

Analisa Uji Ketahanan Kelelahan ASS Kuningan 70/30 dengan Mesin Uji Tipe Cantilever Rotary Bending

R Adam^{1,*}, N S Dera¹

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gorontalo
Jl. Ahmad A. Wahab No. 2471 Limboto, Kab. Gorontalo

*Corresponding e-mail: Danialadam486@gmail.com

Abstrak. Ketahanan material pada masa sekarang ini sangat berperan penting dalam era teknologi. Teknologi berkembang sangat maju dan pesat seiring dengan kemajuan jaman. Berbagai penelitian telah dilakukan oleh berbagai institusi dari seluruh penjuru Dunia untuk menemukan teknologi baru. Penemuan baru tersebut sebagai modal awal untuk menciptakan teknologi yang lebih mutakhir. Seiring dengan perkembangan IPTEK yang sedemikian pesat dewasa ini. Oleh karena itu di butuhkan acuan standar uji *fatigue* dari suatu material agar para perancang dan pembuat memiliki patokan dasar dalam merancang atau membuat sesuatu agar tidak merugikan atau membahayakan keselamatan penikmat maupun pengguna teknologi. Salah satu cara untuk mengetahui kekuatan atau ketahanan suatu material. Tujuan penelitian hanya menganalisa siklus kelelahan dan ketahanan material Ass kuningan batangan 70/30 hingga mengalami kegagalan atau patah menggunakan metode pengujian *fatigue* tipe *cantilever rotary bending*. Konversi satuan beban Kg terhadap Mpa, Konversi satuan waktu detik terhadap waktu putaran. Berdasarkan hasil data yang di dapat dari hasil pengujian fatik tipe *cantilever rotary bending* yang dilakukan di lab mesin fakultas teknik universitas gorontalo. Di tarik kesimpulan secara ilmiah bahwa untuk menganalisis ass kuningan 70/30 pada mesin uji fatik tipe (*cantilever rotary bending* ,) dengan jumlah spesimen 4 batang dengan durasi waktu 1 jam mendapatkan data analisis bahwa Spesimen 1 dengan Beban 20 kg mendapatkan tegangan 1.320 Mpa dan siklus 63.700 putaran dan spesimen 2 dengan beban 25 kg mendapatkan tegangan 1650 Mpa dengan siklus 40.012 putaran dan spesimen 3 dengan beban 30 kg mendapatkan tegangan 1981 Mpa dengan siklus 7.350 putaran dan untuk spesimen 4 mendapatkan tegangan 2311 Mpa dengan siklus 816 putaran.

Kata Kunci: *Cantilever Rotary Bending*; ASS Kuningan; *Fatigue*

Abstract. *Material resistance at this time plays an important role in the technological era. Technology is developing very advanced and rapidly along with the progress of the times. Various studies have been conducted by various institutions from all over the world to find new technologies. This new discovery is the initial capital to create a more sophisticated technology. Along with the rapid development of science and technology today. Therefore, a standard reference for the fatigue test of a material is needed so that designers and manufacturers have a basic standard in designing or making something so as not to harm or endanger the safety of both connoisseurs and technology users. One way to find out the strength or resistance of a material. The research objective is only to analyze the fatigue cycle and material resistance of 70/30 brass bar Ass to failure or fracture using the cantilever rotary bending type fatigue testing*

method. Convert unit load Kg to Mpa, Convert unit time seconds to lap time. Based on the results of the data obtained from the results of the cantilever rotary bending type fatigue test which was carried out in the machin lab of the engineering faculty of the University of Gorontalo. The scientific conclusion was drawn that to analyze 70/30 brass ass on a type fatigue testing machine (cantilever rotary bending,) with 4 specimens with a duration of 1 hour, the analysis data obtained that Specimen 1 with a load of 20 kg received a tension of 1,320 MPa and cycle 63,700 turns and specimen 2 with a load of 25 kg gets a voltage of 1650 Mpa with a cycle of 40,012 turns and specimen 3 with a load of 30 kg gets a voltage of 1981 Mpa with a cycle of 7,350 turns and for specimen 4 gets a tension of 2311 Mpa with a cycle of 816 turns.

Keywords: *Cantilever Rotary Bending; ASS Brass; Fatigue*

1. Pendahuluan

Bertambahnya modern teknologi yang ada saat ini tidak diimbangi dengan ketelitian maupun kejujuran dari para pelaku kecurangan ekonomi, karena rupiah mereka dapat mengesampingkan keunggulan kualitas dan lebih memprioritaskan kuantitas, yang berbanding terbalik dengan prinsip seorang desainer atau Insinyur terdahulu yang lebih memperhatikan keselamatan konsumen dengan menghasilkan kualitas yang baik di banding kuantitas yang banyak namun merugikan keselamatan konsumen. Oleh karena itu di perlukan acuan standar uji *fatigue* pada suatu material agar para perancang dan pembuat memiliki patokan dasar dalam merancang atau membuat sesuatu agar tidak merugikan atau membahayakan keselamatan penikmat maupun pengguna teknologi. Salah satu cara untuk mengetahui kekuatan atau ketahanan suatu material dan sebagai pendukung bagi spesifikasi suatu material adalah dengan menggunakan metode uji kelelahan atau uji *fatigue* untuk mengetahui suatu ketahanan material.

Fatigue atau kelelahan didefinisikan sebagai proses perubahan struktur permanen *progressive localized* pada kondisi yang mendapatkan *fluktuasi* regangan dan tegangan di bawah kekuatan tariknya dan pada satu titik atau banyak titik yang dapat memuncak menjadi retak (*crack*) atau patahan (*fracture*) secara keseluruhan selesai fluktuasi tertentu 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*) [1].

Fatik menduduki 90% penyebab utama kegagalan pemakaian. Terdapat 3 fase dalam perpatahan *fatigue* : permulaan retak, penyebaran retak, dan patah. Mekanisme dari permulaan retak umumnya dimulai dari *crack initiation* yang terjadi di permukaan material yang lemah atau daerah dimana terjadi konsentrasi tegangan di permukaan (seperti goresan, notch, lubang-pits dll) akibat adanya pembebanan berulang [2]. Kekuatan *fatigue* pada paduan di pengaruhi oleh beberapa factor selain komposisi kimia atau faktor metalurgi lainnya. Faktor penting tersebut antara lain: konsentrasi tegangan (*stress concentration*), kekerasan permukaan (*surface roughness*), keadaan permukaan (*surface condition*) dan lingkungan (*environment*). Permukaan sampel yang lebih halus dapat mempertinggi kekuatan *fatigue* material. Sebaliknya permukaan sampel yang kasar dapat berperilaku sebagai penaik tegangan yang dapat membantu pembentukan retak *fatigue* [3].

Hampir semua kasus kegagalan *fatigue* ini diawali pada daerah di permukaan logam, sehingga setiap perubahan logam yang terjadi pada area permukaan akan mempengaruhi kekuatan *fatigue* pada logam. Proses pembentukan perilaku panas dan kondisi pemrosesan pada permukaan mengakibatkan perubahan sifat material. Pengaruh kondisi permukaan dapat di bagi menjadi beberapa kelompok. Pertama kelompok yang mengurangi *fatigue life* dan kedua adalah kelompok yang meningkatkan umur material [3]. Lingkungan kerja komponen juga merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi perambatan *fatigue kinetis*. Retakan yang terjadi pada udara lembab lebih cepat empat kali lipat di bandingkan dengan retakan yang terjadi pada area *vacuum* atau ruang hampa udara. Retakan yang terjadi pada lingkungan *agresif* biasanya getas (*brittle*). Terpisah secara *intergranular*. Pada ruang hampa udara retakan yang terjadi cenderung ulet.

Kelelahan logam diawali dengan pembentukan awal retak dan dilanjutkan dengan penjaran retakan hingga komponen mengalami patah. Lokasi awal retak pada komponen atau logam yang mengalami pembebanan dinamis atau siklik adalah pada titik daerah dimana memiliki kekuatan yang paling minimum dan atau pada titik daerah dimana mengalami tegangan yang paling maksimum [4]. Ass Kuningan 70/30, Campuran logam dari tembaga dan seng di sebut juga kuningan, yang dapat membentuk kombinasi sifat material yaitu kekuatan dan ketahanan korosi yang tinggi, diagram kesetimbangan fasanya termasuk jenis *peritektik*. Paduan dengan kadar seng maksimal seng 35 % berfasa tunggal yaitu (*a*) alfa dengan struktur kristal FCC sehingga kemulurannya tinggi maka kemampuan pengerjaan dinginya tinggi, di antaranya kuningan 70/30 yang di namakan juga *cartridge brass* atau *yellow alfa brass*, banyak di gunakan di industry strategis, sehingga material kuningan ini tetap penting, selama belum ada penggantinya karena sifat mampu bentuk tarik dalam yang tinggi. Kadar seng di atas 35% terbentuk fasa (*beta*) dengan struktur Kristal BCC sehingga kekerasan meningkat, paduan ini kemuluran pada saat penggabungan bentuk dingin rendah akan tetapi tinggi kemampuan pengerjaan panasnya karena sifat fasa ini plastisnya tinggi pada temperature tinggi [5].

2. Material dan Metode Penelitian

2.1. Material

Pengujian di lakukan dengan menggunakan alat uji fatik tipe (*cantilever rotary bending*) alat uji yang di gunakan untuk mengetahui kekuatan lelah dari spesimen material kuningan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Mesin Uji Fatik Tipe (*cantilever rotary bending*)

Komponen Utama

Komponen utama mesin merupakan bagian-bagian utama dari mesin. Dimana komponen utama merupakan salah satu bentuk rangkaian mesin yang di fungsikan sebagai komponen penting. Ada beberapa komponen utama dalam mesin uji lelah tipe *cantilever rotary bending* yaitu:

a. Motor

Motor listrik berfungsi sebagai sumber penggerak utama poros. Motor listrik yang digunakan adalah jenis motor listrik putaran sedang 1.400 Rpm 1 Hp 50 Hz. 550 W, 220 V di tunjukan pada Gambar 2.



Gambar 2. Motor

b. Counter Hour

Berfungsi sebagai penghitung waktu, perhitungan (start awal) dilakukan pada saat awal motor listrik bekerja dan berhenti pada saat motor listrik berhenti (stop). *Counter Hours* akan mencatat berapa jumlah waktu yang terjadi pada saat pengujian dilakukan hingga spesimen patah. Di tunjukan pada Gambar 3.



Gambar 3 *Counter Hour*

c. Limit Switch

Limit Switch berfungsi sebagai pemutusnya arus listrik pada motor listrik dan menghentikan pencatatan pada counter hours dan ini terjadi apabila specimen patah dan bagian batang penyangga beban menekan tombol *limit switch*. Di tunjukan pada Gambar 4.



Gambar 4. *Limit Switch*

2.2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan 1 (bulan) untuk mencapai target yang di inginkan. persiapan pengujian serta segala sesuatu yang menyangkut persiapan penelitian akan di lakukan di Laboratorium/Workshop Mesin Universitas Gorontalo. Respon dan hasil yang di peroleh selama menjalankan riset di catat di logbook dan di dokumentasikan dengan bantuan komputer untuk menjamin akuntabilitas hasil penelitian. Adapun beban menggunakan batako yang di timbang, penyusunannya dengan menggunakan tali untuk mengikat beban satu dengan beban lainnya, agar kiranya untuk mendapatkan ukuran yang sesuai, jumlah beban lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Beban yang Digunakan

No	Spesimen	Beban
1	Spesimen 1	20 kg
2	Spesimen 2	25 kg
3	Spesimen 3	30 kg
4	Spesimen 4	35 kg

Pengujian dengan menggunakan alat uji tipe *cantilever rotary bending* dengan beban berat beban yang akan diberikan yaitu sebesar 20 kg, 25 kg, 35 kg, dengan lama waktu pengujian fatik maksimal selama 1 jam. Adapun langkah-langkah pengambilan data adalah sebagai berikut :

1. Langkah awal sebelum melakukan pengujian adalah persiapan spesimen yang akan diuji. Setelah spesimen ditentukan jumlahnya (minimal 4 spesimen uji), kemudian lakukan pengecekan pada alat. Hal yang perlu diperhatikan adalah bearing dan pencekam, pastikan semua dapat digunakan dengan baik. Jika bearing mengalami ketidak lancarn bergerak lakukan pelumasan pada bearing. Dan pada alat pencekam, perhatikan apakah pencekam dapat bergerak lancar atau tidak. Jika pencekam mengalami kendala, lakukan penyemprotan .
2. Setelah pengecekan selesai, pasang spesimen uji pada pencekam (pastikan pencekam menahan kuat spesimen agar tidak terpelant atau copot)
3. Setelah persiapan alat dan spesimen telah terpasang dengan baik, colokkan kabel saklar pada stop kontak PLN.
4. Tentukan beban yang sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu. Beban ditentukan oleh pemberat yang ada pada mistar ukur dengan jarak 15 cm (diatur sesuai dengan kebutuhan pengujian)
5. Tekan tombol RUN untuk memulai uji kelelahan.

6. Setelah motor berputar, catat awalan pengujian berapa putaran motor yang ada pada *chounter hour*. Catatan : untuk pengujian kelelahan ini, putaran motor tidak bisa diubah (konstan)
7. Pengujian kelelahan dilakukan sampai spesimen mengalami kegagalan atau patah. Setelah spesimen patah, motor akan mati karena alat ini dilengkapi dengan automatic shutdown.
8. Setelah spesimen uji patah, catat angka yang tertera pada *counter hour*.
9. Setelah pencatatan selesai, lepaskan spesimen pada pengecam spesimen.
10. Kemudian pasang spesimen uji yang selanjutnya pada pengecam (lakukan langkah yang sama)
11. Setelah pengujian selesai matikan motor dan penghitung waktu, copot saklar listrik pada stop kontak PLN.

Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut. *Sampling* yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan Ass kuningan batangan yang biasa digunakan di dalam komponen mesin dan juga dalam perancangan struktur bangunan bending dengan parameter menggunakan 5 batang spesimen, seperti pada Gambar 5.

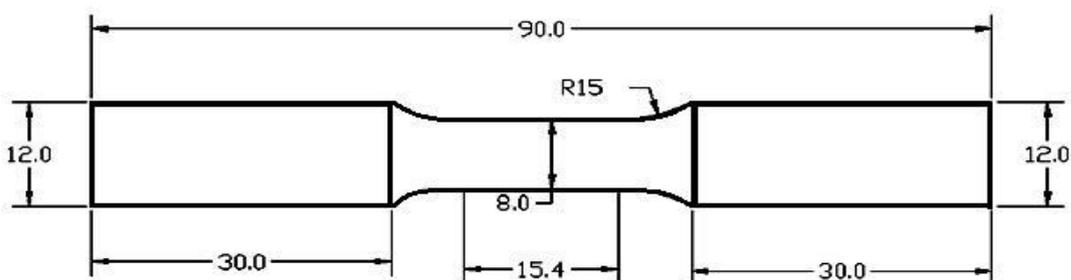


Gambar 5. Bentuk spesimen uji *fatigue*

Analisis yang di terapkan adalah menganalisis siklus ketahanan material Ass kuningan hingga terjadi perubahan, dengan beban dan ukuran spesimen yang telah di tentukan. Ada beberapa langkah dalam tahap menganalisis mengolah data sebagai berikut:

1. Konversi satuan beban Kg terhadap Mpa
2. Konversi satuan waktu detik terhadap jumlah putaran
3. Membuat tabel hasil pengujian
4. Membuat grafik SN hasil pengujian
5. Pengamatan pola tahapan spesimen

spesimen yang di gunakan menggunakan standar ASTM E466, sesuai dengan standar alat uji fatik tipe (*cantilever rotary bending*) seperti pada Gambar 6



Gambar 6. Ukuran Standard ASTM Spesimen

Parameter spesimen, Parameter menggunakan 4 spesimen dengan beban minimum 20 kg hingga 25 kg, 30 kg dan maksimum 35 kg, dari beberapa beban ini untuk mendapatkan data sehingga dapat

mengetahui dan menganalisis ketahanan dan kelelahan dari 4 spesimen pengujian. Parameter spesimen 1 dengan beban 20 kg seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Beban 20 kg spesimen 1

Berat beban 20 kg yang di gunakan pada spesimen 1 seperti yang terlihat di atas pada gambar 7, dengan catatan angka awal counter hour 62 dapat di ketahui bahwa dengan beban tersebut spesimen mengalami patahan dengan catatan counter hour akhir 140.

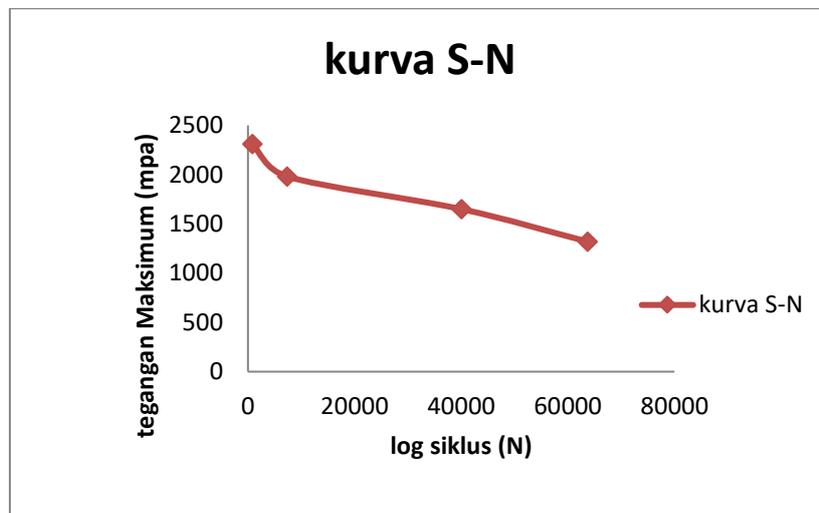
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian fatigue pada material kuningan telah dilakukan analisa pengujian fatigue material kuningan dengan menggunakan menggunakan mesin uji lelah tipe *cantilever rotary bending* dengan motor berkapasitas 1500 rpm, mendapatkan hasil pengujian dengan beban mulai dari berat 20 Kg, 25 Kg dan 30 `Kg dengan ukuran spesimen standar ASTM E466, pengujian di tampilkan dalam bentuk Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Leleh

No	Spesimen	Beban (Kg)	Tegangan (MPa)	Jumlah Siklus (N)	keterangan
1	Spesimen 1	20	1.320	63.700	patah
2	Spesimen 2	25	1.650	40.012	patah
3	Spesimen 3	30	1.981	7.350	patah
4	Spesimen 4	35	2.311	816	patah

Setelah dilakukan pengujian *fatigue* pada spesimen kuningan 70/30 dengan menggunakan mesin uji lelah tipe *cantilever rotary bending* maka didapat data hasil pengujian kelelahan (*fatigue*) spesimen kuningan dengan beban 20 kg menghasilkan tegangan 1.320 MPa, siklus 63.700 dalam waktu 59,15 menit. Pada beban 25 kg menghasilkan tegangan 1.650 MPa, siklus 40.012 dalam waktu 54,27 menit. Pada beban 30 kg menghasilkan tegangan 1.981MPa, siklus 7.350 dalam waktu 37,47 menit. Pada beban 35 kg menghasilkan tegangan 2.311 MPa. Semakin tinggi ukuran beban yang dibebankan maka semakin cepat proses terjadinya patahan dan sebaliknya semakin kecil ukuran beban yang dibebankan maka semakin lama proses terjadinya patahan. Kurva S-N hasil pengujian metode dasar untuk penyajian data *fatigue* adalah menggunakan kurva S - N, yaitu pemetaan tegangan (S) terhadap jumlah siklus hingga terjadi kegagalan (N). Nilai tegangan yang diplot dapat berupa nilai tegangan maksimum, tegangan minimum atau nilai rata-rata tegangan [4]. Data pengujian spesimen Ass kuningan di tampilkan dalam bentuk kurva S-N. Lihat pada Gambar 8.



Gambar 8. kurva S-N

Dari diagram S-N yang terlihat pada gambar 8 Garis log yang terbentuk merupakan pendekatan empat titik hubungan tegangan dan siklus patah yang diperoleh dari pengujian. Garis log diatas menunjukkan siklus patah yang terjadi pada waktu pengujian lebih cepat. Hal ini dikarenakan penjaralan *crack* yang terjadi lebih cepat [1]. Bentuk patahan spesimen, setelah dilakukan pengujian dengan metode fatik tipe (*cantilever rotary bending*), mendapatkan 4 spesimen yang mengalami pola patahan yang berbeda .seperti di lihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Bentuk permukaan Patahan Spesimen

Dari hasil penelitian yang di lakukan, ditemukan sejumlah perbedaan yang nyata pada tampilan patahan yang di perlihatkan oleh spesimen yang mengalami kegagalan. Pada tegangan yang rendah, tampilan patahan lebih banyak memperlihatkan pola patahan yang ulet seperti terlihat pada Gambar 9(a) Pada patahan atau ke gagalan semacam ini, sulit terjadi, hal ini di akibatkan oleh sejumlah kegagalan plastis dengan polah ulet lebih banyak terjadi di dibandingkan dengan perambatan retak yang terjadi. Selanjutnya pada tegangan yang tinggi memperlihatkan pola patahan yang getas seperti terlihat pada Gambar 9(b,c,d) hal ini disebabkan dengan pembebanan yang cukup berat dan mngakibatkan kegagalan yang cepat sehingga menimbulkan pola patahan yang getas dengan pola struktur yang kasar.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil data yang di dapat dari hasil pengujian fatik tipe *cantilever rotary bending* yang dilakukan di lab mesin fakultas teknik universitas gorontalo. Di tarik kesimpulan secara ilmiah bahwa untuk menganalisis ass kuningan 70/30 pada mesin uji fatik tipe *cantilever rotary bending* dengan jumlah spesimen 4 batang dengan durasi waktu 1 jam mendapatkan data analisis bahwa Spesimen 1 dengan Beban 20 kg mendapatkan tegangan 1.320 Mpa dan siklus 63.700 putaran dan spesimen 2 dengan beban 25 kg mendapatkan tegangan 1650 Mpa dengan siklus 40.012 putaran dan spesimen 3 dengan beban 30 kg mendapatkan tegangan 1981 Mpa dengan siklus 7.350 putaran dan untuk spesimen 4 mendapatkan tegangan 2311 Mpa dengan siklus 816 putaran. Setelah Ke empat spesimen ini dilakukan pengujian maka terjadi kegagalan terhadap spesimen, kegagalan yang di timbulkan dari ke empat spesimen ini menimbulkan dua pola patahan dan struktur yang berbeda, pada spesimen 1 dan 2 menimbulkan pola patahan yang ulet menghasilkan struktur halus pada spesimen 3 dan 4 menimbulkan pola patahan getas menghasilkan struktur kasar.

Daftar Pustaka

- [1] Teguh Sugiarto 2018 Analisis Uji Ktahanan lelah Baja Karbon Aisi 1045 Dengan Heat Treatment (Quenching) Dengan Mengiunakan Alat Rotary Bending *Jurnal Fema*, volume 1, Nomor 3.
- [2] Arfis Amirudin 2018 Analisis Pengujian Lelah Material Tembaga Dengan Mnggunakan Rotary Bnding Fatigue Machine *Teknik Mesin* Volume 4 No 2.
- [3] Husaini 2001 Analisa Kekuatan Lelah Paduan Aluminium Secara Eksperimental *Jurnal Teknik Mesin* Volume 4 No. 1, Maret 2001
- [4] Nanang Tawaf 2014 Analisis Fatigue Failure Suhu Rendah Struktur Batang Duralium Dengan Mesin Siklus Bending *Jurnal Rekayasa Mesin* No 3.
- [5] Mirza Wibsono 2009 Studi Pengaruh Aluminium Terhadap Kuningan 70/30 FT UI.