

Analisa uji ketahanan *fatigue* Aluminium scrap hasil remelting sepatu rem (*brake shoe*) terhadap variasi beban menggunakan tipe *rotary bending*

Wahyono¹, Eko Nugroho², Sulis Dri Handono³, Eko Budiyanto^{4*}

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro^{1,2,3,4}
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia
*Corresponding author: eko_budiyanto99@yahoo.com

Abstract

Used brake shoes are a component of a two-wheeled vehicle that has a type of aluminum material. Therefore, we can do remelting aluminum from brake shoes that can no longer be used for advanced application use and utilization of brake shoe waste which still has a sale value. This study aims to determine the best value or the one that approximates the fatigue limit endurance value of each loading variation given to the specimen and to determine the characteristics of the fracture surface from the differences in given loading. The research method used for fatigue testing is by using a literature study and direct observation or observation. Before doing the fatigue testing, first, do the tensile test to get the yield strength value where this value is used for the loading that will be given to the fatigue test, the loading variations are given for the fatigue test are 40%, 50%, and 60 % of the yield strength value. From the results of fatigue testing at a load of 60% with the stress of 100.2 MPa and a given load of 3.81 kg, it can be seen that the value of material fracture at 27,421 cycles and in the timeframe 00:18:16. Then at 50% loading with the stress of 83.5 MPa and a given load of 3.18 g, it can be seen that the fracture value of the material in the 51,659 cycles in the fracture period is 00:34:35. Then in the next test with a load of 40% and given the stress of 66.8 MPa and a load of 2.5 kg, it is known that the fracture value of the material in the 106,930 cycles in the fracture period reaches 01:11:17. From the test data, it can be concluded that the ratio between cycle and time with voltage is inversely proportional, that is, the smaller the voltage the greater the cycle and time obtained, and vice versa, the greater the voltage, the smaller the cycle and time will be obtained.

Keywords: Used brake shoes, Aluminum, Remelting, load variation, fatigue test.

Abstrak

Sepatu rem bekas adalah suatu komponen kendaraan roda dua yang memiliki jenis material aluminium. Maka dari itu aluminium dari sepatu rem yang sudah tidak dapat lagi di gunakan bisa kita lakukan *remelting* atau peleburan ulang untuk penggunaan aplikasi lanjutan dan pemanfaatan limbah sepatu rem yang masih mempunyai nilai jual. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai terbaik atau yang mendekati nilai endurance limit kelelahan dari setiap variasi pembebanan yang di berikan terhadap spesimen dan untuk mengetahui karakteristik permukaan patahan dari perbedaan pembebanan yang di berikan. Metode penelitian yang di gunakan untuk pengujian *fatigue* ini dengan menggunakan studi pustaka dan pengamatan secara langsung atau obserasi. Sebelum di lakukan pengujian *fatigue*, terlebih dahulu di lakukan pengujian tarik untuk mendapatkan nilai yield strength di mana nilai ini di gunakan untuk pembebanan yang akan di berikan terhadap pengujian *fatigue*, variasi pembebanan yang di berikan untuk pengujian *fatigue* yaitu 40 %, 50 %, dan 60 % dari nilai *yield strength*. Dari hasil pengujian *fatigue* pada pembebanan 60 % dengan tegangan 100,2 MPa dan beban yang di berikan 3,81 kg dapat diketahui nilai patah material pada siklus

27.421 dan dalam kurun waktu 00:18:16. Kemudian pada pembebanan 50 % dengan tegangan 83,5 MPa dan beban yang di berikan 3,18 g dapat di ketahui nilai patah material pada siklus 51.659 dalam kurun waktu patah 00:34:35. Lalu pada pengujian yang berikutnya dengan pembebanan 40 % serta tegangan yang di berikan 66,8 MPa dan beban yang di berikan 2,5 kg di ketahui nilai patah materialnya pada siklus 106.930 dalam jangka waktu patah mencapai 01:11:17. Dari data pengujian dapat di simpulkan bahwa perbandingan antara siklus dan waktu dengan tegangan adalah berbanding terbalik, yaitu semakin kecil tegangan semakin besar siklus dan waktu yang di dapat, begitupun sebaliknya semakin besar tegangan maka akan semakin kecil siklus dan waktu yang didapat.

Kata kunci : Sepatu rem bekas, Aluminium, *Remelting*, Variasi beban, Uji *fatigue*.

Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan teknologi yang semakin pesat di era globalisasi membuat kebutuhan akan penggunaan material logam semakin meningkat. Diantaranya logam aluminium sebagai salah satu komponen pada kendaraan bermotor dan biasanya di gunakan untuk bahan baku pembuatan sepatu rem (*brake shoe*). Akan tetapi penggunaan sepatu rem tersebut menimbulkan limbah yang cukup banyak dan masih mempunyai nilai jual. Karena aluminium masih bisa di daur ulang dan di manfaatkan menjadi produk yang mempunyai nilai jual, maka dari itu pengolahan daur ulang aluminium bekas sepatu rem ini sangat penting dilakukan.

Salah satu aplikasi aluminium adalah sebagai bahan baku pembuatan sepatu rem yang menjadi tumpuan kanvas rem agar mampu mengurangi dan menghentikan laju kendaraan. Sepatu rem ini memiliki paduan antara Aluminium (Al) dan Silikon (Si), dimana kandungan Silikon yang di campurkan sebagai bahan baku sepatu rem hanya 12 %,

Sehingga setelah kanvas rem ini habis biasanya sepatu rem tersebut tidak lagi dapat di gunakan, maka dari itu sepatu rem yang sudah tidak dapat lagi di gunakan bisa kita lakukan *remelting* untuk penggunaan aplikasi lanjutan dan pemanfaatan limbah sepatu rem tersebut, akan tetapi hal ini perlu di lakukan pengujian mekanik yang salah satunya ialah uji ketahanan *fatigue*, dari pengujian ini akan dihasilkan kurva atau data yang

mencirikan keadaan dari material tersebut., dan menurut jurnal yang saya baca perlakuan *remelting* ini berpengaruh terhadap ketahanan dan kekuatan suatu material. Jika suatu material di beri perlakuan *remelting* maka ketahanan dan kekuatan material tersebut akan semakin berkurang [5].

Tinjauan Pustaka

Aluminium

Aluminium merupakan salah satu logam *non ferrous* yang paling banyak di pergunakan dalam bidang keteknikan karena memiliki sifat yang ringan dan tahan terhadap korosi. Terdapat banyak paduan dari aluminium diantaranya seperti Al-Si, Al-Cu, Al-Mg dn Al-Zn serta banyak paduan-paduan aluminium lainnya. Masing –masing paduan ini mempunyai karakteristik yang berbeda-beda dengan tujuan pemakaian yang berbeda pula.

Aluminium dipergunakan secara luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga, tetapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, otomotif, kapal laut, konstruksi dan lain-lain. Bahkan di dunia otomotif aluminium merupakan material yang menarik karena dapat menurunkan berat kendaraan dan penggunaan aluminium diharapkan dapat menekan kenaikan bahan bakar serta material ini juga mudah untuk didaur ulang (*recyclable*). Hal ini yang mendorong penggantian bagian dari besi (*ferrous*) menjadi aluminium [6].

A. Sifat Fisis Aluminium

Aluminium memiliki struktur kristal *face centred cubic* (FCC) dengan kristal (a) = 4,0413 Å pada temperatur 25°C (HORN, 1967). Aluminium merupakan logam ringan, dimana memiliki berat 34% dari besi dengan volume yang sama, 30% dengan volume yang sama di dibandingkan dengan tembaga, akan tetapi memiliki berat 1,5 kali di bandingkan dengan magnesium. Aluminium mempunyai ketahanan korosi yang baik dan mempunyai hantaran listrik yang baik serta sifat-sifat lainnya sebagai sifat logam.

Tabel 1. Sifat-sifat fisik Aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian AL (%)	
	99,996	>99,0
Massa Jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titik Cair	660,2	653-657
Panas Jenis (cal°C)(100°C)	0,2226	0,2297
Hantaran Listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan Listrik Koefisien Temperatur (°C)	0,00429	0,0115
Koefisien Pemuai (20-100°C)	23,86 x 10 ⁻⁶	23,5 x 10 ⁻⁶
Jenis Kristal, Konstanta kisi	FCC, a = 4,013 Å	FCC, a = 4,04 Å

B. Sifat Mekanis Aluminium

Perlu diketahui aluminium memiliki beberapa sifat yang menjadikannya sebagai salah satu bahan yang banyak dipergunakan dalam banyak aplikasi industri seperti industri otomotif, rumah tangga, maupun elektrik, karena beberapa sifat dari aluminium itu sendiri, yaitu:

1. Ringan

Aluminium memiliki sifat ringan, bahkan lebih ringan dari magnesium dengan densitas sekitar 1/3 dari densitas besi. Kombinasi ringan dengan kekuatan yang cukup baik membuat aluminium sering diaplikasikan pada kendaraan bermotor, pesawat terbang, alat-alat rumah tangga, maupun pada roket.

2. Mudah dalam pembentukannya

Aluminium merupakan salah satu logam yang mudah untuk dibentuk dan mudah dalam fabrikasi seperti *forging*,

bending, *rolling*, *casting*, *drawing*, dan *machining*. Bahan aluminium juga mudah dibentuk menjadi bentuk yang kompleks dan tipis sekalipun, seperti bingkai jendela, lembaran aluminium foil, rel, gording, dan lain sebagainya.

3. Tahan terhadap korosi

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. Hal tersebut dapat terjadi karena permukaan aluminium mampu membentuk lapisan aluminium (Al_2O_3) bila bereaksi dengan oksigen.

4. Konduktivitas panas tinggi

Konduktivitas panas aluminium tiga kali lebih besar dari besi, maupun dalam pendinginan dan pemanasan. Sehingga aplikasi banyak digunakan pada radiator mobil, koil pada evaporator, alat penukar kalor, alat-alat masak, maupun komponen mesin.

5. Konduktivitas listrik tinggi

Konduktivitas listrik dari aluminium dua kali lebih besar dari pada tembaga dengan perbandingan berat yang sama. Sehingga sangat cocok digunakan dalam kabel transmisi listrik.

6. Tangguh pada temperatur rendah

Aluminium tidak menjadi getas pada temperatur rendah hingga -100 °C, bahkan menjadi lebih keras dan ketangguhan meningkat. Sehingga aluminium dapat digunakan pada material bejana yang beroperasi pada temperatur rendah.

7. Tidak beracun

Aluminium tidak memiliki sifat racun pada tubuh manusia, sehingga sering digunakan dalam industri makanan seperti kaleng makanan dan minuman, serta pipa-pipa penyalur pada industri makanan dan minuman.

8. Mudah didaur ulang

Aluminium mudah untuk didaur ulang, bahkan 30% produksi aluminium di Amerika berasal dari aluminium yang

didaur ulang. Pembentukan kembali aluminium dari material bekas hanya membutuhkan 5% energi dari pemisahan aluminium dan bauksit.

Sepatu rem (*brake shoe*)

Rem adalah suatu peranti untuk memperlambat atau menghentikan gerakan roda. Karena gerak roda diperlambat, secara otomatis gerak kendaraan menjadi lambat. Dalam sistem pengereman sepatu rem berfungsi sebagai tempat melekatnya kampas rem. Sepatu rem memiliki peran yang sangat penting dalam sistem pengereman, yaitu menghubungkan antara komponen master rem yang berhubungan dengan tuas rem yang digerakkan oleh pengemudi dengan kampas rem yang akan bergesekan langsung dengan tromol untuk menghentikan laju kendaraan [2].



Gambar 1. Sepatu rem

Apabila dibandingkan dengan lining (kampas) pada bagian rem, sepatu rem adalah bagian yang jarang mengalami kegagalan. ADC 12 paduan aluminium dan Silikon 12 % digunakan sebagai bahan untuk membuat sepatu rem. ADC 12 memiliki keunggulan sebagai berikut :

1. Memiliki berat yang relatif ringan.
2. Tahan terhadap korosi.
3. konduktivitas termal tinggi.
4. Lunak tapi kuat sehingga apabila kampas rem habis , sepatu rem tidak rusak.
5. Ulet sehingga jarang ditemukan retakan .

Remelting

Remelting merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperoleh suatu material dengan sifat fisik dan sifat mekanik yang diinginkan dengan merubah sifat yang dimiliki bahan dasarnya. Pada dasarnya proses *remelting* merupakan proses peleburan dan penuangan kembali material yang sebelumnya sudah mengalami peleburan. *Remelting* juga merupakan bagian dari siklus hidup aluminium.

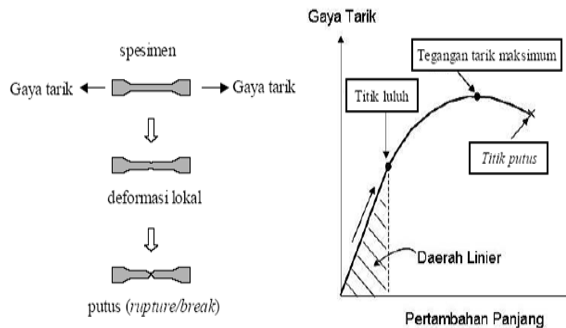
Suhu Tuang

Suhu penuangan dalam proses pengecoran merupakan salah satu hal yang sangat berpengaruh penting, karena akan sangat berpengaruh dalam hasil cetakan. Suhu tuang aluminium yang terlalu rendah maka rongga cetakan tidak akan terisi penuh dimana saluran masuk akan terbuka terlebih dahulu, dan apabila suhu tuang terlalu tinggi maka hal ini akan mengakibatkan penyusutan dan kehilangan akan keakuratan dimensi coran. Suhu tuang pada aluminium biasanya terdapat pada *range* 675-790°C dan harus tetap diperhatikan pada saat penuangan. Suhu tuang pada saat pengecoran sangat penting untuk diperhatikan karena faktor ini akan sangat mempengaruhi kualitas coran yang meliputi mikrostruktur dan sifat mekanis.

Uji Tarik

Pengujian tarik yaitu pengujian yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang sifat-sifat dan keadaan dari suatu logam. Pengujian tarik dilakukan dengan penambahan beban secara perlahan-lahan, kemudian akan terjadi pertambahan panjang yang sebanding dengan gaya yang bekerja. Kesebandingan ini terus berlanjut sampai bahan sampai titik *propotionality limit*. Setelah itu pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat penambahan beban tidak lagi berbanding lurus, pertambahan beban yang sama akan menghasilkan penambahan panjang yang lebih besar dan suatu saat terjadi penambahan panjang

tanpa ada penambahan beban, batang uji bertambah panjang dengan sendirinya. Hal ini dikatakan batang uji mengalami *yield* (luluh). Keadaan ini hanya berlangsung sesaat dan setelah itu akan naik lagi.



Gambar 2. Diagram Tegangan-Regangan

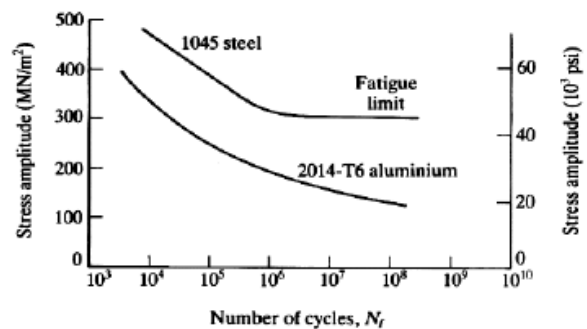
Uji Fatik (*Fatigue*)

Fatigue atau kelelahan 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 [9].

Progressive mengandung pengertian proses *fatigue* terjadi selama jangka waktu tertentu atau selama pemakaian, sejak komponen atau struktur digunakan. *Localized* berarti proses *fatigue* beroperasi pada luasan lokal yang mempunyai tegangan dan regangan yang tinggi karena : pengaruh beban luar, perubahan geometri, perbedaan temperatur, tegangan sisa dan tidak kesempurnaan diri. *Crack* merupakan awal terjadinya kegagalan *fatigue* dimana kemudian *crack* merambat karena adanya beban berulang. *Fracture* merupakan tahap akhir dari proses *fatigue* dimana bahan tidak dapat menahan tegangan dan regangan yang ada sehingga patah menjadi dua bagian atau lebih.

Penyajian data *fatigue* rekayasa adalah menggunakan kurva S-N yaitu pemetaan tegangan (S) terhadap jumlah siklus sampai terjadi kegagalan (N). Kurva S-N ini lebih diutamakan menggunakan

skala semi log seperti ditunjukkan pada gambar 3. Untuk beberapa bahan teknis yang penting [13].



Gambar 3. Kurva S-N

Perhitungan beban yang di berikan pada uji *fatigue* menggunakan rumus:

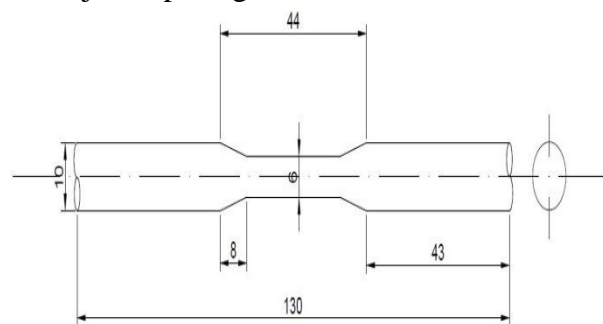
$$\sigma = \frac{W L/2}{\pi/32d^3} \text{ kg/cm}^2. \text{ di mana:}$$

- σ = Tegangan lentur (kg/cm²)
- W = Beban lentur (kg)
- D = Diameter benda uji (mm)
- L = Panjang benda uji (mm)

Metode Penelitian

Spesimen benda uji

Benda uji untuk pengujian ketahanan *fatigue* berdasarkan standar ASTM E8 mempunyai ukuran dan bentuk di tunjukan pada gambar 10 berikut ini:



Gambar 4. Spesimen uji *fatigue* standar ASTM E8

Prosedur penelitian

Metode ini dilakukan dengan melakukan penyiapan bahan yang diperlukan untuk proses penelitian. Proses peleburan dilakukan dengan cara memasukkan aluminium kedalam tungku

peleburan dengan menggunakan cangkang karet sebagai bahan bakarnya.

Setelah melakukan proses peleburan, aluminium yang telah mencair dituangkan dalam cetakan yang terbuat dari logam. Untuk mempermudah proses penuangan maka diperlukan alat tuang. Alat tuang yang digunakan titik didihnya harus lebih tinggi dari aluminium yang dicairkan. Proses penuangan dilakukan dengan suhu tuang yaitu 700°C .

Proses peleburan aluminium

1. Siapkan alat dan bahan untuk peleburan aluminium
2. Pasangkan termokopel pada titik-titik yang sudah ditentukan
3. Catat temperatur awal saat peleburan aluminium
4. Masukkan bahan bakar cangkang karet pada ruang bakar setinggi penyangga dan mulai proses pembakaran briket.
5. Masukkan aluminium secukupnya.
6. Tutup dapur krusibel.
7. Tambahkan bahan bakar secara terus menerus, jika bahan bakar mulai berkurang.
8. Setelah aluminium mulai mencair ukur temperaturnya secara berkala hingga mencapai suhu 700°C .
9. Catat semua temperatur pada titik-titik yang telah ditentukan sebagai temperatur ahir peleburan dan catat waktu peleburan.
10. Tuang aluminium dengan menggunakan alat tuang pada cetakan logam.
11. Padamkan bara api.
12. Bersihkan tungku dan dinginkan hingga mencapai temperatur ruangan.

Prosedur pengujian uji fatigue

1. Pasang benda uji pada *collet holder* dan eratkan yang kuat.
2. Pasang *cover* transfaran dengan benar.
3. Hubungkan kabel jala listrik ke sumber daya.
4. Buka atau putar ke kanan tombol panik.

5. Kendorkan roda beban (berlawanan arah jarum jam, jangan sampai lepas) atau tanpa beban.
6. Atur tampilan *forcemeter* menjadi nol, dengan memutar potensio di sisi kanan panel.
7. Berikan beban pada benda uji dengan memutar roda beban searah jarum jam.
8. Reset *countmeter*, tekan tombol reset di panel.
9. Tekan tombol Run-Stop untuk mengaktifkan *motor speed control*.
10. Tekan tombol Start pada *speed control*, tingkatkan frekwensi secara bertahap sampai putaran tertentu (perhatikan *tachometer*).
11. Amati *forcemeter* dan *counter meter* untuk keperluan data.
12. Mesin akan berhenti otomatis jika benda uji putus atau patah.
13. Menghentikan operasi sebelum patah, turunkan frekwensi dan tekan tombol Dtop pada *speed control*.
14. Tekan tombol Stop pada Run-Stop atau tekan tombol panik.
15. Lepaskan hubungan kabel jala listrik ke sumber daya, Dan Keluarkan patahan benda uji dari ruang mesin uji *fatigue*.

Hasil dan Pembahasan

Pemberian kode benda uji

Tabel 2. hasil pengujian tarik

Spesimen	Ultimate Stress	Yield Strength	Elasticity Modulus
1	175.690 Mpa	175.690 Mpa	67.104 Gpa
2	174.665 Mpa	157.457 Mpa	67.517 Gpa
Nilai rata-rata	175.177 Mpa	166.573 Mpa	67.310 Gpa

Dari data pengujian tarik di atas, dapat diketahui nilai dari *Ultimate Stress*, *Yield Strength*, dan *Elasticity Modulus* dari spesimen 1 (satu) dan 2 (dua), dan selanjutnya pembebanan pengujian *fatigue* di ambil dari nilai dari *yield strength*.

Perhitungan beban yang di berikan pada uji fatigue

Beban yang diberikan pada pengujian di tentukan berdasarkan *yield strength aluminium scrap* hasil *remelting* sepatu rem bekas. Dari data data spesifikasi aluminium scrap di ketahui nilai *yield strength* adalah 167Mpa. Pengujian di lakukan sebanyak 9 (sembilan) kali dengan 3 (tiga) tegangan yang berbeda .Variasi tegangan yang di berikan adalah 40%, 50%, dan 60% dari nilai *yield strength*.

Untuk menentukan beban yang di gunakan dalam pengujian, dilakukan 1 (satu) contoh perhitungan yang akan digunakan. Dari data spesifikasi aluminium scrap hasil remelting sepatu rem bekas di ketahui bahwa memiliki nilai *yield strength* 167 Mpa.

Data-data yang diketahui adalah sebagai berikut:

$$L = 180\text{mm}$$

$$d = 7\text{mm}$$

$$\sigma = 167\text{Mpa}$$

Beban pada pengujian 60% dari yield strength

$$\sigma = \frac{W L/2}{\pi/32d^3} \text{ kg/cm}^2$$

$$167 \text{ MPa} \times 60\% = \frac{w \cdot 180\text{mm}}{32 \cdot (7\text{mm})^3} \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{w \cdot 180\text{mm}}{2} = (167\text{MPa} \times 60\%)$$

$$\left[\frac{\pi}{32} (7\text{mm})^3 \right]$$

$$\frac{w \cdot 180\text{mm}}{2} =$$

$$(100,2\text{MPa} \times 33,656)$$

$$\frac{w \cdot 180\text{mm}}{2} = 3.372,3\text{N/mm}$$

$$w \cdot 180 \text{ mm} = 3.372,3 \times$$

$$2\text{N/mm}$$

$$w = \frac{6.744,6}{180} \text{ N}$$

$$w = 37,47 \text{ N}$$

$$w = 3,81 \text{ kg}$$

Setelah dilakukan perhitungan, kemudian dengan cara yang sama hasil perhitungan untuk tegangan pada pengujian 40%, dan 50% dari *yield strength* dan di masukan ke dalam tabel berikut:

Tabel 3. Data beban yang di berikan pada pengujian

<i>Yield Strength</i>	Variasi beban uji <i>fatigue</i> (%)	σ (Mpa)	W (kg)
167Mpa	40%	66,8Mpa	2,5kg
167Mpa	50%	83,5Mpa	3,18kg
167Mpa	60%	100,2Mpa	3,81kg

Hasil pengujian *Fatigue*

Setelah dilakukan perhitungan untuk menentukan beban pengujian kelelahan pada *aluminium scrap* hasil *remelting* sepatu rem bekas. dengan menggunakan mesin uji *fatigue rotary bending* di dapat hasil yang di tunjukan pada tabel berikut.

Tabel 4. Data tegangan 60% dari *Yield Strength*

σ_y MPa	Beban	Rpm	putaran	Waktu
100,2MPa	3,81Kg	1500	24.559	16:22
100,2MPa	3,81Kg	1500	37.077	24:42
100,2MPa	3,81Kg	1500	20.628	13:45
Nilai Rata-rata			27.421	18:16

Dari data tabel di atas dapat di lihat bahwa nilai patah materialnya tidak sama, untuk pembebanan 60% bisa di lihat yang paling baik nilai lelahnya yaitu di kolom nomor 2 (dua). dari satu pembebanan terdapat 3(tiga) hasil nilai, nilai tersebut di rata-ratakan untuk pembuatan kurva S-N.

Tabel 5. Data tegangan 50% dari *Yield Strength*

σ_y MPa	Beban	Rpm	putaran	Waktu
83,5 MPa	3,18Kg	1500	47.205	31:28
83,5 MPa	3,18Kg	1500	57.087	38:30
83,5 MPa	3,18Kg	1500	50.684	33:47
Nilai Rata-rata			51.659	34:35

Dari data tabel dapat dilihat bahwa nilai putus materialnya tidak sama, untuk pembebanan 50% ini bisa di lihat yang paling baik nilai lelah nya yaitu di kolom nomor 2 (dua). dari satu pembebanan terdapat 3(tiga) hasil nilai, nilai tersebut di rata-ratakan untuk pembuatan kurva S-N.

Tabel 6. Data tegangan 40% dari *Yield strength*

σ_y MPa	Beban	Rpm	putaran	Waktu
40%				
66,8 MPa	2,5Kg	1500	123.607	01:22:24
66,8 MPa	2,5Kg	1500	96.197	01:04:08
66,8 MPa	2,5Kg	1500	100.987	01:07:19
Nilai Rata-rata			106.930	01:11:17

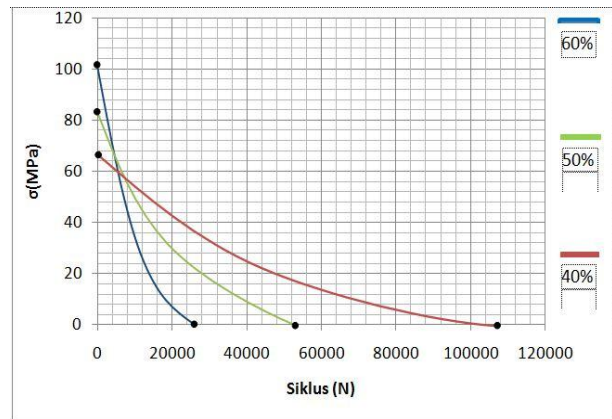
Dari data tabel dapat dilihat bahwa nilai patah materialnya tidak sama, untuk pembebanan 40% ini bisa di lihat yang paling baik nilai lelah nya yaitu di kolom nomor 1 (satu). dari satu pembebanan terdapat 3 (tiga) hasil nilai, nilai tersebut di rata-ratakan untuk pembuatan kurva S-N.

Dari pengujian yang telah di lakukan dapat di lihat hasil pengujian bahwa waktu yang didapat sampai spesimen mengalami kelelahan (patah) berbeda-beda itu dikarenakan pengaruh tegangan yang di berikan pada masing-masing spesimen, dari perbedaan tegangan itulah didapat beban yang di berikan berbeda pula untuk setiap spesimen, jadi dapat di lihat bahwa pemberian tegangan yang besar akan mengakibatkan spesimen mengalami kegagalan dalam waktu yang lebih cepat, begitupun sebaliknya jika tegangan yang di berikan kecil maka waktu spesimen untuk mengalami kegagalan lebih lama.

Grafik kurva S-N

Setelah didapat hasil pengujian kelelahan (*fatigue*) yang dilakukan terhadap benda uji didapatkan data dalam bentuk kurva S-N yang terlihat pada grafik

berikut:

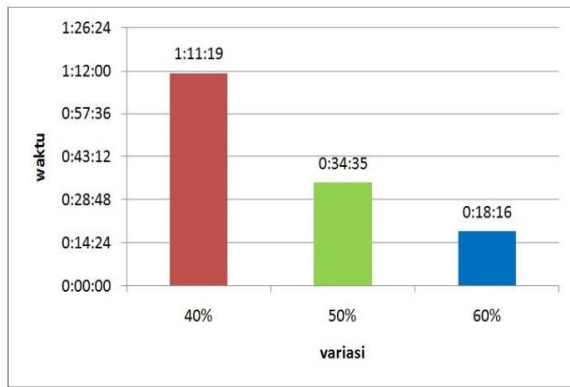


Gambar 6. Grafik nilai *fatigue*

Dari kurva S-N pengujian aluminium scrap hasil remelting sepatu rem bekas dapat dilihat bahwa dari hasil pengujian *fatigue* pada pembebanan 60% dengan tegangan 100,2 MPa dan beban yang di berikan 3,81kg dapat di ketahui nilai patah material pada siklus 27.421. Kemudian pada pembebanan 50% dengan tegangan 83,5MPa dan beban yang di berikan 3,18kg dapat di ketahui nilai patah material pada siklus 51.659. Lalu pada pengujian yang berikutnya dengan pembebanan 40% serta tegangan yang di berikan 66,8MPa dan beban yang di berikan 2,5kg di ketahui nilai patah materialnya pada siklus 106.930. Maka dapat di simpulkan bahwa perbandingan antara siklus dengan tegangan adalah perbandingan terbalik, yaitu semakin kecil tegangan semakin besar siklus dan waktu yang di dapat, begitupun sebaliknya semakin besar tegangan maka akan semakin kecil siklus dan waktu yang di dapat.

Grafik waktu putus

Variasi setiap pembenanan memiliki waktu yang berbeda-beda, waktu tersebut berkaitan dengan pembeban yang di berikan terhadap spesimen yang telah di uji *fatigue*. Berikut ini adalah garfik dari rata-rata waktu pembebanan yang diperoleh setelah pengujian yang dilakukan.

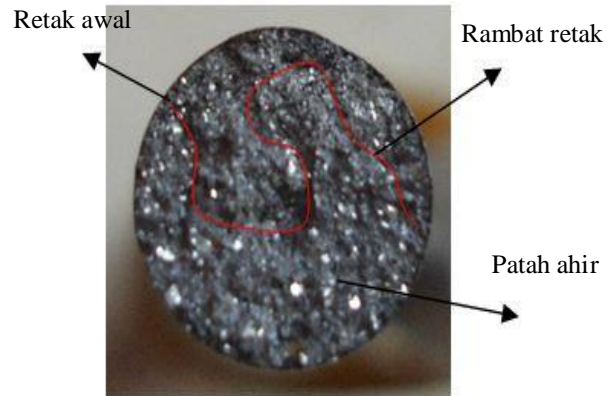


Gambar 7. Grafik rata – rata waktu pembebanan

Dari grafik bisa kita ketahui bahwa pembebanan 40% rata-rata spesimen putus dalam kurun waktu mencapai 01:11:19, dan pada pembebanan 50 % rata-rata waktu spesimen putus mendapatkan waktu mencapai 00:34:35, kemudian pada pembebanan 60 % rata-rata spesimen mengalami putus pada waktu 00:18:16. Jadi disini bisa di lihat perbedaan masing-masing variasi mengalami waktu putus yang berbeda, jadi semakin besar beban yang di berikan terhadap spesimen maka akan semakin cepat waktu kelelahan yang didapat, Begitupun sebaliknya semakin kecil beban yang di berikan maka semakin lama waktu yang didapat.

Analisa patahan

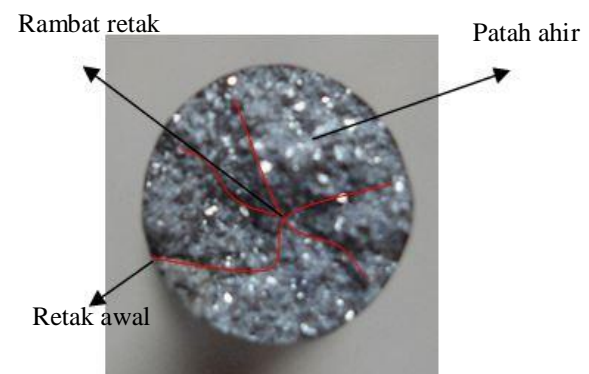
Analisa patahan dilakukan untuk mengetahui bagaimana terjadinya awal retakan hingga mencapai patahnya material tersebut terhadap variasi beban yang berbeda. analisa ini juga bertujuan untuk mengetahui perbedaan bentuk permukaan yang patah akibat dari pengujian *fatigue*. Berikut adalah perbedaan patahan dengan variasi beban yang berbeda. Permukaan patahan pada beban 40%.



Gambar 8. Permukaan patahan dengan beban 66,8 Mpa

Dari gambar di atas dapat di lihat bahwa patahan yang terjadi akibat pembebanan 66,8 MPa mengalami satu retakan dan merambat ke bagian lain sehingga material tersebut tidak mampu lagi menahan beban yang di berikan dan terjadilah perpatahan.

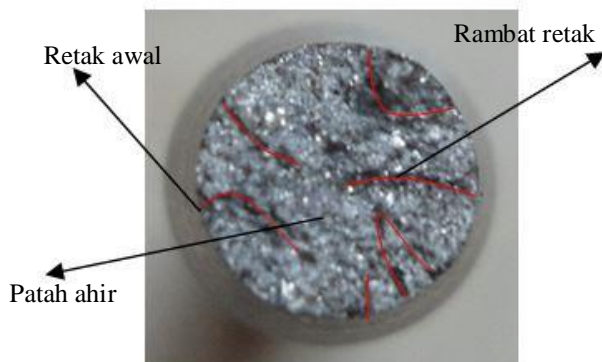
A. Permukaan patahan pada beban 50%



Gambar 9. Permukaan patahan dengan beban 83,5 Mpa

Pada pengujian dengan pembebanan 83,5 MPa ini bisa di lihat bahwa permukaan patahan memiliki satu awal retak dan memiliki rambat retakan lebih banyak di bandingkan dengan pengujian dengan pembebanan 66,8 MPa yang hanya memiliki satu awal retak dan satu rambat retakan, itu terjadi karena pembebanan yang di berikan lebih berat dari pada beban sebelumnya.

B. Permukaan patahan pada beban 60%



Gambar 10. Permukaan patahan dengan beban 100,2 MPa

Pengamatan pada permukaan patahan dengan beban 100,2 MPa ini memiliki awal retak dan rambat retak yang lebih banyak di bandingkan dengan kedua spesimen yang di beri pembebanan dibawahnya. Karena awal retak dan rambat retaknya lebih banyak maka spesimen tersebut mudah patah dengan jangka waktu yang lebih cepat.

Dari pembahasan analisa tersebut di ketahui perbedaan dari setiap patahan ternyata memiliki karakteristik masing-masing. Semakin besar beban yang di berikan kepada spesimen maka awal retak dan rambat retak semakin banyak sehingga spesimen tersebut mudah patah dengan waktu yang cepat. Begitupun sebaliknya semakin kecil beban yang di berikan terhadap spesimen maka awal retak dan rambat retaknya pun semakin sedikit, dan menjadikan waktu patah spesimen semakin lama.

Keterkaitan antara pembebanan dan bentuk permukaan patahan ini terlihat jelas dari hasil pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan. Pengujian tersebut menggambarkan keadaan patahan spesimen yang berbeda dari variasi beban yang berbeda.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian *fatigue* dan analisa patahan yang telah di lakukan dapat disimpulkan bahwa *aluminium scrap* hasil *remelting* sepatu rem bekas sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian *fatigue* pada pembebanan 60% tegangan 100,2MPa dan beban 3,81kg mendapatkan siklus 27.421 kurun waktu 00:18:16. Pada pembebanan 50% tegangan 83,5MPa dan beban 3,18kg mendapatkan siklus 51.659 kurun waktu 00:34:35. Lalu pada pembebanan 40% tegangan 66,8MPa dan beban 2,5kg mendapatkan siklus 106.930 dalam waktu 01:11:17. Maka dapat di simpulkan bahwa perbandingan antara siklus dan waktu dengan tegangan adalah perbandingan terbalik, yaitu semakin kecil tegangan semakin besar siklus dan waktu yang di dapat, begitupun sebaliknya semakin besar tegangan maka akan semakin kecil siklus dan waktu yang di dapat.
2. Bentuk permukaan patahan yang terjadi akibat pengujian *fatigue* dapat di ketahui bahwa patahan pembebanan 40% dengan tegangan 66,8 MPa mengalami satu retakan dan merambat ke bagian lain. kemudian pada pembebanan 50% dengan tegangan 83,5MPa ini bisa di lihat bahwa permukaan patahan memiliki satu awal retak dan memiliki rambat retakan lebih banyak. Dan pada pembebanan 60% dengan tegangan 100,2MPa memiliki awal retak dan rambat retak yang lebih banyak di bandingkan dengan spesimen sebelumnya. Dari analisa permukaan patahan tersebut dapat di simpulkan bahwa perbedaan dari setiap patahan ternyata memiliki karakteristik masing-masing

Referensi

- [1] Anshari Hafis Syarifudin. 2010. *Karakteristik Laju Perambatan Retak Fatik Bahan Komposit Berpenguat Serat Kenaf Dengan Matrik Polyeste*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- [2] Bayuseno Athanasius Priharyoto, dkk. 2011. *ADC 12 Sebagai material*

- sepatu rem menggunakan pengecoran high pressure die casting dengan variasi temperatur penuangan.* Jurusan Teknik Mesin, Universitas Diponegoro.
- [3] Budiyanto. 2008. *Pengaruh Temperatur Penuangan Paduan AL-SI (seri 4032) Terhadap Hasil Pengecoran.* Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Nasional Malang.
- [4] Caing. 2009. *Pengaruh Titanium.* Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas INDONESIA.
- [5] Kondi Maliwemu Erich Umbu, dkk. 2012. *Karakteristik perambatan retak fatik aluminium scrap dengan variasi putaran centrifugal casting.* Jurusan Teknik Mesin , Universitas Nusa Cendana.
- [6] Nur Eva Azis. 2012. *Analisis sifat fisis dan mekanis aluminium paduan Al-Si-Cu dengan menggunakan cetakan pasir.* Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [7] Nurhadi Muhammad, 2013. *Analisa Kekuatan Fatik Aluminium Cor (Remelting) Dengan Tipe Rotary Bending.* Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- [8] Prawoto Bambang, dkk. 2016. *Analisis Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah SC10 Dengan Tipe Rotary Bending.* Teknik Mesin, Universitas Bandar Lampung
- [9] Sugiarto Teguh, dkk. 2013. *Analisis uji ketahan lelah baja karbon sedang AISI 1045 dengan heat treatment (quenching) dengan menggunakan alat rotary bending.* Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung.
- [10] Supriyono, dkk. 2010. *Analisa Kegagalan Poros PoMPa Air Laut Pada Unit PLTU.* Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma.
- [11] Surojo Eko, dkk. 2009. *Pengaruh remelting terhadap struktur mikro dan kekerasan paduan cor Al – Si.* Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surakarta.
- [12] Susilo iwan. 2016. *Pengaruh Artificial Aging Pada Variasi Temperatur Tuang Terhadap Sifat Mekanis Hasil Pengecoran Piston Bekas.* Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Metro.
- [13] Tawaf nanang, dkk. 2014. *Analisis fatigue failure suhu rendah struktur batang duralumin dengan mesin siklus bending.* Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya.
- [14] Drihandono, S., & Budiyanto, E. (2017). *Pengaruh Temperatur Tuang, Temperatur Cetakan, dan Tekanan Pada Pengecoran Bertekanan (High Pressure Die Casting/HPDC) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Aluminium Paduan Silikon (Al-Si 7, 79%). Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 5(1).*
- [15] Budianto, E., Choiron, M. A., & Darmadi, D. B. (2016). *Hardening Baja AISI 1045 Menggunakan Gel Aloe Vera Sebagai Media Pendingin. Rekayasa Mesin, 7(2), 55-64.*
- [16] Nugroho, E., Budiyanto, E., Kurniawan, R., & Sumosusilo, J. (2020). *Uji ketahanan fatik aluminium hasil remelting piston bekas menggunakan metode pengecoran centrifugal casting. Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 8(2).*

- [17] Budiyanto, E., Nugroho, E., & Zainudin, A. (2018). Uji Ketahanan Fatik Aluminium Scrap Hasil Remelting Piston Bekas Menggunakan Alat Uji Fatik Tipe Rotary Bending. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 7(1).
- [18] Budiyanto, E., Asroni, A., & Pramono, A. (2017). Pengaruh Temperatur Cetakan Dan Lama Pengempaan Terhadap Keteguhan Rekat Pada Kayu Lapis Sebagai Bahan Baku Pembuatan Drum Shell. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(2).