

Published September 2018

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Analisa Pengujian Lelah Material Bronze Dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine****Rahmatullah^{*)} dan Rohadi Ahmad**Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan 20238, Indonesia

*Email: rahmatullah@umsu.ac.id

ABSTRAK

Merupakan kelelahan material karena terjadinya pembebanan yang berulang, kerusakan akibat beban berulang di sebut (*Fatigue Failures*), Pengujian dilakukan sebanyak 5 x dengan menggunakan alat uji fatik, Dengan tipe *Rotary Bending* variasi beban yang diberikan sebagai berikut 10kg, 15kg, 20kg, 25kg, dan 30kg. kelelahan sangat berbahaya disbanding kegagalan statis dikarenakan kegagalan tersebut terjadi tanpa peringatan terlebih dahulu, atau secara tiba-tiba dan menyeluru, Percobaan 1 : Siklus dengan 22741 dengan waktu 12,06 Menit diberi beban 10 Kg dengan hasil perhitungan = 34,226 Mpa, Percobaan 2 : Siklus dengan 20786 dengan waktu 11,59 Menit diberi beban 15 Kg dengan hasil perhitungan = 51,339 Mpa, Percobaan 3: Siklus dengan 17033 dengan waktu 11,39 Menit diberi beban 20 Kg dengan hasil perhitungan = 68,45 Mpa, Percobaan 4 :Siklus dengan 8640 dengan waktu 06,39 Menit diberi beban 25 Kg dengan hasil perhitungan = 83,333 Mpa, Percobaan 5 : Siklus dengan 4541 dengan waktu 03,27 Menit diberi beban 30 Kg dengan hasil perhitungan = 102,678 Mpa. Dengan kesimpulan sebagai berikut Ketahanan Lelah Bronze menurun seiring bertambahnya tegangan yang diberikan.

Kata Kunci : Fatik, Rotary Bending, Bonze***Analysis Of Material Bronze Tired Testing Using The Rotary Bending Fatigue Machine*****ABSTRACT**

Is a material fatigue due to repeated loading. damage caused by repeated loads (Fatigue Failures), The test is carried out as much as 5 x using a fatigue tester, With the Rotary Bending type the load variations are given as follows: 10kg, 15kg, 20kg, 25kg, and 30kg. fatigue is very dangerous compared to static failure because the failure occurred without warning, or suddenly and in a rush, Experiment 1: Cycle with 22741 with a time of 12.06 minutes given a load of 10 Kg with the results of calculation = 34.226 Mpa, Experiment 2: Cycle with 20786 with a time of 11.59 minutes given a load of 15 Kg with the results of calculations = 51,339 Mpa, Experiment 3: Cycle with 17033 with time 11,39 minutes given load 20 Kg with result of calculation = 68,45 Mpa, Experiment 4: Cycle with 8640 with time 06,39 Minutes given load 25 Kg with result of calculation = 83,333 Mpa, Experiment 5: The cycle with 4541 with a time of 03.27 minutes was given a load of 30 Kg with the result of calculation = 102.667 Mpa. With conclusions as follows, Bronze Tired Resistance decreases as the voltage increases.

Keywords: Fatik, Rotary Bending, Bonze

Published September 2018

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**PENDAHULUAN**

Bronze sangat memiliki peranan yang penting dalam bidang industri karena mempunyai ketahanan lebih kuat dari tembaga. Efisiensi dan efektifitas dari *bronze* itu sendiri selalu menjadi pertimbangan dalam pemilihan material sesuai dengan pemakaiannya. Dari pada itu perlu di uji dengan menggunakan uji patik agar mengetahui seberapa ketahanan material bronze tersebut, agar dalam rancang bangun suatu konstruksi mesin selalu diperlukan sifat bahan dengan tujuan agar komponen yang di rancang dapat bekerja secara optimal, dan dapat memenuhi persyaratan fungsi dari konstruksi maupun kekuatan dalam menerima beban. Sifat yang dikenal dengan kelelahan bahan perlu diteliti karena sangat penting untuk menentukan umur konstruksi berdasarkan kelelahan. Poros berfungsi untuk meneruskan tenaga baik berupa puntiran, maupun bending dari suatu bagian ke bagian yang lain. Akibat beban tersebut poros mengalami pebebanan yang terus berulang

akibatnya suatu poros sering mengalami kegagalan dalam operasinya. Kegagalan akibat beban berulang sangat tidak di inginkan karena tanda-tanda akan terjadinya kegagalan tidak dapat diketahui secara langsung. Kegagalan ini dapat berupa *crack* yang terus berkembang hingga terjadi perambatan *crack* yang kemudian menjadi patah.

Definisi fatigue

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

Terdapat tiga fase dalam perpatahan fatik yaitu :

1. Permulaan retak

Mekanisme fatik 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. Penyebaran retak

Crack initiation ini berkembang menjadi *microcracks*. Perambatan atau perpaduan *microcracks* ini kemudian membentuk *macrocracks* yang akan berujung pada *failure*.

3. Patah

Perpatahan terjadi ketika material telah mengalami siklus tegangan dan regangan yang menghasilkan kerusakan yang permanen [1]. didefinisikan sebagai proses perubahan struktur permanen *progressive localized* pada kondisi yang menghasilkan fluktuasi regangan dan tegangan dibawah kekuatannya dan pada satu titik atau banyak titik yang dapat memuncak menjadi retak (*crack*) atau patahan (*fracture*) secara keseluruhan sesudah fluktuasi tertentu. *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. Kegagalan akibat *fatigue* telah diteliti lebih dari 150 tahun lalu. Salah satu studi paling awal dilakukan W.A.J. Albert, dengan menguji beban siklus pada rantai pengangkat di Jerman tahun 1828. Istilah *fatigue* digunakan pertama tahun 1839 pada mekanika oleh J.V Poncelet dari Prancis. A. Wohler dari

Published September 2018

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

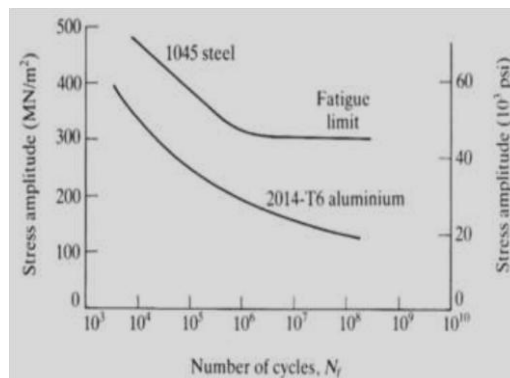
Jerman, mulai meneliti *fatigue* tahun 1850 dan menguji beberapa besi baja dan logam lain.dengan beban aksial, lentur dan torsi.

Wohler juga menunjukkan bahwa *fatigue* tidak hanya dipengaruhi oleh beban siklik namun juga oleh besar tegangan rerata (*mean stress*). Studi dilanjutkan oleh Soderberg, Geber dan Goodman untuk memprediksi pengaruh *mean stress* terhadap umur *fatigue*, menyatakan bahwa ketidakteraturan dan kekasaran permukaan secara umum mengakibatkan sifat *fatigue* lebih rendah daripada permukaan yang halus [2]. Pada beberapa pelapisan (*chromizing*) menyebabkan kekuatan *fatigue* menjadi lebih rendah dibanding dengan tanpa pelapisan.

Thermocreative deposition (TRD) untuk lapisan *vanadium carbida* dan *chromium carbida*, *chemical vapour deposition* (CVD) untuk *titanium carbida*, *physical vapour deposition* (PVD) untuk *titanium nitrida* dan *chromium plating*. Secara alami logam berbentuk kristalin artinya atom-atom disusun berurutan. Kebanyakan struktur logam berbentuk poli kristalin yaitu terdiri atas sejumlah besar kristal-kristal yang tersusun individu. Tiap-tiap butir memiliki sifat mekanik yang khas, arah susunan dan susunan tiap arah, dimana beberapa butir diorientasikan sebagai bidang-bidang yang mudah slip atau meluncur dalam arah tegangan geser maksimum. Slip terjadi pada logam-logam liat dengan gerakan dislokasi sepanjang bidang kristalografi. Slip terjadi disebabkan oleh beban siklik monotonik.

Ketahanan *fatigue* 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 [2]. Pada permukaan terjadi konsentrasi tegangan tekan atau tarik yang paling tinggi. Pada kondisi permukaan sedang menerima tegangan tarik maka tegangan sisa tekan pada permukaan akan menghasilkan resultan tegangan tekan yang semakin besar. Tegangan tekan akan menghambat terjadinya *initial crack* atau laju perambatan retak. Sehingga ketahanan lelah meningkat, dan akan terjadi sebaliknya apabila terjadi tegangan sisa tarik di permukaan.Pada dasarnya kegagalan *fatigue* dimulai dengan terjadinya retakan pada permukaan benda uji.

Hal ini membuktikan bahwa sifat-sifat *fatigue* sangat peka terhadap kondisi permukaan, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kekasaran permukaan, perubahan sifat-sifat permukaan dan tegangan sisa permukaan (dieter,19) 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 dibawah Untuk beberapa bahan teknis yang penting.



Gambar 1 .kurva S-N

Published September 2018

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

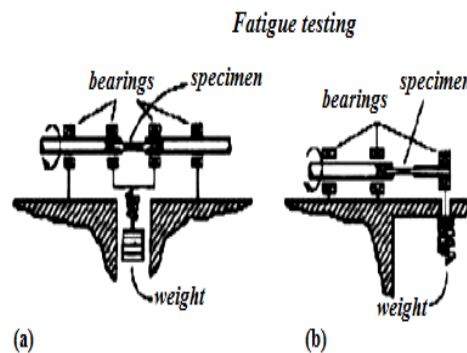
Kurva tersebut didapat dari pemetaan tegangan terhadap jumlah siklus sampai terjadi kegagalan pada benda uji. Pada kurva ini siklus menggunakan skala logaritma. Batas ketahanan *fatigue* (*endurance limit*) baja ditentukan pada jumlah siklus $N > 10^7$ [3].

Klasifikasi Mesin Uji Fatik***Axial (Direct-Stress)***

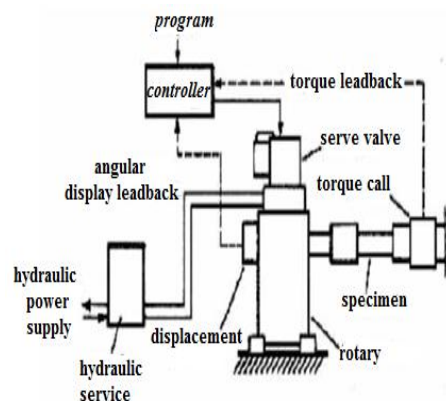
Mesin uji fatik ini memberikan tegangan ataupun regangan yang uniform ke penampangnya. Untuk penampang yang sama mesin pengujian ini harus dapat memberikan beban yang lebih besar dibandingkan mesin lentur statik dengan maksud untuk mendapatkan tegangan yang sama.

Bending Fatigue Machines

Cantilever Beam Machines dimana spesimen memiliki bagian yang mengecil baik pada lebar, tebal maupun diameternya, yang mengakibatkan bagian daerah yang diuji memiliki tegangan seragam hanya dengan pembebanan yang rendah dibandingkan lenturan fatik yang seragam dengan ukuran bagian yang sama, dapat dilihat pada gambar berikut :

Gambar 2. *Bending fatigue machines****Torsional Fatik Testing Machines***

Sama dengan mesin tipe *Axial* hanya saja menggunakan penjepit yang sesuai jika puntiran maksimum. Gambar dibawah ini adalah “Mesin Uji Fatik akibat Torsi” yang dirancang khusus.

Gambar 3 *Torsional Fatik Testing Machines*

Published September 2018

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Special Purpose Fatigue Testing Machines**

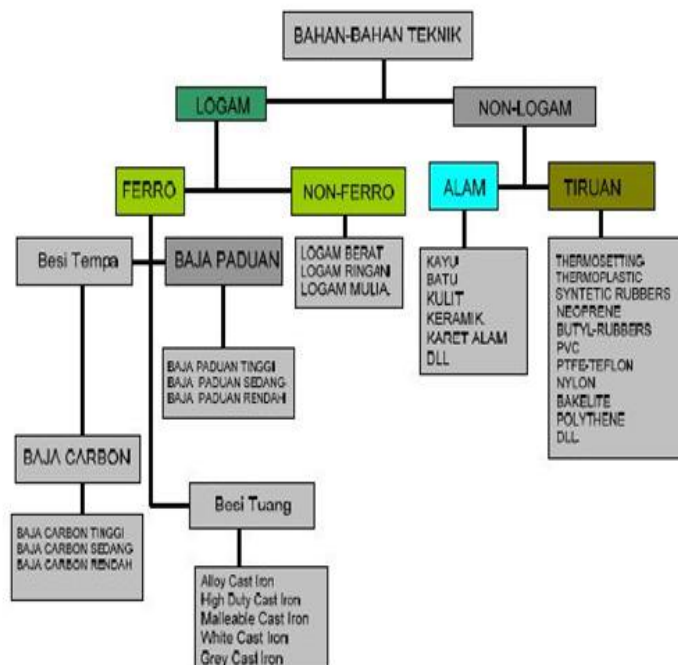
Dirancang khusus untuk tujuan tertentu. Kadang-kadang merupakan modifikasi dari mesin pengujian fatik yang sudah ada. Pengujian kawat adalah modifikasi dari “*Rotating Beam Machines*”.

Multiaxial Fatigue Testing Machines

Dirancang untuk pembebanan atau lebih dengan maksud untuk menentukan sifat logam dibawah tegangan *biaxial/triaxial*

Klasifikasi bahan teknik

Adapun klasifikasi bahan teknik dapat di lihat pada gambar dibawah



Gambar 4 Bahan-bahan Teknik

Kelebihan dan Kekurangan Bronze**Kelebihan**

1. Kuat tarik tinggi.
2. Tidak di makan rayap..
3. Bisa di daur ulang.

Kekurangan

1. harga mahal
2. Tidak fleksibel seperti kayu yang dapat di potong dan di bentuk berbagai profil.
3. Tidak tahan api.

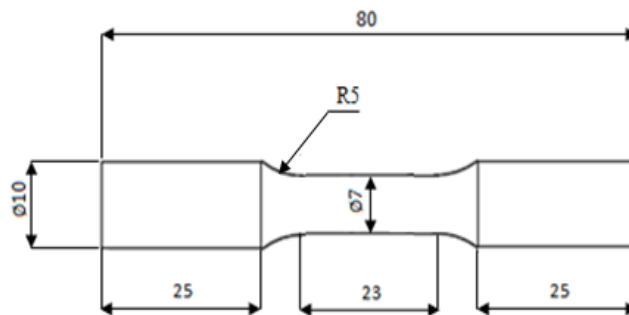
Published September 2018

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Bronze atau perunggu**

Bronze adalah perpaduan tembaga dengan timah putih dengan unsur kimianya 75-85% tembaga dan 15-25% timah putih. Unsur-unsur logam lain seperti seng dan timah hitam sangat kecil jumlahnya. Dan belum tentu setiap perunggu mengandung unsur-unsur tersebut. Bronze bersifat keras dan digunakan secara luas dalam industri

METODOLOGI PENELITIAN**Spesimen jenis Baja AISI 1045**

Skema benda uji untuk pengujian *fatigue* dengan menggunakan *Rotary Bending Fatigue Machine*.



Gambar 5 Skema benda uji

Prosedur Pengujian *Fatigue*

Pada pengujian ini melakukan uji *Fatigue* dengan *Rotary Bending Fatigue Machine*, adapun langkah – langkah prosedur pengujian adalah sebagai berikut:

1. Memasang spesimen pada *Rotary Bending Fatigue Machine*.
 2. Menghidupkan mesin untuk memulai pengujian, pada saat yang bersamaan memulai penghitungan waktu dengan *stopwatch*.
 3. Memasang beban pada *Rotary Bending Fatigue Machine*
 4. Saat material patah matikan *stopwatch* dan mesin bersamaan.
 5. Catat waktu dan Siklus yang diperoleh dari *stopwatch* dan *Indicator section*.
 6. Tandai material untuk pengujian *fatigue* pertama.
 7. Ulangi langkah 1-6 untuk pengujian *fatigue* pada material selanjutnya.
- Apabila telah selesai matikan semua alat dan rapikan kembali

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah selesai melakukan pengujian *fatigue* dengan menggunakan *rotary bending fatigue machine*, pada bab ini akan dilanjutkan dengan membahas hasil percobaan yang telah dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik UMSU (Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara) Jl. Kapten mukhtar basri, No. 3 Medan. Dapat dilihat pada tabel 4.1.

Published September 2018

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Analisa dan Hasil Pengujian**

Tabel 1 Data Nilai Pembebanan

No.	W (Kg)	D (mm)	L (mm)
1.	10 Kg	7	80
2.	15 Kg	7	80
3.	20 Kg	7	80
4.	25 Kg	7	80
5.	30 Kg	7	80

Percobaan 1 Pada Uji Fatigue

Percobaan 1 : Siklus dengan 22741 dengan waktu 12,06 Menit diberi beban 10 Kg, Dengan perhitungan sebagai berikut :

Penyelesaian percobaan 1 :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{WL/2}{\pi/32d^3} \\ &= \frac{10kg.2,3cm/2}{3,14/32.0,7^3 cm} \\ &= \frac{10kg.1,15cm}{0,0981.0,343cm} \\ &= \frac{11,5kg.cm}{0,0336cm} \\ &= 342,26kg/cm^2 \\ &= 34,226Mpa\end{aligned}$$

Percobaan 2 Pada Uji Fatigue

Percobaan 2 : Siklus dengan 20786 dengan waktu 11,59 Menit diberi beban 15 Kg, Dengan perhitungan sebagai berikut :

Penyelesaian percobaan 2 :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{WL/2}{\pi/32d^3} \\ &= \frac{15kg.2,3cm/2}{3,14/32.0,7^3 cm}\end{aligned}$$

Published September 2018

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

$$= \frac{15kg.1,15cm}{0,0981.0,343cm}$$

$$= \frac{17,25kg.cm}{0,0336cm}$$

$$= 513,39kg / cm^2$$

$$= 51,339Mpa$$

Percobaan 3 Pada beban 20kg

Percobaan 3: Siklus dengan 17033 dengan waktu 11,39 Menit diberi beban 20 Kg, Dengan perhitungan sebagai berikut :

Penyelesaian percobaan 3 :

$$\sigma = \frac{WL / 2}{\pi / 32d^3}$$

$$= \frac{20kg.2,3cm / 2}{3,14 / 32.0,7^3 cm}$$

$$= \frac{20kg.1,15cm}{0,0981.0,343cm}$$

$$= \frac{23kg.cm}{0,0336cm}$$

$$= 684,52kg / cm^2$$

$$= 68,452Mpa$$

Percobaan 4 Pada Uji Fatigue

Percobaan 4 :Siklus dengan 8640 dengan waktu 06,39 Menit diberi beban 25 Kg, Dengan perhitungan sebagai berikut :

Penyelesaian percobaan 4 :

$$\sigma = \frac{WL / 2}{\pi / 32d^3}$$

$$= \frac{25kg.2,3cm / 2}{3,14 / 32.0,7^3 cm}$$

Published September 2018

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

$$= \frac{25\text{kg} \cdot 1,15\text{cm}}{0,0981 \cdot 0,343\text{cm}}$$

$$= \frac{28,75\text{kg} \cdot \text{cm}}{0,0336\text{cm}}$$

$$= 855,65\text{kg} / \text{cm}^2$$

$$= 85,565\text{Mpa}$$

Percobaan 5 Pada Uji Fatigue

Percobaan 5 : Siklus dengan 4541 dengan waktu 03,27 Menit diberi beban 30 Kg, Dengan perhitungan sebagai berikut :

Penyelesaian percobaan 5 :

$$\sigma = \frac{WL / 2}{\pi / 32d^3}$$

$$= \frac{30\text{kg} \cdot 2,3\text{cm} / 2}{3,14 / 32 \cdot 0,7^3 \text{ cm}}$$

$$= \frac{30\text{kg} \cdot 1,15\text{cm}}{0,0981 \cdot 0,343\text{cm}}$$

$$= \frac{34,5\text{kg} \cdot \text{cm}}{0,0336\text{cm}}$$

$$= 1026,786\text{kg} / \text{cm}^2$$

$$= 102,6786\text{Mpa}$$

Data Hasil Pengujian Kelelahan

Hasil pengujian *fatigue* pada material Bronze telah dilakukan percobaan analisa pengujian *fatigue* material Bronze dengan menggunakan *rotary bending fatigue machine*. Data hasil pengujian kelelahan ditunjukkan pada tabel 2.

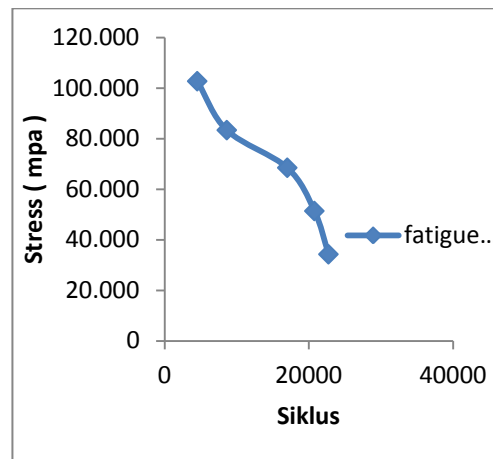
Tabel 2 Data Hasil Pengujian Kelelahan

No.	W (kg)	σ	Siklus	T
1.	10 kg	34,226	22741	12,06
2.	15 kg	51,339	20786	11,59
3.	20 kg	68,452	17033	11,39
4.	25 kg	85,565	8640	06,39
5.	30 kg	102,6786	4541	03,27

Published September 2018

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Kurva S-N**

Kurva S-N adalah karakteristik *fatigue* yang umum digunakan dari suatu bahan yang mengalami tegangan berulang dengan besar yang sama. Kurva tersebut diperoleh dari tes spesimen Bronze yang diberi beban berulang dengan jumlah N sampai terjadi kegagalan. Besarnya N berbanding terbalik dengan rentang tegangan S (tegangan maksimum-tegangan minimum). Kurva ini menyediakan informasi karakteristik *Fatigue* dengan amplitudo pembebanan yang konstan.



Gambar 6. Grafik Siklus vs Stress

KESIMPULAN

Setelah dilakukannya pengujian *fatigue* pada spesimen Bronze dengan menggunakan *rotary bending fatigue machine* maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

Dari hasil pengujian *fatigue* pada *Bronze* dengan menggunakan *mesin rotary bending fatigue* maka dapat di simpulkan yaitu :

1. Setelah pengujian selesai mendapatkan hasil kelelahan material bronze.
2. Ketahanan lelah Bronze semakin menurun seiring bertambahnya beban yang dialami Bronze.
3. Dalam pengujian menggunakan 5 spesimen dengan variasi beban berbeda yaitu 10kg, 15kg, 20kg, 25kg, dan 30kg,

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASM Handbook, Fractography, Formerly Ninth Edition, Volume 12, USA, 1992.
 - [2] Collins., J. A ., 1981, *failure of material in mechanical design, Analisis Prediction and Prevention*, Jhon Willey & Son, Inc US.
 - [3] Dieter, George E., 1992, *Metalurgi Mekanik*, jilid 1, edisi ketiga, alih bahasa oleh Sriati Djafri, Erlangga, Jakarta.
- Dowling., N, E, 1991, *mechanical Behaviour of Material*, Prentice, New Jersey .

Published September 2018

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>



Tata Surdia, Shinroku, 1985 Pengetahuan Bahan Teknik, Jakarta.

Van Vlack, 2005. *ilmu dan teknologi bahan*, erlangga. jakarta.

http://en.wikipedia.org/wiki/friedrich_wohler. Diakses 7 Agustus 2016 jam 13:07

[http:// www.slideshare.net/mobile/Abrianto67/kelelahan -logam-fatigue](http://www.slideshare.net/mobile/Abrianto67/kelelahan-logam-fatigue). Diakses pada 2 September 2016 jam : 09:04