digunakan harus lebih dari satu buah spesimen ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik dari material terhadap beberapa variasi pembebanan, dapat mengetahui besarnya kekuatan lelah yang diterima oleh suatu logam, sehingga kita dapat memprediksi dan memberikan informasi tentang kapan suatu logam akan mengalami kegagalan lelah, serta dapat merekomendasikan kepada industri dan masyarakat yang membutuhkannya.

2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis mencoba untuk melakukan pengujian fatik dengan menggunakan spesimen kuningan *yellow brass* C85700, yang menjadi pokok masalah adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh pembebanan terhadap batas lelah kuningan *yellow brass* C85700 ?
2. Tegangan terhadap siklus lelah pada Kuningan *Yellow Brass* C85700 ?

3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh pembebanan terhadap batas lelah (*endurance limit*) kuningan *yellow brass* C85700.
2. Mengetahui Tegangan terhadap siklus lelah pada Kuningan *Yellow Brass* C85700 akibat pembebanan lentur putar pada v

4. Tinjauan Pustaka

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 operasi. 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).

Siklus untuk menimbulkan awal retak dan penjararan 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 menjadibertambah 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).

Material kuningan *yellow brass* C85700 tidak mempunyai titik batas (*endurance limit*) yang signifikan, memiliki kurva S-N dengan gradien yang turun sedikit demi sedikit sejalan dengan bertambahnya jumlah siklus.

Setelah mendapatkan nilai tegangan *ultimate*/ tegangan maksimal dari proses pengujian tarik maka tegangan *Dultimate* (σ) digunakan untuk menentukan beban yang akan di berikan pada proses pengujian fatik sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{M.C}{I} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{F.a \frac{d}{2}}{\frac{\pi}{64}.d^4} \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{32Fa}{\pi d^3} \quad (3)$$

$$F = \frac{\pi d^3 \sigma}{32 a} \quad (4)$$

Dimana:

σ = Tegangan (Kg/mm²)

F = Beban yang digunakan (Kg)

a = Panjang dari bearing ke kedudukan (mm)

d = Diameter benda uji (mm)

L = Panjang dari kedudukan ke kedudukan berikutnya (mm)

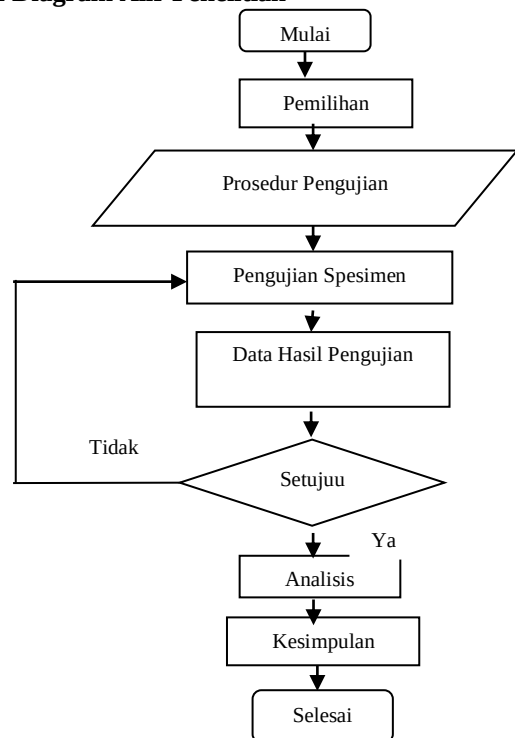
M = Momen puntir berlawanan (Kg/mm²)

C = Constanta empiris / titik center (.d/2)

I = Momen inersia (mm)

5. Metode Penelitian

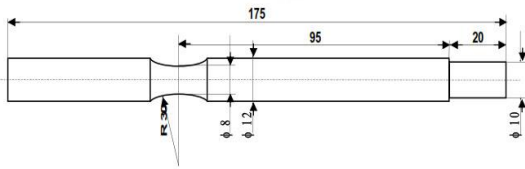
5.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir

5.2 Pemilihan Bahan Dan Dimensi Spesimen

Spesimen yang digunakan adalah paduan kuningan *yellow brass* C85700



Gambar 2. Dimensi spesimen benda uji

5.3 Peralatan Pengujian

Alat uji yang digunakan untuk mengetahui kekuatan lelah dari spesimen adalah Mesin Uji Fatik Tipe *single Rotating Bending*. Alat yang digunakan untuk mengamati keretakan yang terjadi pada permukaan spesimen digunakan photo.

Peralatan bantu lain yang digunakan adalah *Vernier Calipers* untuk mengetahui dan memastikan ukuran spesimen uji, *Tachometer infra red* untuk mengetahui putaran poros tempat spesimen berputar.

Pemasangan spesimen pada poros alat uji diasumsikan *centre* dan silindris, kunci *allen* untuk mengencangkan baut pengikat spesimen pada bearing house, kunci *collet* dan kunci *adjusting wrench* untuk memasang dan mengencangkan spesimen pada *collet*.

5.4 Prosedur Pengujian Fatik

Tujuan dari uji fatik adalah untuk mengetahui karakteristik material yang berhubungan dengan beban dinamis yaitu kekuatan fatik atau fatik limit. Pengujian dilakukan dengan mesin uji fatik tipe *single rotating bending*.

A. Langkah Persiapan

1. Persiapan alat dan bahan pengujian
2. Periksa kondisi peralatan, apakah seluruhnya dalam keadaan baik.
3. Semua tombol listrik pada panel pengaturan pada posisi off
4. Periksa counter pada posisi angka nol.

B. Langkah Pengujian

1. Hubungkan motor ke panel listrik dari PLN dengan menggunakan tegangan 220 volt.
2. Pasangkan spesimen dengan cara menggeser *bearing house* sebelah kiri kemudian masukan poros spesimen kedalam *inner bearing* dan poros spesimen sebelah kanan pada *collet* kencangkan baut pengikatnya.
3. Pasangkan beban pemberat pada gantungan seberat 16 kg.
4. Pastikan counter pada posisi nol.
5. Hidupkan motor penggerak dengan cara menekan *switch on*
6. Biarkan motor berputar sehingga benda uji patah lelah pada jumlah siklus (N) tertentu.

7. Motor mati secara otomatis saat benda uji mengalami gagal lelah atau dengan cara menekan *switch off*
8. Lihat angka pada Counter pada saat terjadi kegagalan
9. Mencatat jumlah siklus (N) pada counter saat terjadi kegagalan
10. Untuk menambah beban lakukan dengan hati-hati
11. Lakukan langkah pengujian 1 atau 9 untuk pengujian spesimen pada tiap tingkat beban 18 kg dan 20 kg.
12. Setelah melakukan pengujian lepaskan benda uji dan beban, bereskan alat uji dan tempat kerja.

C. Pelaksanaan Pengujian

Pengujian dilaksanakan dengan pengaruh lingkungan (kelembaban dan temperatur) dianggap tidak signifikan. Dimensi dari semua spesimen uji dianggap sama. Tingkat kekasaran permukaan spesimen uji dianggap sama, sedangkan pengaruh faktor putaran dan getaran dikurangi semaksimal mungkin dengan pemasangan spesimen center pada poros. Pemberian beban sesuai perhitungan kekuatan lelah dari data sifat mekanik bahan dan dengan melakukan pengujian awal sampai didapat tingkat pembebanan yang sesuai, masing-masing pada siklus pembebanan yang berbeda mulai dari $N = 10^2$ sampai batas ketahanan $N = 10^6$ pada satu lingkungan pengujian. Putaran motor konstan 1445 rpm untuk mendapatkan pengaruh beban terhadap bahan uji. Jumlah siklus spesimen uji dihitung menggunakan counter atau tachometer infra merah sampai spesimen patah dan untuk spesimen yang tidak patah melewati $N = 10^7$ pengujian dihentikan dan dianggap spesimen tidak akan mengalami perpatahan lagi.

Pada satu beban pengujian (satu tingkat beban) dilakukan pengujian terhadap 3 (tiga) buah spesimen untuk memperoleh minimal 3 (tiga) buah titik pengujian pada kurva S-N sesuai standar pengujian fatik. Tingkat beban terdiri dari 3 (tiga) tingkat sehingga jumlah spesimen keseluruhan adalah 9 (sembilan) buah.

6. Hasil dan Pembahasan

6.1 Pembahasan

Pengujian terhadap kekuatan lelah kuningan *yellow brass* C85700 telah dilakukan dengan beban bervariasi yaitu 16 kg, 18 kg dan 20 kg, menggunakan mesin uji fatik model *single rotating bending*.

6.2 Pengolahan Data Hasil Pengujian

Berikut ini data dan hasil pengolahan dari pengujian fatik menggunakan material kuningan *yellow brass* C85700 dengan variasi beban 16 kg, 18 kg dan 20 kg, dengan menggunakan contoh perhitungan dibawah ini maka besarnya tegangan (σ) dapat diketahui.

Contoh : Perhitungan untuk mengetahui besarnya tegangan (σ) material aluminium adalah sebagai berikut:

Spesimen Uji Fatik 1 (beban 16 kg)

Diketahui = Bahan kuningan *yellow brass* C85700

Diameter benda uji $d = 10$ mm

Panjang dari bearing ke kedudukan $a = 155$ mm

Beban $P = 16$ Kg

Putaran motor listrik $n = 1445$ rpm

Jumlah putaran siklus $N = 977522$

Ditanyakan :

Berapa besarnya Tegangan σ ?

Penyelesaian :

$$\sigma = \frac{32Fa}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 16 \text{ kg} \cdot 155 \text{ mm}}{3,14 \cdot 10^3 \text{ mm}^2} = 25,28 \text{ kg/mm}^2$$

Jadi besarnya tegangan adalah $= 25,28 \text{ kg/mm}^2$

Hasil dari perhitungan spesimen satu pada beban 16 kg didapatkan hasil pengujian tegangan sebesar $25,28 \text{ kg/mm}^2$.

Dengan menggunakan cara dan perhitungan yang sama maka data untuk spesimen yang lainnya didapatkan hasil sebagai berikut pada tabel 4.1 dibawah ini.

Dengan menggunakan cara dan perhitungan yang sama maka data untuk spesimen yang lainnya didapatkan hasil sebagai berikut pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 Data pengolahan pengujian fatik

Kode spesimen	n	F	Dimensi Spesimen		σ	N	N rata-rata
			a	d			
A1	1445	16	155	10	25,28	977522	780859,34
A2	1445	16	155	10	25,28	1428507	
A3	1445	16	155	10	25,28	2936549	
B1	1445	18	155	10	28,44	293427	554043,66
B2	1445	18	155	10	28,44	627386	
B3	1445	18	155	10	28,44	741291	
C1	1445	20	155	10	31,60	395355	333725
C2	1445	20	155	10	31,60	275800	
C3	1445	20	155	10	31,60	330020	

Keterangan :

n : Putaran Motor (rpm)

F: Beban (kg / mm^2)

a : Jarak dari bearing ke tengah titik center (mm)

d: diameter spesimen (mm)

σ : Tegangan (kg / mm^2)

N: jumlah cycles

t : Waktu gagal patah (det)

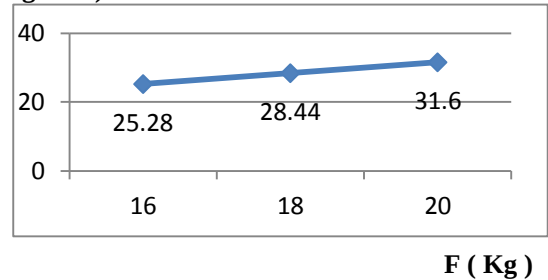
6.3 Analisa

Untuk memudahkan dalam menganalisa data hasil pengujian fatik maka dibuat grafik dari hasil pengolahan data, berikut ini grafik hasil pengujian fatik dimana data yang dimasukkan berupa besarnya tegangan vs beban dan tegangan vs siklus lelah N.

a. Analisa Grafik

1. Grafik tegangan (σ) vs Beban (F)

σ (Kg/mm^2)

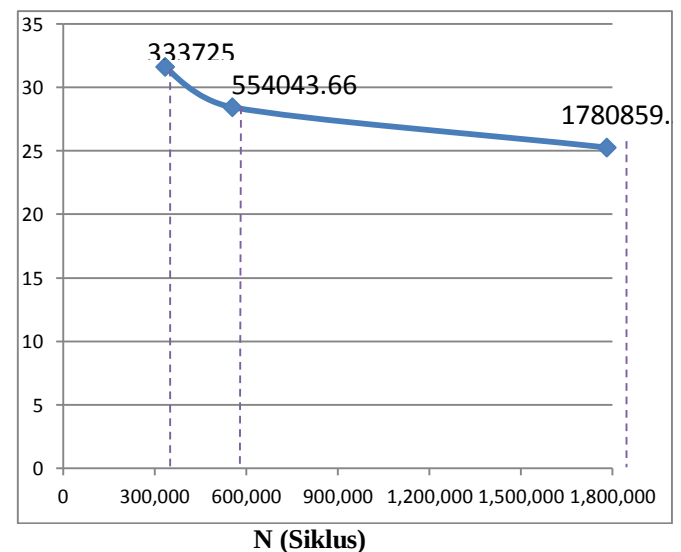


Gambar 3. Grafik hubungan antara tegangan vs beban

Pada Gambar 2 terlihat bahwa garis kurva tegangan lelah $31,60 \text{ kg/mm}^2$ dengan beban 20 kg lebih tinggi dari titik kurva tegangan $28,44 \text{ kg/mm}^2$ dengan beban 18 kg, garis titik kurva $28,44 \text{ kg/mm}^2$ lebih tinggi dari titik kurva pada tegangan $25,28 \text{ kg/mm}^2$ pada beban 16 kg. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya tegangan lelah kuningan *yellow brass* C85700 dipengaruhi oleh peningkatan variasi beban, semakin tinggi variasi beban semakin tinggi pula tegangan lelah kuningan sehingga kegagalan lebih cepat dengan meningkatnya variasi beban.

2. Grafik Tegangan (σ) vs Siklus (N)

σ (Kg/mm^2)



Gambar 4. Hubungan antara tegangan vs siklus N

Pada gambar 3 terlihat bahwa garis kurva tegangan lelah $31,60 \text{ kg/mm}^2$ menghasilkan jumlah siklus N sebesar 333725 garis kurva titik $28,44$

kg/mm² menghasilkan jumlah siklus N sebesar 554043,66 garis kurva titik 25,28 kg/mm² menghasilkan jumlah siklus N sebesar 1780859,34.

Hal ini menunjukan bahwa besarnya tegangan lelah kuningan berbanding terbalik dengan jumlah siklus N yang dibutuhkan untuk mengalami kegagalan lelah, semakin besar tegangan kekuatan lelah semakin kecil jumlah siklus N untuk terjadinya kegagalan lelah, dan sebaliknya semakin kecil tegangan semakin besar jumlah siklus N, sehingga kuningan tidak terdapat batas lelah yang signifikan, memiliki kurva dengan gradien yang turun sedikit demi sedikit sejalan dengan bertambahnya jumlah siklus

7. Kesimpulan dan Saran

7.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian diketahui bahwa:

1. Kuningan *yellow brass* C85700 pada beban 20 kg mengalami penurunan siklus (N) sebesar 333725, pada beban 18 kg terjadi transisi tegangan dan mengalami penurunan siklus (N) sebesar 554043,66 dan pada beban 16 kg mengalami peningkatan siklus (N) sebesar 1780859,34. Hal ini menunjukan bahwa variasi pembebanan dapat mempengaruhi terhadap siklus batas lelah material kuningan.

7.2 Saran

1. Besarnya penurunan kekuatan umur lelah Kuningan *yellow brass* C85700 pada beban 20 kg dibandingkan dengan 16 kg yang mengalami pembebanan, maka Kuningan *yellow brass* C85700 disarankan untuk tidak digunakan pada komponen mesin yang beroperasi pada beban tinggi, karena terlalu besarnya penurunan pada pembebanan rotating bending atau sangat sensitif terhadap beban tinggi yang akan menyebabkan umur pemakaian Kuningan *yellow brass* C85700 akan lebih pendek.
2. Karena mesin belum dilengkapi pengaman, terutama jika benda uji patah maka dalam pengoprasiannya hendaknya hati-hati dan disarankan menggunakan pelindung mata.

Daftar Pustaka

- Akuan,. A. (2007):*Diktat Kelelahan Logam*, UNJANI, Bandung
- Collins,J.A..(1981)*Failure of Material in Mechanical Design, Analysis Prediction and Prevention*, John Willey & Son, Inc US.
- Dieter, George E.(1992) *Metalurgi Mekanik*, Jilid 1, edisi ketiga, alih bahasa oleh Sriati Djafrie, Erlangga, Jakarta.

Ferdinand LS & Andrew P.(1984): *Kekuatan Bahan*, Terjemahan Darwin Sebayang, Edisi Ketiga, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Taufik, A,. (2000): *Aplikasi Mekanika Retakan Pada Analisis Kegagalan Logam*, ITB,Bandung

Zulhanif.(2002) *Teses: Pengaruh Implantasi Ion Cromium Terhadap Ketahanan Fatigue Baja Karbo Rendah* .Yogyakarta Universitas Gadjah Mada

Daftar Riwayat Hidup

Nama : Ade Irvan Tauvana, ST,. M.Eng,

Tempat/ Tanggal Lahir : Ciamis, 2 Januari 1979

Pendidikan Terakhir: S2 Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada

Jabatan Terakhir:Dosen/ Sekertaris Program Studi Teknik Mesin Politeknik Enjinereng Indorama