

TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
UJI KELELAHAN (*FATIGUE TEST*) BAJA ST 60

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

NAMA : DEDEK WAHYUDI

NPM : 1207230263



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017

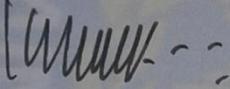
LEMBAR PENGESAHAN - I
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
UJI KELELAHAN (*FATIGUE TEST*) BAJA ST 60

Disusun Oleh :

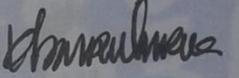
DEDEK WAHYUDI
1207230263

Disetujui Oleh :

Pembimbing – I


(Rahmatullah, S.T., M.Sc)

Pembimbing – II


(Khairul Umurani, S.T., M.T)

Diketahui Oleh :

Ketua Program Studi Teknik Mesin



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017

LEMBAR PENGESAHAN - II
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
UJI KELELAHAN (FATIGUE TEST) BAJA ST 60

Disusun Oleh :

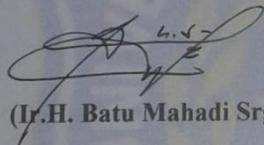
DEDEK WAHYUDI
1207230263

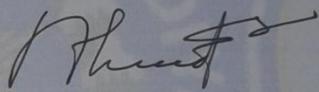
Telah diperiksa dan diperbaiki
Pada seminar tanggal 14 Oktober 2017

Disetujui Oleh :

Pembanding – I

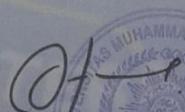
Pembanding – II


(Ir.H. Batu Mahadi Srg, M.T)


(Ahmad Marabdi Srg., S.T.,M.T)

Diketahui Oleh :

Ketua. Program Studi Teknik Mesin


(Alfandi, S.T)


PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238

Website : <http://www.umsu.ac.id>

Halaman ini adalah surat yang dibuat dan
tidak bertanggung jawab

TUGAS SARJANA

UJI KELELAHAN (FATIGUE TEST) BAJA ST 60
PERIODE SEMESTER GANJIL/GENAP
T.A. 2016 / 2017

Nama Mahasiswa : DEDEK WAHYUDI

NPM : 1207230263

Semester : XI (sebelas)

SPESIFIKASI :

*lalu lintas pengujian fatigue terhadap
 Baja st.60 , ketebalan 2mm dan
 semua sesuai standar*

Diberikan Tanggal : 1 JUNI 2016

Selesai Tanggal : 8 Oktober 2017

Asistensi :

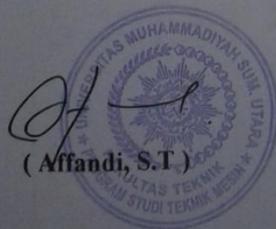
Tempat Asistensi :

Medan,.....

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

Dosen Pembimbing – I



(Affandi, S.T)

(Rahmatullah, S.T., M.Sc.)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Harap surat ini agar disebutkan
tanggalnya

DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA

Nama : DEDEK WAHYUDI

Pembimbing I : Rahmatullah, S.T., M.Sc.

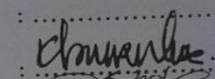
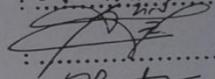
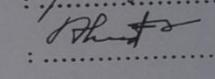
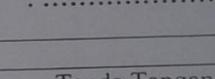
Npm : 1207230263

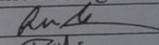
Pembimbing II: Khairul Umurani, S.T., M.T.

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	1 JUNI 2017	Penetapan tugas	1 ut
	3 AUG 2017	ak tugas	1 ut
	20 AUG 2017	Referensi di serikan	1 ut
	28 AUG 2017	ak bab 3, 4	1 ut
	30 AUG 2017	Ke Pembimbing 2	1 ut
	1 SEPT 2017	Perbincuan Analisis Data	1 ut
	2 SEPT 2017	Bruet Graph S-N	1 ut
	4 SEPT 2017	Kembali ke [perbincuan]	1 ut
	6 SEPT 2017	Seminar	1 ut

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2017 – 2018**

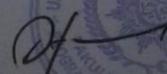
Peserta Seminar
 Nama : Dedek Wahyudi
 NPM : 1207230263
 Judul Tugas Akhir : Uji Kelelahan (Tatique Test) Baja ST 60.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Rahmatullah.S.T.M.Sc	: 
Pembimbing – II	: Khairul Umurani.S.T.M.T	: 
Pemanding – I	: Ir,H.Batu Mahadi Srg.M.T	: 
Pemanding – II	: Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	407230065	ARDI FAMPITRA	
2	1307230307	AHMAD FADLI	
3	1307230297	ABDUR RAHMAN A. LUBIS	
4	1307230268	RIZKY MAULANA SIREGAR	
5	1307230085	DINO BRYANSYAH	
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 24 Muharram 1439 H
14 Oktober 2017 M

Ketua Prodi. T Mesin


Affandi.S.T



**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Dedek Wahyudi
NPM : 1207230263
Judul T.Akhir : Uji Kelelahan (Tatiq Test) Baja St 60.

Dosen Pembimbing - I : Rahmatullah.S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : IrH.Batu Mahadi Srg,M.T
Dosen Pemanding - II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - Perbaikan Bab 1
 - Pembacaan Bab II. tambahkan teori sebelum
 - Pembacaan Bab III. tambahkan gambar dan analisis
 - hasil pada Bab IV
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

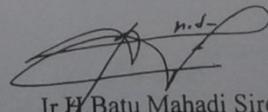
Medan 24 Muharram 1439H
14 Oktober 2017 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T



Dosen Pemanding- I


Ir.H.Batu Mahadi Siregar.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Dedek Wahyudi
NPM : 1207230263
Judul T.Akhir : Uji Kelelahan (Tatiq Test) Baja St 60.

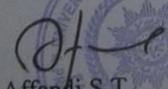
Dosen Pembimbing - I : Rahmatullah.S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : IrH.Batu Mahadi Srg,M.T
Dosen Pemanding - II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T

KEPUTUSAN

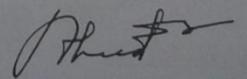
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - 1. *Sesuaikan dgn format penulisan skripsi.*
 - 2. *Lihat di buku skripsi.*
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan 24 Muharram 1439H
14 Oktober 2017 M

Diketahui :
Ketua Prödi. T.Mesin


Affandi.S.T

Dosen Pemanding- II


Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dedek Wahyudi
Tempat/Tgl Lahir : Teladan, 11 September 1991
Npm : 1207230263
Bidang Keahlian : Kontruksi dan Manufaktur
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik Universitas Muhammadiyah Sumater Utara
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Sarjana saya ini yang berjudul :

“UJI KELELAHAN (FATIGUE TEST) BAJA ST 60”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Sarjana saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi yang berat berupa pembatalan kellularan atau kesarjanaannya saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Oktober 2017

Saya yang menyatakan,


DEDEK WAHYUDI

ABSTRAK

Dalam pengujian ini akan dilakukan uji tarik dan uji puntir untuk material baja ST 60. Tujuannya untuk mengetahui kelelahan baja ST 60. Sedangkan tujuan uji tarik adalah untuk mencari beban yang akan diberikan pada pengujian fatigue. Hasil uji tarik didapat nilai rata-rata $77,96 \text{ N/mm}^2$, dari nilai rata-rata akan diambil 20%, 40%, 60% untuk menentukan beban pada pengujian fatigue. Dari 20% didapat beban 10kg, dan 40% didapat 20kg, dan 60% didapat 30kg. Sedangkan tujuan pengujian fatigue adalah untuk mengetahui kelelahan pada baja st 60. Pada spesimen 1 baja st 60 didapat hasil degan beban 10kg dengan siklus rata-rata 514,75, waktu rata-rata 11,90 detik dan pada spesimen 2 baja st 60 didapat hasil degan beban 20kg degan siklus rata-rat 155, waktu rata-rata 06.87 detik dan pada spesimen 3 baja st 60 didapat hasil degan beban 30kg degan siklus rata-rata 89,75 dan waktu rata-rata 05.22. Maka semakin bertambahnya beban, kelelahan (fatigue) yang terjadi pada baja st 60 semakin cepat disebabkan karna bertambahnya beban.

Kata Kunci : Mesin Uji tarik dan Mesin *Rotary Bending Fatigue Machine* baja st 60.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**UJI KELELAHAN (FATIGUE TEST) BAJA ST 60**”

Tugas Sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa **Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara** dalam menyelesaikan studinya.

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus-menerus hadir dan atas kerja keras penulis, dan atas banyaknya bimbingan dari dosen pembimbing, serta bantuan moril maupun material dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda Selamat dan Alm.Ibunda Sajinem tercinta yang senantiasa selalu memberikan dukungan moril, material dan do'a
2. Bapak Rahmatullah, S.T.,M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I
3. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing II
4. Bapak Rahmatullah, S.T.,M.Sc, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
6. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Affandi, S.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Chandra A Siregar, S.T.,M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
9. Bapak/Ibu dan staf pengajar di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik B2 Siang Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. yang telah banyak membantu dalam pemberian tenaga dan motivasi untuk penyelesaian tugas akhir ini
11. Keluarga besar tercinta, Turini, Painem, Gunadi, Surayadi dan Suyanti, yang selalu memberikan semangat bagi penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin YaRabbalA'lamin.

Billahi fii sabilil haq fastabiqul khairat
Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh...

Medan, Oktober 2017
Penulis

DEDEK WAHYUDI
1207230263

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN – 1	
LEMBAR PENGESAHAN – 2	
LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA	
LEMBAR ASISTENSI TUGAS SARJANA	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR NOTASI	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusa Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematik Penulisan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Defenisi Fatigue	5
2.2 Dasar Teori Kelelahan	7
2.3 Perpatahan akhir (<i>fracture failure</i>)	8
2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Kekuatan Lelah	12
2.5 Klasifikasi Mesin Uji Fatigue	16
2.6 Klasifikasi Bahan Teknik	18
2.7 Kekuatan Tarik	18
2.8 Baja St 60	21
2.8.1 Baja Karbon (Carbon Steel)	23
2.8.2 Baja Paduan	24
2.9 Sifat-Sifat Baja Karbon	25
2.9.1 Baja Karbon Rendah (Low Carbon Steel)	25
2.9.2 Baja Karbon Menengah (Medium Carbon Steel)	28
2.9.3 Baja Karbon Tinggi (High Carbon Steel)	28
2.10 Kelebihan dan Kekurangan Baja	28
2.11 Tujuan Penambahan Unsur	27
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Tempat dan Waktu	28
3.1.1 Tempat	28
3.1.2 Waktu	28
3.2 Pelaksanaan Penelitian	29
3.3 Bahan dan Alat	30

3.3.1	Bahan	30
3.3.2	Alat	32
3.4	Prosedur Pengujian	41
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1	Hasil Data Uji Tarik dan Analisa Kelelahan	43
4.2	Analisa Data Pengujian Tarik	43
4.3	Pembahasan Hasil Pengujian Uji Tarik Spesimen (baja st 60)	47
4.4	Hasil Data Kelelahan (fatigue)	56
	4.4.1 Percobaan 1 Pada Uji Fatigue	56
	4.4.2 Percobaan 2 Pada Uji Fatigue	57
	4.4.3 Percobaan 3 Pada Uji Fatigue	58
	4.4.4 Data Hasil Pengujian Kelelahan	59
4.5	Kurva S-N	60
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	unsur kimia yang terdapat pada baja st 60	22
Tabel 3.1	Jadwal penelitian analisa pengujian fatigue baja st 60	28
Tabel 4.1	Data nilai pebebanan	56
Tabel 4.2	Data hasil pengujian kelelahan	59
Tabel 4.3	Data spesimen baja st 60	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sekema alat uji fatigue	6
Gambar 2.2	Kurva S-N	10
Gambar 2.3	<i>Bending fatigue Machine</i>	16
Gambar 2.4	<i>Torsional fatigue Testing Machine</i>	17
Gambar 2.5	Klasifikasi bahan teknik	18
Gambar 2.6	Kurva S-N uji tarik	20
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	29
Gambar 3.2	Skema benda uji	30
Gambar 3.3	Benda uji baja st 60 sebelu dibubut	30
Gambar 3.4	Benda uji atau spesimen baja st 60 setelah dibubut	31
Gambar 3.5	Benda uji atau spesimen baja st 60 sebelum penguliran	31
Gambar 3.6	Benda uji atau spesimen baja st 60 setelah pengulir	32
Gambar 3.7	Mesin uji tarik	33
Gambar 3.8	<i>Rotary Bending Fatigue Mechine</i>	34
Gambar 3.9	Motor	35
Gambar 3.10	Chuck (cekam)	36
Gambar 3.11	Indikator section	36
Gambar 3.12	Beban	37
Gambar 3.13	Rangka	37
Gambar 3.14	Stopwatch	38
Gambar 3.15	Sigmat / jangka sorong	38
Gambar 3.16	Sarung tangan	39
Gambar 3.17	Kunci inggris	40
Gambar 3.18	Kunci chuck	40
Gambar 4.1	Spesimen setelah diuji tarik	47
Gambar 4.2	Spesimen setelah diuji fatigue degan beban 10 kg	56
Gambar 4.3	Spesimen setelah diuji fatigue degan beban 20 kg	57
Gambar 4.4	Spesimen setelah diuji fatigue degan beban 30 kg	58
Gambar 4.5	Grafik kurva S-N	60

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
σ	Tegangan tarik	(kgf/mm ²)
σ error	Tegangan tarik error	(kgf/mm ²)
ε	Regangan tarik	%
ε error	Regangan tarik error	%
E	Modulus elastisitas	(kg/mm ²)
L	Panjang spesimen	(mm)
P	Beban pengujian	kg
σ	Tegangan Lentur	(Kg / cm ²)
W	Beban Lentur	(Kg)
d	Diameter Benda uji	(mm)
L	Panjang Benda Uji	(mm)
T	Waktu	(Menit)
N	Putaran	(Rpm)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Semakin meningkatnya perkembangan hidup manusia maka zamanpun ikut berkembang dengan pesat. Karena perkembangan manusia bertambah maju maka bidang teknologipun ikut berkembang sangat pesat dengan harapan segala kebutuhan manusia dapat terpenuhi dengan baik. Jika diperhatikan, segala kebutuhan manusia tidak lepas dari unsur logam. Kerena hampir semua alat yang digunakan manusia terbuat dari unsur logam salah satunya yaitu baja. Sehingga baja mempunyai peranan penting dalam kehidupan manusia dan menunjang teknologi dizaman sekarang.

Baja sangat memiliki peranan yang penting dalam dunia industri dimana banyak rancangan mesin pabrik menggunakan material tersebut. Sifat mekanik yang di miliki material ini cukup mampu untuk berbagai penggunaan lapangan dalam berbagai aplikasi. Karena efisiensi dan efektifitas dari baja itu sendiri selalu menjadi pertimbangan dalam pemilihan material sesuai dengan pemakaiannya.

Salah satu pengujian untuk mengetahui kelelahan suatu material (*Fatigue*) adalah dengan melakukan pegujian dengan menggunakan *rotary bending fatigue machine*. Pegujian ini diharapkan dapat memperkirakan kelelahan (*fatigue*) suatu komponen dengan menggunakan material baja st 60. *rotary bending fatigue machine* ini sangat berperan penting dalam pengujian *fatigue*. Dengan adanya *rotary bending fatigue machine* ini, kita dapat mengetahui kelelahan yang terjadi pada baja.

Dari uraian diatas saya mencoba untuk melakukan penelitian sebagai tugas akhir yang berjudul “Uji Kelelahan (Fatigue Test) Baja ST 60 Dengan Menggunakan *Rotary Bending Fatigue Machine*”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalahnya adalah :

Seberapa besar pengaruh terjadinya kelelahan material baja st 60 akibat beban 10 kg, 20 kg dan 30 kg. Saat pengujian *Rotary Bending Fatigue Machine*.

1.3 Batasan Masalah

Agar jangkauan permasalahan dalam pengujian fatigue spesimen baja st 60 ini tidak terlalu meluas, maka penulis membatasi permasalahan pada penelitian sebagai berikut :

1. Spesimen yang digunakan baja st 60.
2. Pengujian fatigue menggunakan *rotary bending fatigue machine* untuk mengetahui batas kelelahan yang terjadi pada baja st 60.

1.4 Tujuan Penelitian

a. Tujuan Umum

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui batas kelelahan yang terjadi pada baja st 60 akibat beban yang bervariasi mulai dari 10 kg, 20 kg dan 30 kg. Dengan menggunakan *Rotary Bending Fatigue Machine*.

b. Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari pengujian ini adalah :

1. Untuk Mengetahui Langkah Langkah pengujian fatigue material baja ST 60 terhadap beban 10 kg, 20 kg dan 30 kg. Saat pengujian.
2. Untuk mengetahui batas kelelahan pada baja st 60.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari dilaksanakannya penelitian adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian berikutnya.
2. Untuk mendapatkan Kurva S-N.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas sarjana ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, Batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penulisan, sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang definisi *fatigue*, jenis jenis baja, dan lain-lain.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan penyiapan bahan dan alat, prosedur pengujian *fatigue* dan diagram alir pelaksanaan penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang hasil pembahasan dari pengujian *fatigue*.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan hal-hal yang dapat disimpulkan dan saran-saran yang ingin disampaikan dari penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Memuat referensi yang dipergunakan penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir.

LAMPIRAN

Berisikan pelengkap laporan penelitian.

BAB 2

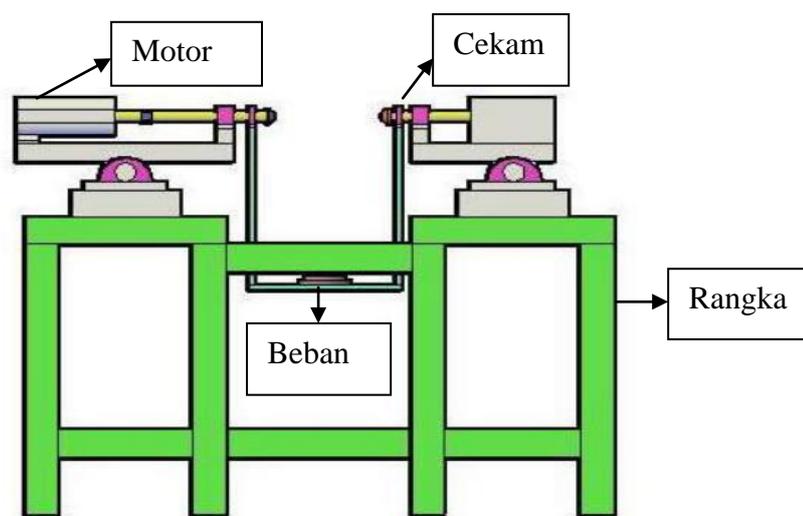
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi *fatigue*

Fatigue atau kelelahan adalah bentuk dari kegagalan yang terjadi pada struktur karena beban dinamik yang berfluktuasi dibawah *yield strength* yang terjadi dalam waktu yang lama dan berulang-ulang. *Fatigue* 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, lubang dll) akibat adanya pembebanan. Selanjutnya, adalah penyebaran retak ini berkembang menjadi *microcracks*. Perambatan atau perpaduan *microcracks* ini kemudian membentuk *macrocracks* yang akan berujung pada *failure*. Maka setelah itu, material akan mengalami apa yang dinamakan perpatahan. Perpatahan terjadi ketika material telah mengalami siklus tegangan dan regangan yang menghasilkan kerusakan yang permanen.

Suatu bagian dari benda dapat dikenakan berbagai macam kondisi pembebanan termasuk tegangan berfluktuasi, regangan berfluktuasi, temperatur berfluktuasi (fatik termal), atau dalam kondisi lingkungan korosif atau temperatur tinggi. Kebanyakan kegagalan pemakaian terjadi sebagai akibat dari tegangan-tegangan tarik.

Awal proses terjadinya kelelahan (*fatigue*) adalah jika suatu benda menerima beban yang berulang maka akan terjadi slip. Ketika slip terjadi dan benda berada di permukaan bebas maka sebagai salah satu langkah yang disebabkan oleh perpindahan logam sepanjang bidang slip. Ketika tegangan berbalik, slip yang terjadi dapat menjadi negatif (berlawanan) dari slip awal, secara sempurna dapat mengesampingkan setiap efek deformasi. Deformasi ini ditekan oleh pembebanan yang berulang, sampai suatu retak yang dapat terlihat akhirnya muncul retak mula-mula terbentuk sepanjang bidang slip. *Fatigue* menyerupai *brittle fracture* yaitu ditandai dengan deformasi plastis yang sangat sedikit. Proses terjadinya *fatigue* ditandai dengan crack awal, crack propagatin dan *fracture* akhir. Permukaan *fracture* biasanya tegak lurus terhadap beban yang diberikan. Dua sifat makro dari kegagalan *fatigue* adalah tidak adanya deformasi plastis yang besar dan *fracture* yang menunjukkan tanda-tanda berupa *beachmark* atau *camshell*. Tanda-tanda makro dari *fatigue* adalah tanda garis garis pada permukaan yang hanya bisa dilihat oleh mikroskop elektron. Berikut adalah skema alat uji *rotary bending fatigue machine*. Dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Skema alat uji *fatigue*

2.2. Dasar teori kelelahan

pada elemen mesin yang menerima beban dinamik, tegangan yang terjadi didalamnya akan berubah-ubah. Bila besarnya tegangan yang berubah-ubah tersebut melampaui batas lelah material, maka elemen mesin akan rusak dalam kurun waktu tertentu.

1. Macam-macam beban dinamik

- a. Beban tegangan bolak-balik (*reserved stress*)
- b. Beban tegangan berulang (*repeated stress*)
- c. Beban tegangan tidak beraturan (*random stress*)

Batas lelah material dapat ditentukan dari pengujian lelah lentur putar (*rotary bending fatigue test*) terhadap beberapa spesimen uji beban yang diberikan pada masing-masing spesimen uji dibuat berbeda-beda. Pada pengujian lelah spesimen akan diberikan beban dinamik untuk mengetahui kelakuan dari meterial tersebut bila ada 3 beban tegangan bolak-balik dimana benda atau spesimenakan menerima tegangan tarik dan tegangan tekan secara bergantian, beban tegangan berulang dimana benda hanya mendapat tegangan tarik aja, benda akan mengalami tegangan tarik dan tekan.

Fatigue atau kelelahan menurut ASM (1975) 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.

2.3 . Perpatahan akhir (*fracture failure*)

Final fracture adalah proses akhir kerusakan pada struktur saat mengalami pembebanan, sehingga struktur tersebut mengalami kegagalan. Ketika terjadi penjaralan retak, penampang pada bagian tersebut akan berkurang. Sampai pada kondisi dimana penampang pada bagian tersebut tidak mampu menahan beban. Pada tahap ini penjaralan retak yang terjadi sangat cepat sehingga struktur akan pecah menjadi dua. Penjaralan yang cepat tersebut sering disebut *fast fracture*.

Fatigue atau kelelahan menurut (Van. V, 2005) 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. *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. 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

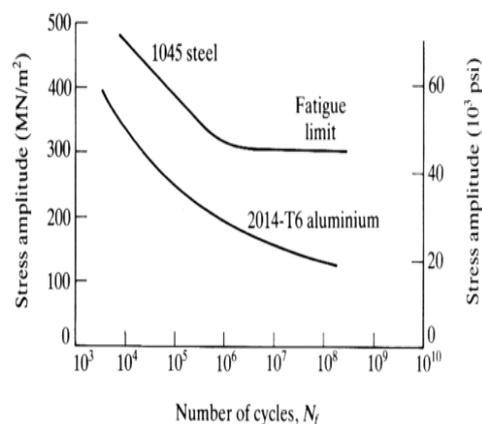
dan susunan tiap arah, dimana beberapa butir diorientasikan sebagai bidang-bidang yang mudah slip atau meluncur dalam arah tegangan geser maksimum. Slip terjadi pada logam-logam liat dengan gerakan dislokasi sepanjang bidang *kristalografi*. Slip terjadi disebabkan oleh beban siklik *monotonic*.

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 (Collins,1981). Sedangkan perlakuan *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.

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 *monotonic*.

Hal itu terjadi karena 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,1992). 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. Dapat dilihat pada gambar grafik 2.2.



Gambar 2.2. grafik Kurva S-N

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 $N > 10^7$. (Dieter, 1992)

Persamaan umum kurva S-N dinyatakan oleh persamaan (*dowling*, 1991)

$$S = B + C \quad (2.1)$$

Dengan : B dan C adalah konstanta empiris material Pengujian *fatigue* dilakukan dengan cara memberikan *stress level* tertentu sehingga spesimen patah pada siklus tertentu. (Dieter, 1992) menyatakan untuk mendapatkan kurva S-N dibutuhkan 8-12 spesimen. Retak *fatigue* biasanya dimulai pada permukaan di mana lentur dan torsi menyebabkan terjadinya tegangan-tegangan yang tinggi atau di tempat-tempat yang tidak rata menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan. Oleh karena itu, batas ketahanan (*endurance limit*) sangat tergantung pada kualitas penyelesaian permukaan. (Van Vlack, 2005)

Pengujian *fatigue* dilakukan dengan *rotary bending fatigue machine*. Jika benda uji diputar dan diberi beban, maka akan terjadi momen lentur pada benda uji dan besarnya dihitung dengan persamaan (*international for use of ONO'S*, -).

$$\sigma = \frac{WL/2}{\pi/32d^3} \quad 2.2$$

Dimana :

σ = Tegangan lentur (kg/cm²)

W = Beban lentur (kg)

d = Diameter benda uji (mm)

2.4. Faktor Yang Mempengaruhi Kekuatan Lelah

Faktor-faktor yang mempengaruhi atau cenderung mengubah kondisi kelelahan atau kekuatan lelah yaitu tipe pembebanan, putaran, kelembaban lingkungan (korosi), konsentrasi tegangan, suhu, kelelahan bahan, komposisi kimia bahan, tegangan-tegangan sisa, dan tegangan kombinasi. Faktor-faktor yang cenderung mengubah kekuatan lelah pada pengujian ini adalah kelembaban lingkungan (korosi) dan tipe pembebanan, sedangkan putaran, suhu, komposisi kimia dan tegangan sisa sebagai variabel yang konstan selama pengujian sehingga tidak ada pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan lelah.

1. Faktor kelembaban lingkungan

Faktor kelembaban lingkungan sangat mempengaruhi kekuatan lelah sebagaimana yang telah diteliti (Haftirman, 1995) bahwa pada kelembaban relatif 70 % sampai 80%. Lingkungan kelembaban tinggi membentuk pit korosi dan retak pada permukaan spesimen yang menyebabkan kegagalan lebih cepat terjadi.

2. Faktor pembebanan

Tipe pembebanan ini sangat mempengaruhi kekuatan lelah sebagaimana yang diteliti oleh (Ogawa, 1989) bahwa baja st 60 yang diberikan tipe pembebanan lentur putar dan pembebanan aksial mempunyai kekuatan lelah yang sangat berbeda, baja st 60 dengan pembebanan aksial mempunyai kekuatan lelah lebih rendah dari baja yang menerima pembebanan lentur putar.

3. Faktor putaran

Sebagaimana yang telah diteliti oleh (Iwamoto, 1989) dengan hasil bahwa putaran antara 750 rpm sampai 1500 rpm mempunyai kekuatan lelah yang hampir sama tetapi apabila putaran 50 rpm menurunkan kekuatan lelah jauh lebih besar dari putaran 750 rpm dan 1500 rpm, sehingga putaranyang berada diantara 750 rpm sampai 1500 rpm tidak mempengaruhi kekuatan lelah dengan signifikan.

4. Faktor suhu

Faktor suhu sangat mempengaruhi kekuatan lelah karena suhu menaikkan konduktifitas elektrolit lingkungan sehingga dapat mempercepat proses oksidasi. Untuk mengkondisikan pengujian standar terhadap suhu, pengujian dilakukan pada temperatur kamar. Pada pengujian di suhu 40°C retakan pada spesimen memanjang dari pada pengujian di suhu 20°C dengan retakan yang halus, karena suhu yang tinggi menyebabkan molekul air yang terbentuk mengecil di permukaan baja sehingga mempercepat terjadinya reaksi oksidasi dan membuat jumlah pit korosi jauh lebih banyak, akibatnya pit korosi cepat bergabung membentuk retakan yang memanjang. Mengemukakan secara umum kekuatan lelah baja akan turun dengan bertambahnya suhudiatas suhu kamar kecuali baja lunak dan kekuatan lelah akan bertambah besar apabila suhu turun. (Dieter, 1986).

5. Faktor tegangan sisa

Faktor tegangan sisa yang mungkin timbul pada saat pembuatan spesimen direduksi dengan cara melakukan pemakanan pahat sehalus mungkin terhadap spesimen sehingga pemakanan pahat tidak menimbulkan tegangan sisa maupun tegangan lentur pada spesimen.

6. Faktor komposisi kimia

Pengaruh faktor komposisi kimia terhadap kekuatan lelah diharapkan sama untuk seluruh spesimen uji dengan pemilihan bahan yang diproduksi dalam satu kali proses pembuatan, sehingga didapat kondisi pengujian yang standar untuk seluruh spesimen uji. *Fatigue life* dapat ditingkatkan dengan :

a. Mengontrol tegangan

1. Peningkatan tegangan menurunkan umur *fatigue*.
2. Pemicunya dapat secara mekanis (*fillet* atau alur pasak) maupun metalurgi (porositas atau inklusi).
3. Kegagalan *fatigue* selalu dimulai pada peningkatan tegangan.

b. Mengontrol struktur mikro

1. Meningkatnya ukuran benda uji, umur *fatigue* kadang-kadang menurun.
2. Kegagalan *fatigue* biasanya dimulai pada permukaan.
3. Penambahan luas permukaan dari benda uji besar meningkatkan kemungkinan dimana terdapat suatu aliran, yang akan memulai kegagalan dan menurunkan waktu untuk memulai retak.

c. Mengontrol penyelesaian permukaan

1. Dalam banyak pengujian dan aplikasi pemakaian, tegangan maksimum terjadi pada permukaan.
2. Umur *fatigue* sensitif terhadap kondisi permukaan.
3. Faktor lain yang harus dipertimbangkan adalah tegangan sisa permukaan.

Sejak tahun 1830 telah diketahui bahwa logam yang dikenai tegangan dibutuhkan untuk berulangkannya rusak pada tegangan yang jauh lebih rendah

dibanding yang menimbulkan perpatahan pada beban tunggal. Kegagalan yang terjadi pada keadaan beban dinamik dinamakan kegagalan lelah (*fatigue failures*), barangkali karena pada umumnya kegagalan tersebut hanya terjadi setelah periode pemakaian yang cukup lama.

Kegagalan *fatigue* semakin menonjol sejalan dengan pengembangan teknologi seperti; pesawat, mobil, kompresor, pompa, dan lain-lainnya. Kesemuanya mengalami beban berulang dan getaran. Hingga kini sering dinyatakan bahwa kelelahan meliputi paling tidak 90% dari seluruh kegagalan yang disebabkan oleh hal-hal yang bersifat mekanis.

Terdapat tiga faktor dasar yang diperlukan agar terjadi kegagalan lelah. Ketiga faktor tersebut adalah:

1. Tegangan tarik maksimum yang cukup tinggi.
2. Variasi atau flutuasi tegangan yang cukup besar.
3. Siklus penerapan tegangan yang cukup besar.

Selain tiga faktor diatas terdapat sejumlah *variable* lain, yakni; konsentrasi tegangan, korosi, suhu, kelebihan bahan, struktur metalurgis, tegangan sisa, dan tegangan kombinasi yang cenderung untuk mengubah kondisi kelelahan.

2.5. Klasifikasi Mesin Uji Fatigue

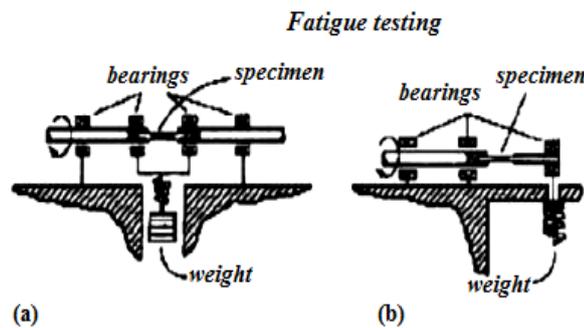
1. Axial (*Direct-Stress*)

Rotary Bending Fatigue Machine ini memberikan tegangan ataupun regangan yang seragam ke penampangnya. Untuk penampang yang sama mesin

penguji ini harus dapat memberikan beban yang lebih besar dibandingkan mesin lentur statik dengan maksud untuk mendapatkan tegangan yang sama.

2. *Bending Fatigue Machine*

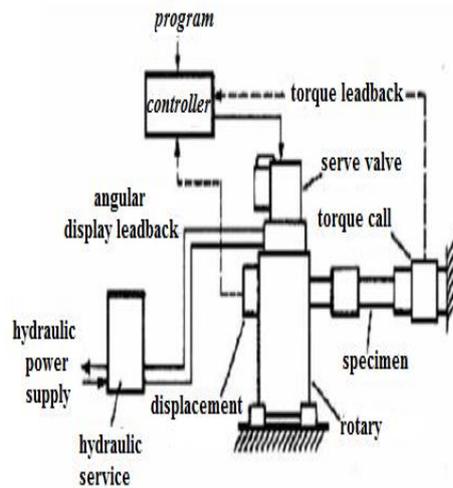
Cantilever Beam Machine, dimana spesimen memiliki bagian yang mengecil baik pada lebar, tebal maupun diameternya, yang mengakibatkan bagian daerah yang diuji memiliki tegangan seragam hanya dengan pembebanan yang rendah dibandingkan lenturan *fatigue* yang seragam dengan ukuran bagian yang sama. Dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Bending Fatigue Machine*

3. *Torsional Fatigue Testing Machine*

Sama dengan mesin tipe *Axial* hanya saja menggunakan penjepit yang sesuai jika puntiran maksimal yang dibutuhkan itu kecil. Dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Torsional Fatigue Testing Machine*

4. *Special-Purpose Fatigue Testing Machine*

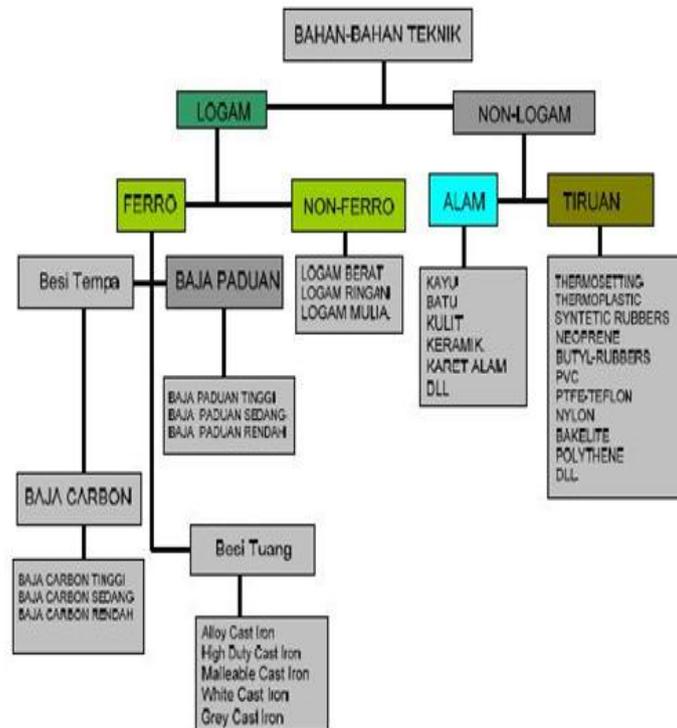
Dirancang khusus untuk tujuan tertentu. Dan merupakan modifikasi dari mesin pengujian *fatigue* yang sudah ada. Pengujian kawat adalah modifikasi dari *Rotating Beam Machine*.

5. *Multiaxial Fatigue Testing Machines*

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

2.6. Klasifikasi Bahan Teknik

Klasifikasi bahan teknik. Dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Klasifikasi bahan teknik

2.7. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) adalah beban maksimum dibagi luas penampang lintang awal benda uji. Tegangan tarik adalah nilai yang paling sering dilakukan sebagai hasil uji tarik tapi kenyataan nilai tersebut kurang mendasar dalam kaitannya dengan kekuatan bahan.

Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada material dengan memberikan gaya yang berlawanan pada benda dengan arah menjauh dari

titik tengah atau dengan memberikan gaya tarik pada salah satu ujung benda dan ujung benda yang lain diikat. Penarikan gaya terhadap material akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Proses deformasi pada benda uji itu sendiri dikarenakan adanya pergeseran butiran-butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepasnya ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum.

Untuk logam-logam yang liat kekuatan tariknya harus dikaitkan dengan pembebanan yang maksimum dimana logam dapat menahan beban sesumbu untuk keadaan yang sangatlah terbatas.

Sifat mekanik pertama dapat diketahui berdasarkan kurva pengujian tarik yang dihasilkan adalah kekuatan tarik maksimum yang akan diberikan simbol σ_u .

Simbol u didapat dari kata *ultimate* yang berarti puncak jadi besarnya kekuatan tarik ditentukan oleh tegangan maksimum yang diperoleh dari kurva tarik. Tegangan tarik maksimum ini diperoleh dari persamaan dibawah ini:

Sifat mekanik yang kedua adalah kekuatan luluh yang biasa diberi simbol σ_y dimana y diambil dari kata yield atau luluh dinyatakan oleh suatu pembatas dari tegangan yang memberikan tegangan elastis. Titik luluh adalah suatu titik perubahan pada kurva pada bagian yang berbentuk linier dan yang tidak linier. Adapun kurva uji tarik di perhatikan pada gambar 2.6.

$$\sigma_u = \frac{P_{maks}}{A_o} \quad (2.2)$$

Dimana: σ_u : *Ultimate tensile strength*

P_{maks} : Beban maksimum

A_o : Luas penampang awal

Sifat mekanik yang kedua adalah kekuatan luluh yang biasa diberi simbol σ_y dimana y diambil dari kata yield atau luluh dinyatakan oleh suatu pembatas dari tegangan yang memberikan tegangan elastis. Titik luluh adalah suatu titik perubahan pada kurva pada bagian yang berbentuk linier dan yang tidak linier. Adapun grafik kurva uji tarik di perlihatkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 grafik kurva uji tarik

Regangan yang dipergunakan pada kurva diperoleh dengan cara membagi perpanjangan ukur dengan panjang awal, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\varepsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100 \quad (2.3)$$

Dimana :

ε : Regangan (%)

L_f : Panjang akhir (mm)

L_o : Panjang awal (mm)

Pengujian ini sering dilakukan karena merupakan dasar dari pengujian dan studi mengenai kekuatan bahan. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinyu dan pelan-pelan bertamam besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji.

Pembebanan tarik dilaksanakan dengan mesin pengujian tarik yang selama pengujian akan mencatat setiap kondisi bahan sampai terjadinya *ultimate* tegangan. Diagram yang diperoleh uji tarik pada umumnya digambarkan sebagai diagram tegangan dan regangan.

2.8. Baja ST 60

Baja adalah besi karbon campuran logam yang dapat berisi konsentrasi dari element campuran lainnya. Ada ribuan campuran logam lainnya yang mempunyai perlakuan bahan dan komposisi berbeda. Sifat mekanis adalah sensitive kepada isi dari pada karbon. yang mana secara normal kurang dari 1.0 % sebagian dari baja umum digolongkan menurut konsentrsi karbon, yakni kedalaman rendah, medium dan jenis karbon tinggi.

Baja merupakan bahan dasar vital untuk industry. Semua segmen kehidupan, mulai dari peralatan dapur, transpotasi, generator pembangkit listrik, sampai kerangka gedung dan jembatan menggunakan baja. Besi baja menduduki peringkat pertama di antara barang tambang logam dan produknya melingkupi hampir 90% dari barang berbahan logam.

Unsur-unsur kimia yang terdapat pada bahan baja st 60 dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1 unsur-unsur yang terdapat pada baja st 60

Unsur	%
C	0,4730
Si	0,2742
S	0,0034
Zn	0,0012
Mn	0,7100
Ni	0,0089
Cr	0,0291
Al	0,0130
Cu	0,0313
W	0,0009
Fe	98,40

Pemilihan baja st 60 karena baja ini banyak dipakai dalam pembuatan komponen-komponen permesinan, murah dan mudah didapatkan di pasaran. Komponen mesin yang terbuat dari baja st 60 contohnya roda gigi, dan jembatan, tangki. Baja merupakan paduan besi (fe) dengan karbon (c) dimana kandungan karbon tidak lebih dari 2%. secara umum Baja dapat dikelompokkan atas 2 jenis yaitu :

1. Baja karbon (*Carbon steel*)
2. Baja paduan (*Alloy steel*)

2.8.1. Baja karbon (*carbon steel*)

Baja karbon digolongkan menjadi tiga kelompok berdasarkan banyaknya karbon yang terkandung dalam baja yaitu :

a. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon antara 0,025% – 0,25% C. setiap satu ton baja karbon rendah mengandung 10 – 30 kg karbon.

Baja karbon ini dalam perdagangan dibuat dalam plat baja, baja strip dan baja batangan atau profil Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja, maka baja karbon rendah dapat digunakan atau dijadikan baja-baja sebagai berikut:

1. Baja karbon rendah (*low carbon steel*) yang mengandung 0,04 % - 0,10% C untuk dijadikan baja – baja plat atau strip.
2. Baja karbon rendah yang mengandung 0,05% C digunakan untuk keperluan badan-badan kendaraan.
3. Baja karbon rendah yang mengandung 0,15% - 0,20% C digunakan untuk konstruksi jembatan, bangunan, membuat baut atau dijadikan baja konstruksi.

b. Baja Karbon Menengah

Baja karbon menengah (*medium carbon steel*) mengandung karbon antara 0,25% - 0,55% C dan setiap satu ton baja karbon mengandung karbon antara 30 – 60 kg. baja karbon menengah ini banyak digunakan untuk keperluan alat-alat perkakas bagian mesin. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja

maka baja karbon ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk keperluan industri kendaraan, roda gigi, pegas dan sebagainya.

a. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) mengandung kadar karbon antara 0,56% -1,7% C dan setiap satu ton baja karbon tinggi mengandung karbon antara 70 – 130 kg. Baja ini mempunyai kekuatan paling tinggi dan banyak digunakan untuk material tools. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung didalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas, alat-alat perkakas seperti: palu, gergaji atau pahat potong. Selain itu baja jenis ini banyak digunakan untuk keperluan industri lain seperti pembuatan kikir, pisau cukur, mata gergaji dan lain sebagainya.

2.8.2. Baja paduan (*Alloy steel*)

Baja paduan yang diklasifikasikan menurut kadar karbonnya dibagi menjadi:

1. *Low alloy steel*, jika elemen paduannya $\leq 2,5$ %.
2. *Medium alloy steel*, jika elemen paduannya 2,5 – 10 %.
3. *High alloy steel*, jika elemen paduannya > 10 %.

Baja paduan juga dibagi menjadi dua golongan yaitu baja paduan khusus (*special alloy steel*) dan *high speed steel*.

b. Baja Paduan Khusus (*special alloy steel*)

Baja jenis ini mengandung satu atau lebih logam-logam seperti nikel, chromium, manganese, molybdenum, tungsten dan vanadium. Dengan menambahkan logam tersebut ke dalam baja maka baja paduan tersebut akan merubah sifat-sifat mekanik dan kimianya seperti menjadi lebih keras, kuat dan ulet bila dibandingkan terhadap baja karbon (*carbon steel*).

c. High Speed Steel (HSS)

Kandungan karbon : 0,70 % – 1,50 %. Penggunaan membuat alat-alat potong seperti *drills, reamers, countersinks, lathe tool bits* dan *milling cutters*. Disebut *High Speed Steel* karena alat potong yang dibuat dengan material tersebut dapat dioperasikan dua kali lebih cepat dibanding dengan *carbon steel*. Sedangkan harga dari HSS besarnya dua sampai empat kali daripada carbon steel.

2.9. Sifat Sifat Baja Karbon

2.9.1. Baja Karbon Rendah (*low carbon steel*)

1. Mempunyai sifat keuletan dan ketangguhan yang baik dan harga kekerasan lebih mahal.
2. Di aplikasikan untuk body mobil, kapal, pipa dan jembatan dan lain lain.
3. Mempunyai kekuatan luluh 275 mpa (40.000psi).
4. Kekuatan tarik 415 dan 550 mpa.

2.9.2. Baja Karbon Menengah (*medium carbon steel*)

1. Dapat di keraskan dengan baik mengeraskan dengan cara di panaskan dengan cepat.
2. Di aplikasikan untuk rel kreta api.
3. Tahan aus sangat keras, tidak ulet.

2.9.3. Baja Karbon Tinggi (*high carbon steel*)

1. Dapat di keraskan dengan tempering.
2. Di aplikasikan untuk *tool steel*, Alat pemotong, pisau *machine*.
3. Sangat keras, tidak ulet.

2.10. Kelebihan dan Kekurangan Baja

a. Kelebihan

1. Kuat tarik tinggi.
2. Tidak di makan rayap.
3. Hampir tidak memiliki nilai muai dan susut.
4. Bisa di daur ulang.

b. Kekurangan

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

2.11. Tujuan Penambahan Unsur

- 1.** Untuk menaikkan sifat mekanik baja (kekerasan, ketahanan tarik dan sebagainya).
- 2.** Untuk menaikkan sifat mekanik pada temperatur rendah.
- 3.** Untuk meningkatkan daya tahan terhadap reaksi kimia (oksidasi dan reduksi).
- 4.** Untuk membuat sifat-sifat special.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Mekanika Kekuatan Material Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan.

3.1.2 Waktu

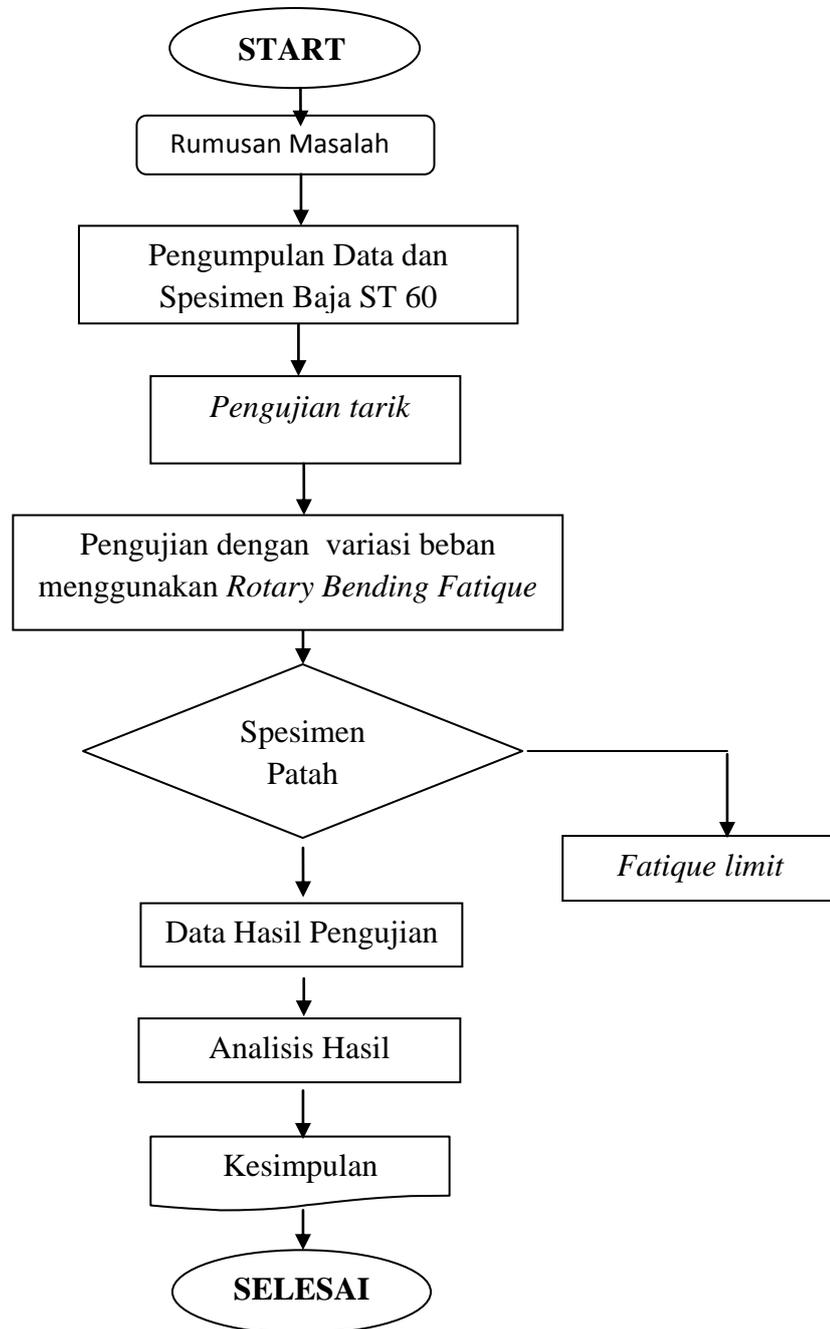
Proses pelaksanaan penelitian ini telah dimulai atas persetujuan yang diberikan oleh pembimbing pada tanggal 20 february 2017, mulai dari perencanaan, pengambilan data, pengolahan data, dan proses pengujian leleh material baja st 60 menggunakan *Rotary Bending Fatigue Machine* sampai dinyatakan selesai Inshaa Allah pada yang telah ditentukan. Tabel 3.1 Jadwal penelitian Analisa pengujian leleh material baja st 60 dengan menggunakan *rotary bending fatigue machine*.

Tabel 3.1 jadwal penelitian analisa pengujian leleh materil baja st 60

N0	Kegiatan	Bulan						
		Apr	Mei	Jun	Juli	Ags	Sep	Okt
1.	Pengajuan Judul	■						
2.	Studi Literatur		■	■				
3.	Penyiapan Alat dan bahan				■			
4.	Pembuatan specimen					■		
5.	Pengujian Spesimen					■		
6.	Penyelesaian/penulisan Skripsi						■	■

3.2 Pelaksanaan Penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar berikut :

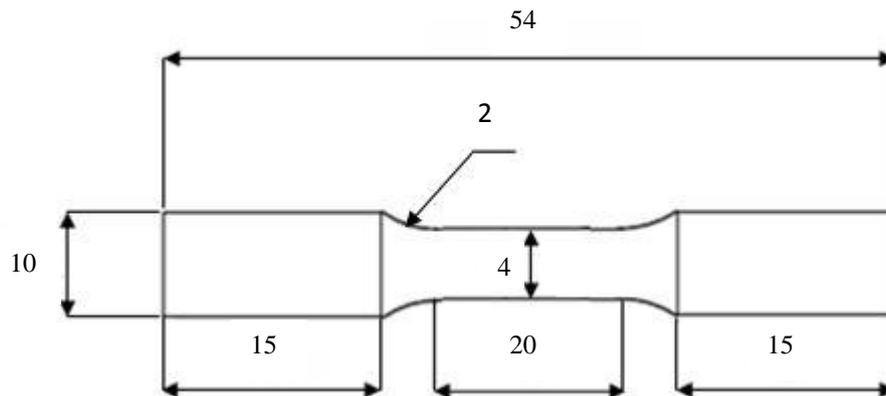


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Bahan Dan Alat

3.2.1 Bahan

Adapun bahan/spesimen yang dipakai dalam pengujian ini adalah spesimen bajast 60 adapun bentuk skema benda uji ada pada gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.2 : skema benda uji

1. Adapun bentuk benda uji atau spesimen baja st 60 sebelum dibubut ada pada gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3.3 : Benda uji Baja st 60 sebelum dibubut

2. Adapun bentuk benda uji atau spesimen baja st 60 sesudah dibubut ada pada gambar 3.4 sebagai berikut :



Gambar 3.4 : benda uji atau specimen baja st 60 sesudah dibubut

3. Adapun bentuk benda uji atau specimen baja st 60 sebelum dilakukan penguliran dapat dilihat pada gambar 3.5 sebagai berikut:



Gambar 3.5 benda uji atau specimen baja st 60 sebelum dilakukan penguliran.

4. Adapun bentuk benda uji atau specimen bajast 60 sesudah dilakukan penguliran dapat dilihat pada gambar 3.6 sebagai berikut:

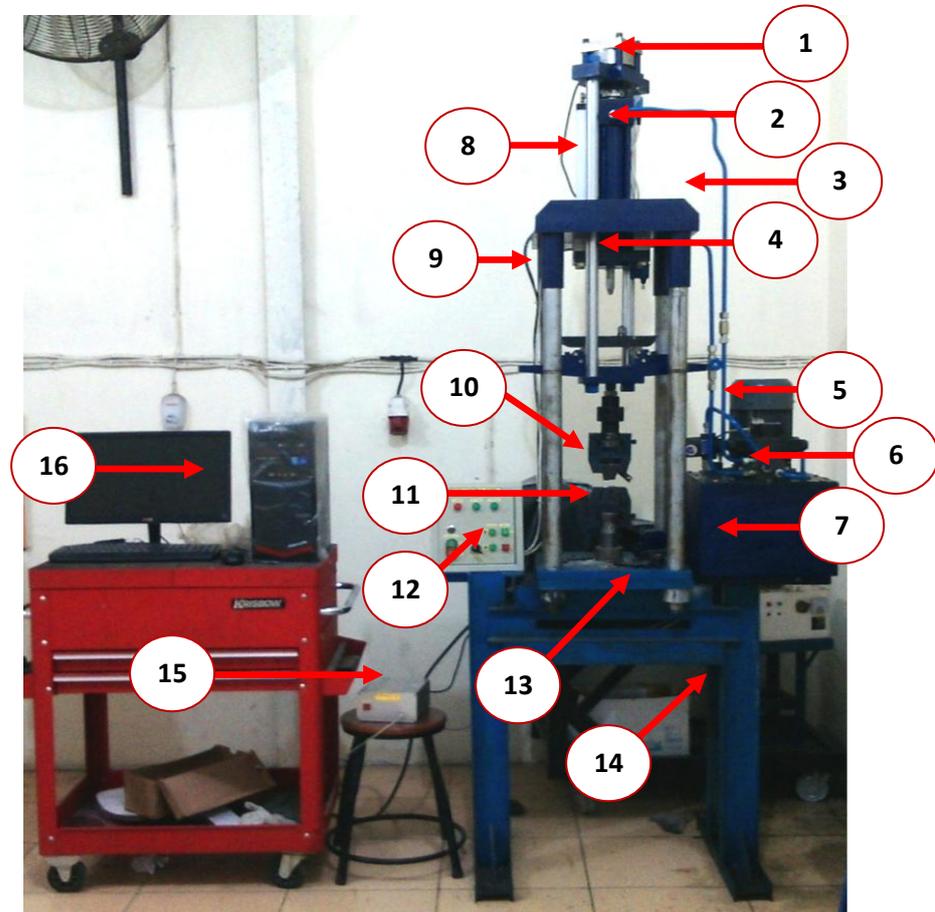


Gambar 3.6 benda uji atau specimen bajast 60 sesudah dilakukan penguliran.

3.2.2 Alat

Alat uji tarik digunakan untuk menguji spesimen baja st 60 hingga putus, agar mendapatkan nilai rata-rata untuk menentukan beban pada pengujian fatigue. dengan demikian tegangan tarik dapat diketahui dengan menggunakan persamaan yang ada.

1. Mesin uji tarik



Gambar 3.7 mesin uji tarik

Mesin uji tarik disini berfungsi untuk menguji spesimen hingga putus sehingga tegangan tarik dapat diketahui dengan persamaan yang ada. dalam pengujian ini dapat diketahui desain rekayasa material.

Keterangan gambar :

1. Pemberi beban tarik
2. Sensor atas

3. Selang *hidraulic*
4. Sensor bawah
5. Motor
6. Alat ukur tekanan
7. Tanki oli *hidraulic*
8. Tabung *hidraulic*
9. Rangka atas
10. Cekam atas
11. Cekam bawah
12. Control panel
13. Meja
14. Rangka bawah
15. Data akuisisi
16. PC (Personal computer)

2. *Rotary Bending Fatigue Mechine.*

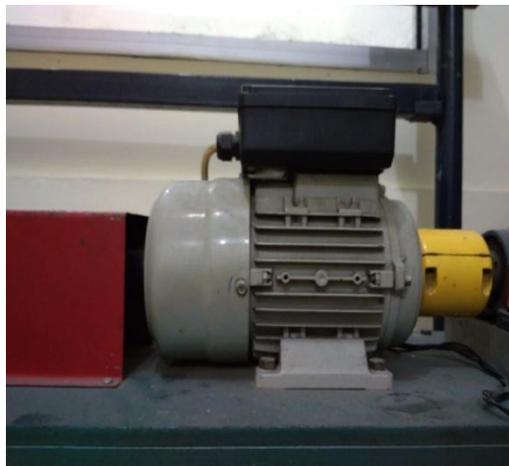


Gambar 3.8 : *Rotary Bending Fatigue Mechine*

Mesin *rotary bending fatigue* disini berfungsi untuk menguji material dan mengetahui batas lelah material yg bermula dari *crack* sampai dengan perambatan *crack*. Sehingga pengujian menggunakan rotary bending dibatasi dengan beban yang bervariasi mulai dari. 10 kg, 20 kg dan 30 kg.

Bagian-bagian dari mesin rotary bending adalah sebagai berikut:

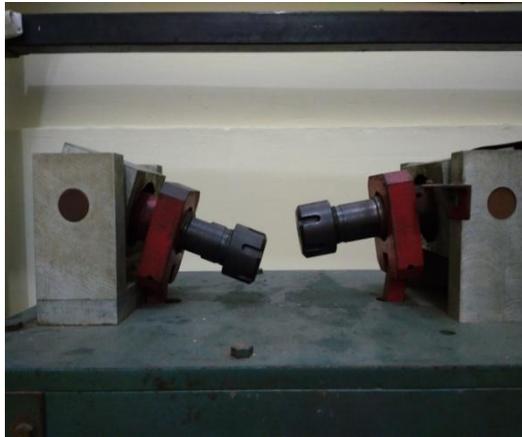
a) Motor



Gambar 3.9 : Motor penggerak

Motor berfungsi sebagai pengubah energi pans sebagai energi penggerak. Motor digunakan untuk menggerakkan cekam atau *chuck* pada proses pengujian kelelahan dengan menggunakan *rotary bending fatigue mechine*.

b) Chuck (cekam)



Gambar 3.10 cekam pada *rotary bending fatigue*

Cekam atau chuck berfungsi sebagai pengikat atau untuk mencekam benda uji pada pengujian *rotary bending fatik*.

c) Indicator section



Gambar 3.11 indicator section

Indicator section berfungsi sebagai tempat melihat putaran atau siklus yang terjadi pada pengujian kelelahan.

d) Beban



Gambar 3.12 beban

Beban yang digunakan pada pengujian kelelahan menggunakan rotary bending fatigue adalah 10 kg, 20 kg dan 30 kg.

e) Rangka



Gambar 3.13 rangka

Rangka berfungsi sebagai penahan dari mesin *rotary bending fatigue* yang berupa beban cekam motor poros dan *indicator section*.

3. Stopwatch



Gambar 3.14 stopwatch

Stopwatch berfungsi untuk menghitung lama waktu pengujian fatik dengan menggunakan mesin *rotary bending fatigue*.

4. Sigmat/ jangka sorong



Gambar 3.15 sigmat/jangka sorong

Jangka sorong disini berfungsi untuk mengukur dimensi spesimen pengujian.

5. Sarung tangan



Gambar 3.16 sarung tangan

Sarung tangan digunakan untuk melindungi tangan disaat pengujian sedang berlangsung agar tidak terjadi kecelakaan dalam melakukan pengujian atau hal-hal yang tidak diinginkan.

6. Kunci inggris



Gambar 3.17 kunci inggris

Kunci inggris digunakan untuk mengunci/mengencangkan beban dan spesimen yang terpasang pada mesin *rotary bending fatigue*

7. Kunci *chuck*/cekam



Gambar 3.18 kunci *chuck*

Kunci chuck digunakan untuk mengunci/ mengencangkan spesimen yang terpasang pada *rotary bending fatigue machine*.

3.3 Prosedur Pengujian

Pada pengujian ini melakukan uji tarik (*tensile test*) untuk menentukan beban pada pengujian fatigue dan pengujian dengan menggunakan mesin *rotary bending fatigue* (*kelelahan*) hingga spesimen patah. adapun langkah-langkah pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. memasang spesimen pada cekam mesin uji tarik pastikan spesimen terjepit rapat agar tidak terlepas dan tidak terjadi kesalahan pada saat pengujian.
2. Kemudian menghidupkan mesin uji tarik.
3. Matikan mesin uji tarik pada saat spesimen patah.
4. Mencatat hasil nilai pada pengujian tarik yang akan dicari nilai rata-rata yang akan menentukan beban pada pengujian fatigue.
5. Lepas spesimen dari cekam mesin uji tarik dan tandai spesimen untuk pengujian pertama.
6. Lalu hitung nilai rata-rata dari hasil pengujian tarik dan didapat dari nilai rata-ratanya antara 20% didapat beban 10kg, 40% didapat 20kg dan 60% didapat 30kg.
7. Memasang spesimen pada cekam mesin *rotary bending fatigue*
8. Lalu memasang beban pada mesin *rotary bending fatigue* yang akan diberikan pada spesimen.
9. Pastikan spesimen terikat kuat agar tidak terjadi kesalahan pada pengujian.
10. Menghidupkan mesin bersamaan dengan menghitung waktu pada stopwatch.

11. Mematikan mesin bersamaan dengan stopwat pada saat spesimen patah.
12. Kemudian mencatat waktu pada stopwat dan siklus pada indicator dan beban pada mesin *rotary bending fatigue*.
13. Lalu lepas spesimen pada mesin *rotary bending fatigue* dan tandai untuk pengujian pertama.
14. Ulangi langkah 1 sampai dengan 15
15. Apabila telah selesai bersihkan dan rapikan kedua mesin tersebut.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Data Uji Tarik Dan Analisa Kelelahan

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil data kelelahan menggunakan *rotary bending fatigue* dan analisa data uji tarik, dimana data didapat dari hasil pengujian tarik yang dilakukan terhadap 3 spesimen menggunakan material baja st 60 untuk menentukan beban yang akan diberikan pada pengujian *rotary bending fatigue*. Adapun material dari pengujian kelelahan ini adalah 12 spesimen baja st 60. Dalam pengujian kelelahan 12 spesimen bajast 60 memiliki variasi beban yang berbeda yaitu 4 spesimenbeban10 kg, 4 spesimenbeban 20 kg dan4 spesimen beban 30 kg.Kemudian spesimen yang telah dilakukan pengujian kelelahan dengan variasi beban yang berbeda hingga terjadi perpatahan pada material tersebut.

4.2 Analisa Data Pengujian Tarik

Pengujian tarik meliputi 3 spesimen yaitu spesimen yang telah diuji kelelahannya akan menentukan variasi beban yang akan diberikan pada pengujian *rotary bending fatigue*. Dari hasil 3 spesimen pengujian tarik yang akan diambil nilai rata rata. Adapun analisa data dari pengujian tarik sebagai berikut:

4.3.1 Analisa Data Uji Tarik Spesimen Baja st 60 Dengan Beban 10 kg.

1. Spesimen pengujian 1 baja st 60.

$$F_{\text{maks}} = 937,16 \text{ kgf}$$

$$A = 12,57 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 20 \text{ mm}$$

$$\Delta l = 5,044 \text{ mm (data dari hasil pengujian)}$$

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,8067 \text{ N}$$

Tegangan (σ)

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{937,16 \text{ kgf} \cdot 9,8067 \text{ N},}{12,57 \text{ mm}^2} = 731,141 \text{ N/mm}^2$$

Regangan (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\epsilon = \frac{5,044 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} = 0,2522 \text{ mm}$$

Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$E = \frac{731,141 \text{ kgf/mm}^2}{0,2522} = 2.899,052 \text{ N/mm}^2$$

2. Spesimen pengujian 2 baja st 60

$$F_{\text{maks}} = 986,35 \text{ kgf}$$

$$A = 12,57 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 20 \text{ mm}$$

$$\Delta l = 7,893 \text{ mm (data dari hasil pengujian)}$$

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,8067 \text{ N}$$

Tegangan (σ)

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{986,25 \text{ kgf} \cdot 9,8067 \text{ N}}{12,57 \text{ mm}^2} = 769,439 \text{ N/mm}^2$$

Regangan (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\epsilon = \frac{7,893 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} = 0,394 \text{ mm}$$

Modulus elastisitas (E)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$E = \frac{769,439 \text{ kgf / mm}^2}{394,65 \text{ mm}} = 1,949 \text{ N / mm}^2$$

3. Spesimen pengujian 3 baja st 60.

$$F_{\text{maks}} = 1015,43 \text{ kgf}$$

$$A = 12,57 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 20 \text{ mm}$$

$$\Delta l = 6,706 \text{ mm (data dari hasil pengujian)}$$

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,8067 \text{ N}$$

Tegangan (σ)

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{1015,43 \text{ kgf} \cdot 9,8067 \text{ N}}{12,57 \text{ mm}^2} = 792,205 \text{ N} / \text{mm}^2$$

Regangan (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\epsilon = \frac{6,706 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} = 0,335 \text{ mm}$$

Modulus elastisitas (E)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$E = \frac{792,205 \text{ N} / \text{mm}^2}{0,335 \text{ mm}} = 2364,791 \text{ kgf} / \text{mm}^2$$

4.3 Pembahasan Hasil Pengujian Uji Tarik Spesimen (baja st 60)

Dari hasil data uji tarik bahan baja st 60, diambil 3 buah sampel spesimen (Baja st 60) dan didapat nilai tegangan dan regangannya sehingga dapat membuat sebuah grafik dari setiap spesimen dan grafik perbandingan antara spesimen 1 - 3.



Gambar 4.1 Spesimen (Baja st 60) setelah diuji tarik

Dari data hasil pengujian tarik spesimen bajast 60 dengan spesimen sebanyak 3 buah maka didapat grafik antara tegangan tarik dan regangan tarik dari setiap spesimen sebagai berikut:

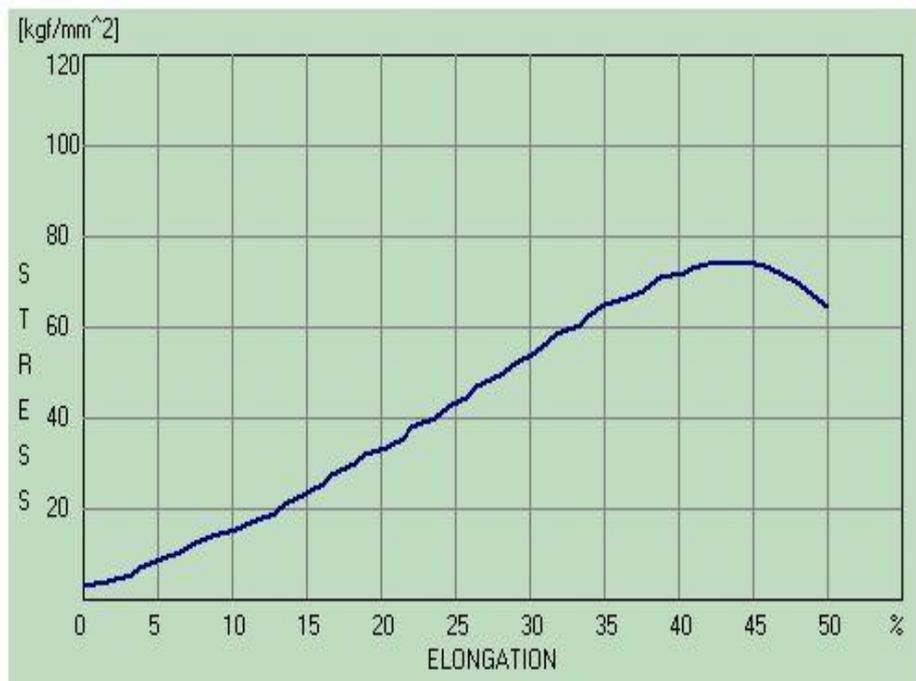


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: prodimmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	1	Max. Force :	937.16 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	809.81 (kgf)
Date Test :	23-8-2017 ; 10:43:17	Yield Strength :	0.80 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	74.58 (kgf/mm ²)
Area :	12.57 (mm ²)	Elongation :	50.00 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

Gambar grafik uji tarik spesimen 1 baja st 60

Tensile
Others
23-8-2017
10:43:17

	1		
	300		
	20		
	4		
	0		
	0		
	0		
1	0.00	0.000	0.00
2	16.49	0.000	0.01
3	36.39	0.177	0.01
4	52.31	0.355	0.02
5	68.23	0.533	0.02
6	86.80	0.593	0.03
7	108.03	0.712	0.04
8	131.91	0.890	0.04
9	157.11	1.008	0.05
10	173.03	1.127	0.05
11	194.26	1.305	0.06
12	214.16	1.424	0.06
13	240.69	1.602	0.07
14	264.57	1.661	0.07
15	295.08	1.839	0.08
16	318.96	1.958	0.08
17	345.49	2.017	0.09
18	374.68	2.195	0.09
19	399.88	2.255	0.10
20	423.76	2.433	0.10
21	446.32	2.551	0.11
22	479.48	2.611	0.11
23	504.69	2.789	0.12
24	537.85	2.907	0.12
25	560.40	3.026	0.13
26	590.92	3.085	0.13
27	620.10	3.263	0.14
28	653.27	3.382	0.14
29	681.13	3.501	0.15
30	708.98	3.620	0.15
31	734.19	3.679	0.16
32	760.72	3.857	0.17
33	787.25	3.916	0.17
34	815.11	4.035	0.18
35	836.34	4.213	0.18
36	857.56	4.332	0.19
37	873.48	4.391	0.19

38	892.06	4.450	0.20
39	904.00	4.628	0.20
40	919.92	4.688	0.21
41	930.53	4.806	0.21
42	930.53	4.925	0.22
43	937.16	5.044	0.22
44	929.20	5.163	0.23
45	925.22	5.222	0.23
46	902.67	5.341	0.24
47	881.44	5.459	0.24
48	848.28	5.578	0.25
49	809.81	5.697	0.25
50	762.05	5.815	0.26
51	0.00	5.875	0.26
52	0.00	6.112	0.27
53	0.00	6.290	0.27

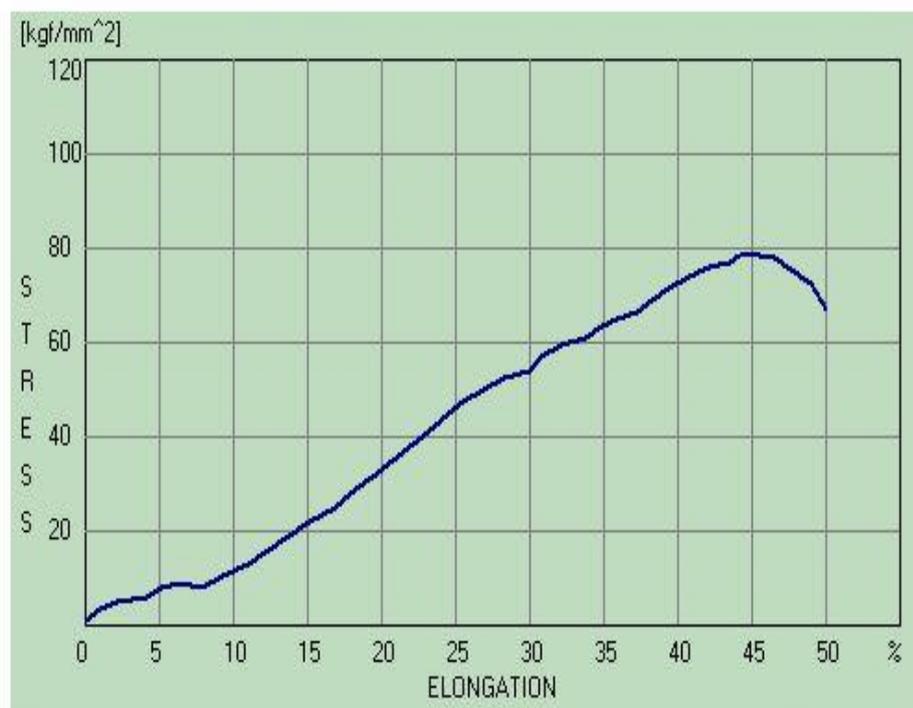


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	2	Max. Force :	986.25 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	842.97 (kgf)
Date Test :	11-8-2017 ; 19:22:41	Yield Strength :	0.80 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	78.48 (kgf/mm ²)
Area :	12.57 (mm ²)	Elongation :	50.00 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

Gambar grafik uji tarik spesimen 2 baja st 60

Tensile
Others
11-8-2017
19:22:41
2
300
20
4
0
0
0

1	0.00	0.000	0.00
2	12.51	0.296	0.01
3	43.03	0.474	0.01
4	61.60	0.652	0.02
5	74.86	1.008	0.03
6	102.72	1.186	0.03
7	110.68	1.424	0.04
8	100.07	1.661	0.04
9	133.24	1.898	0.05
10	161.09	2.195	0.05
11	200.89	2.433	0.06
12	240.69	2.670	0.06
13	275.18	2.907	0.07
14	316.31	3.204	0.07
15	364.07	3.441	0.08
16	397.23	3.620	0.08
17	442.34	3.857	0.09
18	484.79	4.094	0.09
19	528.57	4.332	0.10
20	565.71	4.510	0.10
21	596.22	4.688	0.11
22	625.41	4.925	0.11
23	658.57	5.163	0.12
24	679.80	5.459	0.12
25	715.62	5.578	0.13
26	747.46	5.815	0.13
27	768.68	6.112	0.14
28	796.54	6.290	0.14
29	819.09	6.468	0.15
30	833.69	6.706	0.16
31	864.20	6.884	0.16
32	898.69	7.062	0.17
33	927.87	7.299	0.17
34	955.73	7.536	0.18
35	969.00	7.774	0.18
36	986.25	7.893	0.19
37	984.92	8.130	0.19
38	979.61	8.308	0.20
39	950.43	8.486	0.20
40	909.30	8.723	0.21
41	842.97	8.901	0.21
42	727.56	9.079	0.22
43	0.00	9.376	0.22

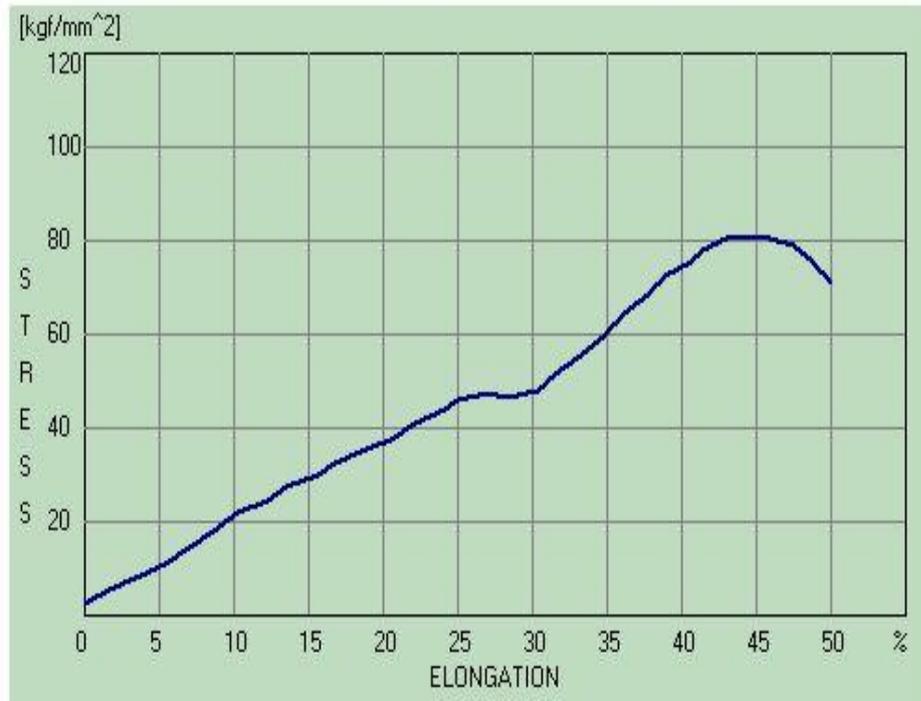


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	3	Max. Force :	1015.43 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	889.40 (kgf)
Date Test :	11-8-2017 ; 19:27:37	Yield Strength :	0.80 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	80.81 (kgf/mm ²)
Area :	12.57 (mm ²)	Elongation :	50.00 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

Gambar grafik uji tarik spesimen 3 baja st 60

Tensile
Others
11-8-2017
19:27:37

3
300
20
4
0
0
0

1	0.00	0.000	0.00
2	32.41	0.237	0.01
3	70.88	0.474	0.01
4	105.38	0.771	0.02
5	139.87	1.008	0.03
6	182.32	1.246	0.03
7	227.42	1.483	0.04
8	273.86	1.720	0.04
9	308.35	2.017	0.05
10	346.82	2.195	0.05
11	376.01	2.492	0.06
12	407.84	2.670	0.06
13	446.32	2.967	0.07
14	474.17	3.204	0.07
15	512.65	3.441	0.08
16	553.77	3.738	0.08
17	576.32	3.857	0.09
18	596.22	4.154	0.09
19	586.94	4.332	0.10
20	601.53	4.628	0.10
21	646.63	4.806	0.11
22	698.37	5.044	0.11
23	754.09	5.281	0.12
24	812.46	5.459	0.12
25	860.22	5.697	0.13
26	907.98	5.875	0.13
27	950.43	6.112	0.14
28	982.27	6.231	0.14
29	1010.12	6.468	0.15
30	1015.43	6.706	0.16
31	1012.78	6.884	0.16
32	991.55	7.121	0.17
33	946.45	7.299	0.17
34	889.40	7.477	0.18
35	795.21	7.714	0.18
36	0.00	8.011	0.19
37	0.00	8.308	

Dari hasil pengujian tarik diambil nilai rata-rata dari grafik tensile strength pengujian 1 dengan nilai 74,58, pengujian 2 dengan nilai 78,48, dan pengujian 3 dengan nilai 80,81. Nilai dapat dilihat dari perhitungan sebagai berikut.

Hasil dari nilai rata-rata diatas adalah sebagai berikut.

$$\frac{74,58+78,48+80,81}{3}=77,96 \text{ kgf/mm}^2$$

Hasil nilai diatas akan diambil dari beberapa persen mulia dari 20 %, 40 %, 60 % untuk menentukan beban yang diberikan pada pengujian fatigue. Hasil dari perhitungan dapat dilihat sebagai berikut;

$$20 \% \text{ dari } 77,96 = 15,596 \text{ kgf/mm}^2$$

$$40\% \text{ dari } 77,96 = 31,184 \text{ kgf/mm}^2$$

$$60\% \text{ dari } 77,96 = 46,776 \text{ kgf/mm}^2$$

Hasil nilai diatas akan diambil dari beberapa persen mulia dari 20 %, 40 %, 60 % untuk menentukan beban yang diberikan pada pengujian fatigue.

Hasil perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

- a. Pengujian 1. 20% dari 77,96 = 15,596 kgf/mm² untuk menentukan beban fatigue:

$$W = \frac{\pi}{32/\frac{l}{2}} \cdot d^3 \times 15,596$$

$$W = \frac{\pi}{32/\frac{20}{2}} \times 4^3 \times 15,596$$

$$W = \frac{\pi}{32/10} \times 64 \times 15,596$$

$$W = 0,628 \times 15.596$$

$$W = 9,79 \text{ kg}$$

Di bulatkan menjadi $W = 10 \text{ kg}$

- b. Pengujian 2. 40% dari $77,96 = 31,184 \text{ kgf/mm}^2$ untuk menentukan beban fatigue:

$$W = \frac{\pi}{32/\frac{l}{2}} .d^3 \times 31,184$$

$$W = \frac{\pi}{32/\frac{20}{2}} \times 4^3 \times 31,184$$

$$W = \frac{\pi}{32/10} \times 64 \times 31,184$$

$$W = 0,628 \times 31,184$$

$$W = 19,58 \text{ kg}$$

Di bulatkan menjadi $W = 20 \text{ kg}$

- c. Pengujian 3. 60% dari $77,96 = 46,776 \text{ kgf/mm}^2$ untuk menentukan beban fatigue:

$$W = \frac{\pi}{32/\frac{l}{2}} .d^3 \times 46,776$$

$$W = \frac{\pi}{32/\frac{20}{2}} \times 4^3 \times 46,776$$

$$W = \frac{\pi}{32/10} \times 64 \times 46,776$$

$$W = 0,628 \times 46,776$$

$$W = 29,375 \text{ kg}$$

Di bulatkan menjadi $W = 30 \text{ kg}$

4.4 Hasil Data Kelelahan (fatigue)

7 Adapun data dari pengujian kelelahan menggunakan *rotary bending fatigue* tersebut meliputi 12 spesimen dengan material yang sama dan variasi beban yang berbeda adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Nilai Pembebanan

No.	W (Kg)	D (mm)	L (mm)
1.	10 Kg	4	54
2.	20 Kg	4	54
3.	30 Kg	4	54

4.4.1 Percobaan 1 Pada Uji *Fatigue*

Percobaan pertama dengan menggunakan baja st 60 menghasilkan Siklus 491 dengan waktu 10.03 detik diberi beban 10 Kg. Perpatahan spesimen Dapat dilihat pada gambar 4.2.



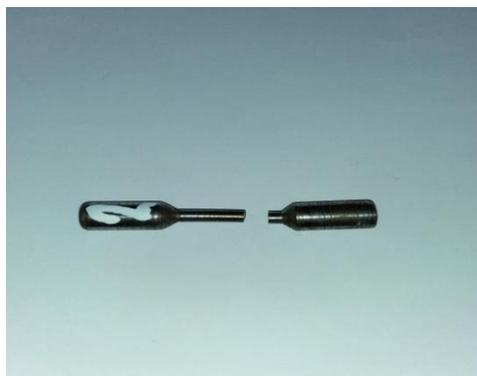
Gambar 4.2 Spesimen 1 baja st 60 dengan beban 10kg.

Penyelesaian percobaan 1 :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{WL/2}{\pi/32d^3} \\ &= \frac{10\text{kg}.2,0\text{cm} / 2}{3,14 / 32.0,4^3 \text{ cm}} \\ &= \frac{10\text{kg}.1\text{cm}}{0,0981 .0,64\text{cm}} \\ &= \frac{10\text{kg.cm}}{0,0627 \text{ cm}} \\ &= 159,48\text{kg} / \text{cm}^2 \\ &= 15,948\text{Mpa}\end{aligned}$$

4.4.2 Percobaan 2 Pada Uji *Fatigue*

Percobaan kedua dengan menggunakan baja st 60 menghasilkan Siklus 275 dengan waktu 08.99 detik diberi beban 20 Kg. Perpatahan pada spesimen Dapat dilihat pada gambar 4.3.



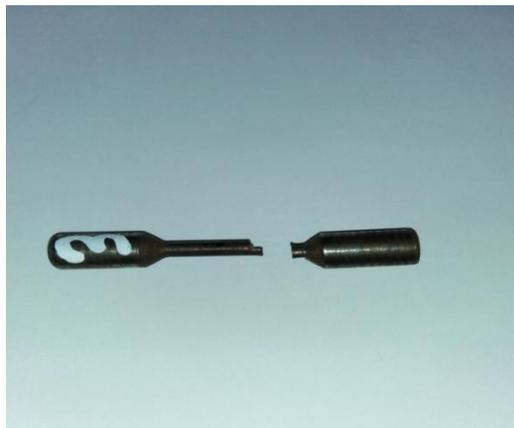
Gambar 4.3 Spesimen 2 baja st 60 dengan beban 20 kg.

Penyelesaian percobaan 2 :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{WL/2}{\pi/32d^3} \\ &= \frac{20kg.2,0cm/2}{3,14/32.0,4^3 cm} \\ &= \frac{20kg.1cm}{0,0981 .0,64cm} \\ &= \frac{kg20.cm}{0,0627 cm} \\ &= 318,97kg/cm^2 \\ &= 31,897Mpa\end{aligned}$$

4.4.3 Percobaan 3 Pada Uji *Fatigue*

Percobaan ketiga menggunakan baja st 60 menghasilkan Siklus 93 Putaran dengan waktu 03,24 detik diberi beban 30 Kg. Patahan spesimen Dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Spesimen 3 baja st 60 dengan beban 30 kg.

Penyelesaian percobaan 3 :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{WL/2}{\pi/32d^3} \\ &= \frac{30\text{kg}.2,0\text{cm} / 2}{3,14 / 32.0,4^3 \text{ cm}} \\ &= \frac{30\text{kg}.1\text{cm}}{0,0981 .0,64\text{cm}} \\ &= \frac{30\text{kg.cm}}{0,0627 \text{ cm}} \\ &= 478,46\text{kg} / \text{cm}^2 \\ &= 47,846\text{Mpa}\end{aligned}$$

4.4.4 Data Hasil Pengujian Kelelahan

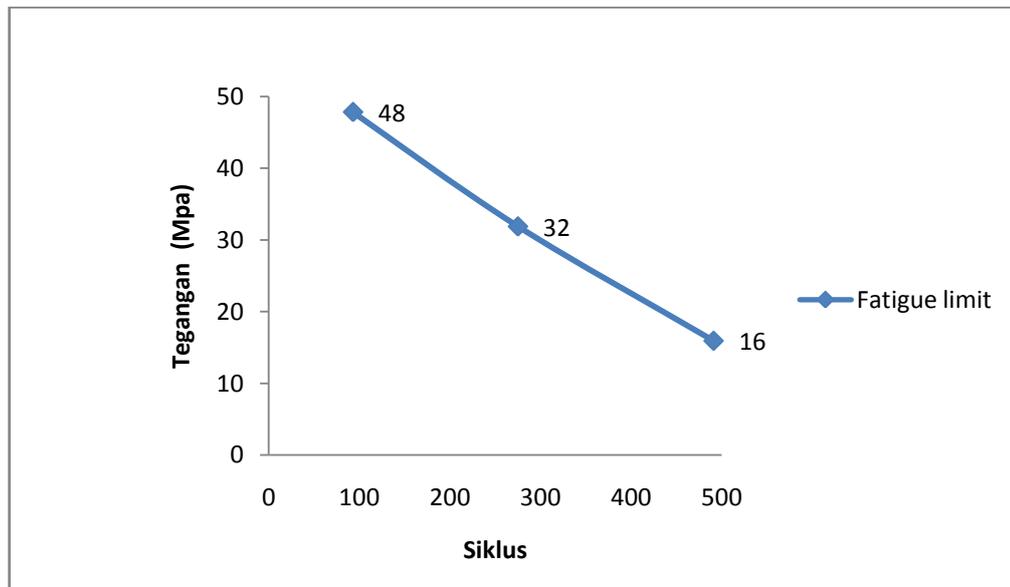
Hasil pengujian *fatigue* pada material baja st 60 telah dilakukan percobaan analisa pengujian *fatigue* material baja st 60 dengan menggunakan *rotary bending fatigue machine*. Data hasil pengujian kelelahan ditunjukkan pada tabel 4.2. Pengujian telah dilaksanakan dalam 3 minggu, Pada tanggal 23-13 september 2017. Dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Kelelahan

No.	W (kg)	σ (Mpa)	Siklus	T (Menit)
1.	10 kg	15,948	491	10.03
2.	20 kg	31,897	275	08.99
3.	30 kg	47,846	93	03.24

4.5 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 baja st 60 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. Dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.1 grafik *kurva S-N*

Dari gambar 4.4 diatas dapat dilihat, hasil pengujian kelelahan (*Fatigue*) spesimen baja st 60 dengan beban 10 kg yang didapat 20% dari nilai rata-rata menghasilkan Tegangan 15,948 Mpa, Siklus 491 dalam waktu 10.03 detik. Pada beban 20 kg yang didapat 40% dari nilai rata-rata menghasilkan Tegangan 31,846

Mpa, Siklus 275 dalam waktu 08.99 detik. Pada beban 30kg yang didapat 60% dari nilai rata-rata menghasilkan Tegangan 47,846 Mpa, Siklus 93 dalam waktu 03.24 detik. Maka semakin bertambahnya beban, Siklus dan Waktu kelelahan (*fatigue*) yang terjadi pada material Baja st 60 semakin cepat. Disebabkan karna bertambahnya pembebanan pada material baja st 60.

Data hasil dari pengujian kelelahan spesimen baja st 60 dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data Spesimen bajast 60

No	SPESIMEN	BEBAN	SIKLUS	WAKTU
1	Baja st 60 1	10kg	491	10.03
2	Baja st 60 2	10kg	546	13.83
3	Baja st 60 3	10kg	498	11.72
4	Baja st 60 4	10 kg	524	12.03
	Nilai rata-rata		514,75	11,90
5	Baja st 60 1	20kg	275	08.99
6	Baja st 602	20kg	114	06.71
7	Baja st 60 3	20kg	76	04.32
8	Baja st 60 4	20kg	155	07.49
	Nilai rata-rata		155	06.87
9	Baja st 60 1	30kg	93	03.24
10	Baja st 60 2	30kg	84	03.84
11	Baja st 60 3	30kg	101	04.84
12	Baja st 60 4	30kg	81	03.75
	Nilai rata-rata		89,75	05.22

Pada tabel 4.3 menjelaskan hasil pengujian fatigue dengan spesimen berbahan bajast 60 yang berjumlah 12 buah dengan pemberian beban yang berbeda, beban yang diberikan yaitu: 10 kg, 20 kg, 30 kg. dengan jumlah spesimen yang di uji berjumlah 4 spesimen untuk setiap masing - masing beban,

maka peneliti mendapatkan hasil waktu dan siklus pengujian yang bervariasi. Untuk spesimen bajast 60 dengan beban 10 kg, maka didapat rata – rata waktu pengujian yaitu 11.90 detik dan siklus 514,75 Untuk spesimen baja st 60 dengan beban 20 kg maka didapat rata-rata waktu pengujian yaitu 06.87 menit dan siklus 155, Untuk spesimen bajast 60 dengan beban 30 kg maka didapat rata-rata waktu pengujian yaitu 05.22 menit dan siklus 89,75.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian uji kelelahan dengan material baja st 60 menggunakan mesin rotary bending fatigue mechine adalah sebagai berikut:

1. Hasil dari pengujian fatigue beban 10 kg material baja st 60 dengan rata-rata siklus 514,75 dan batas lelah yang terjadi pada baja st 60 pada waktu 11,90 detik.
2. Hasil dari pengujian fatigue beban 20 kg material baja st 60 dengan rata-rata siklus 155 dan batas lelah yang terjadi pada baja st 60 pada waktu 06,71 detik.
3. Hasil dari pengujian fatigue beban 30 kg material baja st 60 dengan rata-rata siklus 89,75 dan batas lelah yang terjadi pada baja st 60 pada waktu 05.22 detik.

Maka semakin bertambahnya beban, kelelahan (fatigue) yang terjadi pada baja st 60 semakin cepat di sebabkan karna bertambahnya beban.

5.2 SARAN

Adapun saran dari penelitian pengujian lelah material adalah:

1. Perlu dilakukan pengembangan dan perbaikan terhadap mesin fatigue agar mesin bisa digunakan semaksimal mungkin.
2. Diharapkan pada pengujian selanjutnya menggunakan dua spesimen atau variasi siklus yang akan diberikan.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : DEDEK WAHYUDI
NPM : 1207230263
Tempat/ Tanggal Lahir : Teladan, 11 September 1991
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Kel/Desa : Tebing Tanjung Selamat
Kecamatan : Padang Tualang
Kota : Setabat
Nomor HP : 085361215341
Nama Orang Tua
Ayah : Selamat
Ibu : Alm. Sajinem

PENDIDIKAN FORMAL

1999-2005 : SD Negeri 057216 Teladan
2005-2008 : SMP Swasta Yapeksi Sawit Sebrang
2008-2011 : SMK Swasta Persada Padang Tualang, Langkat
2012-2017 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

