

TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
STUDI EKSPERIMENTAL KEKUATAN LELAH PADA
BAHAN KOMPOSIT DENGAN BEBAN LENTUR
YANG BERVARIASI MENGGUNAKAN
MESIN UJI FATIK ROTARY

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

Disusun oleh :

DINO BRYANSYAH
1307230085



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

LEMBAR PENGESAHAN I
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR

STUDI EKSPERIMENTAL KEKUATAN LELAH PADA
BAHAN KOMPOSITDENGAN BEBAN LENTUR
YANG BERVARIASI MENGGUNAKAN
MESIN UJI FATIK ROTARY

Disusun Oleh :

DINO BRYANSYAH

1307230085

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing – I

Pembimbing – II

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

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

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

(Affandi, S.T.)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

LEMBAR PENGESAHAN II
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR

STUDI EKSPERIMENTAL KEKUATAN LELAH PADA
BAHAN KOMPOSIT DENGAN BEBAN LENTUR
YANG BERVARIASI MENGGUNAKAN
MESIN UJI FATIK ROTARY

Disusun Oleh :

DINO BRYANSYAH

1307230085

Telah Diperiksa Dan Diperbaiki
Pada Seminar Tanggal 08 Maret 2018
Disetujui Oleh:

Pembanding - I

Pembanding - II



(M. Yani, S.T., M.T)



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

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin



(Affandi, S.T.)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018



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>

Bila menjabar surat ini agar disebutkan
Nomor dan tanggalnya

TUGAS SARJANA

**STUDI EKSPERIMENTAL KEKUATAN LELAH PADA BAHAN KOMPOSIT
DENGAN BEBAN LENTUR YANG BERVARIASI MENGGUNAKAN MESIN
UJI FATIK ROTARY
PERIODE SEMESTER GANJIL/GENAP
T.A. 2017 / 2018**

Nama Mahasiswa : DINO BRYANSYAH

NPM : 1307230085

Semester : X (SEPULUH)

SPESIFIKASI : Calculus Pengujian Kekuatan
lelah pada bahan komposit dengan
bahan lentur yang bervariasi

Diberikan Tanggal :

Selesai Tanggal :

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>

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

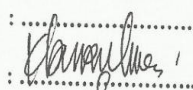
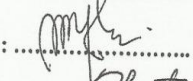

DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA








NAMA : DINO BRYANSYAH PEMBIMBING - I : Rahmatullah, S.T, M.Sc
NPM : 1307230085 PEMBIMBING - II : Khairul Umurani, S.T.,M.T

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
1.	16 Agustus 2017	Pemberian identifikasi tugas	10/1
2.	Jumst/1 - September 2017	Perbaili pendahuluan & Baitan masalah	10/1
3.	Rabu/20 September 2017	Perbaili tugas pustaka	10/1
4.	Setes/16 Oktober 2017	Perbaili rumus & yang di penuhi	10/1
5.	Senin/29 Oktober 2017	Perbaili metode penelitian, & per penelitian	10/1
6.	Setes/14 Noleber 2017	Lausnt ke pembimbing II	10/1
7.	Sabtu/2 Desember 2017	Perbaili kualiasi	10/1
8.	Rabu/3 Januari 2018	Perbaili ke pembimbing I	10/1
9.	Komis/25 Januari 2018	Ke pembimbing I Seminar	10/1
10.	Komis/15 Februari 2018		

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

Peserta Seminar
 Nama : Dino Bryansyah
 NPM : 1307230085
 Judul Tugas Akhir : Studi Eksperimental Kekuatan Lelah Pada Bahan Komposit Dengan Beban Lentur Yang Bervariasi Menggunakan Mesin Uji Fatik Rotary.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing - I : Rahmatullah.S.T.M.Sc	:
Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T	: 
Pembanding - I : M.Yani.S.T.M.T	: 
Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar.ST.MT	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1207230148	ARDIANSYAH	
2	1307230264	BAYU MANDALA PUTRA	
3	1307230149	KHARIL PRATANOI	
4	1207230141	RUADI IWAN PUGER	
5	1307230276	Fika Hanafi Lubis	
6	1307230148	IMAM MAULANA NST	
7	1307230136	FAHROZI RAUH	
8			
9			
10			

Medan, 19 Djum. Akhir 1439 H
08 Maret 2018 M

Ketua Prodi. T Mesin


Afandi.S.T



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

NAMA : Dino Bryansyah
NPM : 1307230085
Judul T.Akhir : Studi Eksperimental Kekuatan Lelah Pada bahan Komposit Dengan Beban Lentur Yang Bervariasi Menggunakan Mesin Uji - Fatik Rotary.

Dosen Pembimbing - I : Rahmatullah.S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : M. Yani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar.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 :
Pada Pmb. I, latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, Abstrak.
Bab II, kutipan dari kalimat di bagian pustaka
Pmb. II, gambar Flowchart.
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan 19 Djum.Akhir 1439H
08 Maret 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Afjandi, S.T

Dosen Pembanding- I

M. Yani.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Dino Bryansyah
NPM : 1307230085
Judul T.Akhir : Studi Eksperimental Kekuatan Lelah Pada bahan Komposit Dengan Beban Lentur Yang Bervariasi Menggunakan Mesin Uji - Fatik Rotary.

Dosen Pembimbing - I : Rahmatullah.S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar.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 !! { lihat pada laporan tugas sarjana yg telah di seminarikan


3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 19 Djum.Akhir 1439H
08 Maret 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Dosen Pembanding- II


Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : DINO BRYANSYAH

Tempat / Tgl Lahir : Bah Birung Ulu, 29 Agustus 1995

NPM : 1307230085

Bidang Keahlian : Kontruksi Dan Manufaktur

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir (skripsi) saya ini yang berjudul :

STUDI EKSPERIMENTAL KEKUATAN LELAH PADA BAHAN KOMPOSIT DENGAN BEBAN LENTUR YANG BERVARIASI MENGUNAKAN MESIN UJI FATIK ROTARY

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

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

Medan, 2018

Saya yang menyatakan,



DINO BRYANSYAH
1307230085

ABSTRAK

Komposit sebagai salah satu alternatif menjadi bahan pengganti material logam pada berbagai industri dikarenakan material ini lebih ringan dengan kekuatan yang baik, ketahanan fatik tinggi, tahan terhadap korosi, harga relatif lebih murah dari material logam, serta mudah dibentuk dan difabrikasi. Sebagai contoh di industri otomotif untuk pembuatan panel pintu mobil, dashboard dan kotak radiator, pembuatan badan kapal pada industri perkapalan. Dalam hal ini pengujian bertujuan untuk menganalisis nilai kekuatan lelah pada bahan komposit dengan menggunakan tiga variasi beban. Penelitian dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik dan mesin uji *fatigue rotary bending*. Dimana hasil pengujian di dapat , beban pertama yaitu 1 kg di dapat rata-rata siklus 19609,75 putaran dan waktu 14.51 menit, Beban kedua yaitu 2 kg di dapat rata-rata siklus 8350,25 putaran dan waktu 5.56 menit , Beban ketiga yaitu 3 kg di dapat rata-rata siklus 3583,5 putaran dan waktu 2.42 menit.

Kata kunci : Fatik(kelelahan), Komposit, Variasi beban, Uji *rotary bending*

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu.

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat ALLAH SWT, atas segala rahmat, hidayah, nikmat, serta karunia-Nya, sehingga dengan izin-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana yang berjudul “**STUDI EKSPERIMENTAL KEKUATAN LELAH PADA BAHAN KOMPOSIT DENGAN BEBAN LENTUR YANG BERVARIASI MENGGUNAKAN MESIN UJI FATIK ROTARY**”, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik S-1, pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam menyelesaikan tugas sarjana 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 pada dosen pembimbing, serta bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.

Adapun Tugas Sarjana ini tidak luput dari bantuan dan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, dengan segenap kerendahan hati penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Kedua Orang Tua, Ayahanda Sutresno dan Ibunda Henni Saraswati yang selalu memberikan kasih sayang dan dukungan baik moril maupun materil.
2. Bapak Rahmatullah. S.T.,M.Sc, selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Khairul Ummurani, S.T.,M.T. selaku wakil Dekan III Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara sekaligus Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar,S.T.,M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
5. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T.,M.Sc selaku wakil dekan I Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
6. Bapak Affandi, S.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin dan Staf Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Kepada Teman – Teman Satu Perjuangan Tugas Akhir khusus nya kelas B-I pagi stambuk 13 Yang Selalu Senantiasa Memberikan Dukungan Dan Semangat Dalam Tugas Akhir ini.
9. Kepada keluarga besarku adinda tersayang dan tercinta Dinar Ayuni yang selalu memberi semangat dan doa yang tiada hentinya.

10. Terimah kasih kepada KONCO KU Facrozi rauh (bodoh/Bisman), Khairil prayandi (olon/simul), wahyono Aji (tama/tambi), Bahari ramadhan (ombus/wahit), Angghari effendi (klewang/mario), Imam maulana nasution(akrik/ucok), Verry irawan(japol/Rambo) serta orang yang ku sayang fitri khairunnisa pulungan dan sahabat kampong ku riki fadillah(tongat).

Penulis menyadari bahwa tugas sarjana 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 sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Rabbal Alamin.
Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, Maret 2018

Penulis

DINO BRYANSYAH
1307230085

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR SPESIFIKASI	
LEMBAR ASISTENSI	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR NOTASI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR DIAGRAM ALIR	x
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat Penulisan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Dasar Teori	5
2.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan lelah	6
2.2.1 Faktor Kelembapan lingkungan	6
2.2.2 Tipe pembebanan	6
2.2.3 Faktor Putaran	7
2.2.4 Faktor Suhu	7
2.2.5 Faktor tegangan sisa	7
2.2.6 Faktor komposisi kimia	7
2.3 Pengujian Kekuatan Tarik (<i>Tensile Test</i>)	11
2.4 Klasifikasi komposit	14
2.4.1 Komposit serat (<i>fiber composite</i>)	14
2.4.2 Komposit (<i>laminated composite</i>)	16
2.4.3 Komposit partikel (<i>particulated composite</i>)	16
2.4.4 Komposit serpihan (<i>flake composite</i>)	17
2.4.5 Komposit pengisi (<i>filler composite</i>)	17
2.5 Polimer	17
2.6 Serat	19
2.6.1 Serat sebagai penguat	19
2.6.2 Serat fiberglass	20
2.7 Klasifikasi <i>Rotary Bending Fatigue Machine</i>	21
2.8 Jenis-jenis mesin pengujian fatik	22
2.8.1 <i>Axial (Direct-Stress)</i>	22
2.8.2 <i>Bending fatigue machines</i>	22
2.8.3 <i>Torsional fatigue testing machines</i>	23
2.8.4 <i>Special purpose fatigue testing machines</i>	23
2.8.5 <i>Multi fatigue testing machines</i>	23

BAB 3. METODE PENELITIAN	24
3.1 Tempat dan waktu	24
3.1.1 Tempat	24
3.1.2 Waktu	24
3.2 Diagram alir penelitian	25
3.3 Bahan dan Alat	26
3.3.1 Bahan	26
3.3.2 Alat	28
3.4 Pembuatan bahan komposit	37
3.5 Pengujian tarik	41
3.6 Pengujian fatik	42
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Hasil pengujian tarik dan pengujian rotary bending	43
4.2 Analisa data pengujian tarik	43
4.2.1 Analisa data uji tarik specimen komposit	44
4.3 Pengujian Kelelahan fatigue	52
4.3.1 Hasil pengujian fatigue	52
4.3.2 Data hasil pengujian fatigue	56
4.4 Kurva S-N	57
4.5 Data keseluruhan hasil uji fatigue	58
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR SIMBOL

σ	Tegangan lentur	(<i>Kg / cm²</i>)
W	Beban lentur	(kg)
D	Diameter benda uji	(mm)
L	Panjang benda uji	(mm)
T	Waktu	(Menit)
σ	Tegangan tarik	(kgf/mm ²)
ε	Regangan	(%)
l_1	Panjang setelah pembebanan	(mm)
l_0	Panjang mula-mula	(mm)
E	Modulus elastisitas	(N/mm)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva S-N	10
Gambar 2.2. Gaya Tarik terhadap Pertambahan Panjang	13
Gambar 2.3 <i>Skema alat uji rotary bending fatigue machine</i>	21
Gambar 2.4 <i>Bending fatigue machines</i>	22
Gambar 2.5 <i>Torsional Fatigue Testing Machines</i>	23
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	25
Gambar 3.2 Skema benda uji	26
Gambar 3.3 Serat fibreglass	26
Gambar 3.4 Resin	27
Gambar 3.5 Katalis	27
Gambar 3.6 Paste wax	28
Gambar 3.7 Cetakan Spesimen	28
Gambar 3.8 Kuas	29
Gambar 3.9 Sekrap	29
Gambar 3.10 Masker	30
Gambar 3.11 <i>Rotary Bending Fatigue Mechine.</i>	30
Gambar 3.12 Motor	31
Gambar 3.13 <i>Chuck</i> (cekam)	31
Gambar 3.14 Indicator section	32
Gambar 3.15 Beban	32
Gambar 3.16 Rangka	33
Gambar 3.17 Stopwatch	33
Gambar 3.18 Sigmat/ jangka sorong	34
Gambar 3.19 Sarung tangan	34
Gambar 3.20 Kunci inggris	35
Gambar 3.21 Kunci <i>chuck</i> /cekam	35
Gambar 3.22 Mesin uji tarik	36
Gambar 3.23 Resin dengan berat 120 gram	37
Gambar 3.24 Fiberglass dengan berat 9 gram	37
Gambar 3.25 Melapisin cetakan dengan <i>paste wax</i>	38

Gambar 3.26 Menuang resin ke wadah/cup	38
Gambar 3.27 Mencampur resin dan katalis	39
Gambar 3.28 Menuangkan lapisan resin pertama	39
Gambar 3.29 Bentuk specimen komposit	40
Gambar 3.30 Bentuk specimen yang sudah di bubut	40
Gambar 4.1 Hasil pengujian tarik specimen komposit	44
Gambar 4.2 siklus dan waktu dengan pembebanan 1 kg	52
Gambar 4.3 siklus dan waktu dengan pembebanan 2 kg	53
Gambar 4.4 siklus dan waktu dengan pembebanan 3 kg	54
Gambar 4.5 Patahan specimen pengujian <i>Fatigue</i>	56
Gambar 4.6 Grafik kurva S-N	57

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian	24
Tabel 4.1 Hasil uji tarik	43
Tabel 4.2 Data Nilai Pembebanan	52
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Kelelahan	56
Tabel 4.4 Data keseluruhan pengujian kelelahan (<i>fatigue</i>)	58

DAFTAR DIAGRAM ALIR

Diagram 3.1 Diagram alir Penelitian

25

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada perkembangan teknologi saat ini, kegagalan mekanik telah banyak menyebabkan kerugian, baik itu materi maupun keselamatan manusia. Kegagalan suatu komponen atau struktur yang disebabkan pembebanan yang secara berulang biasa disebut kelelahan, dan telah menyebabkan paling sedikit setengah dari kegagalan mekanik yang terjadi. Kegagalan kelelahan lebih berbahaya daripada kegagalan statis dikarenakan kegagalan tersebut terjadi tanpa peringatan terlebih dahulu, secara tiba-tiba dan menyeluruh. Hal ini menjadi tantangan bagi peneliti untuk mendapatkan informasi kegagalan yang disebabkan kelelahan dengan material komposit.

Pada umumnya bahan komposit adalah kombinasi antara dua atau lebih dari tiga bahan yang memiliki sejumlah sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya, yang akan menghasilkan sifat material yang mempunyai sifat lebih baik dari material-material sebelumnya. Komposit merupakan gabungan atau kombinasi dari dua atau lebih material yang berbeda menjadi bentuk struktur unit makroskopik yang akan menghasilkan sifat material yang mempunyai sifat lebih baik dari material-material penyusunnya. Saat ini komposit menjadi bahan pengganti material logam pada berbagai industri dikarenakan material ini lebih ringan dengan kekuatan yang baik, ketahanan fatik tinggi, tahan terhadap korosi, harga relatif lebih murah dari material logam, serta mudah dibentuk dan difabrikasi. Sebagai contoh di industri otomotif untuk

pembuatan panel pintu mobil, dashboard dan kotak radiator, pembuatan badan kapal pada industri perkapalan.

Berdasarkan uraian singkat di atas perlu di lakukan pengujian Lelah (*Fatigue*) terhadap material komposit yang menggunakan mesin “*Rotary Bending Fatigue*” dan mengetahui pengaruh variasi beban terhadap material komposit,serta untuk mengetahui cara kerja mesin fatik tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah yang akan di teliti adalah :

1. Bagaimana membuat material komposit diperkuat serat fiberglass.
2. Bagaimana menguji material komposit menggunakan mesin uji *Rotary Bending Fatigue*.
3. Bagaimana pengaruh perbandingan variasi beban pengujian lelah (*Fatigue*) dengan menggunakan material komposit.

1.3 Batasan Masalah

Karena luasnya permasalahan pada uji Lelah (*Fatigue*), maka diperlukan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Material yang digunakan dalam pengujian Lelah (*Fatigue*) adalah material komposit.
2. Mesin yang digunakan dalam pengujian adalah *Rotary Bending Fatigue Mechine*.
3. Pengujian di lakukan dengan beban yang bervariasi.
4. Diasumsikan kondisi spesimen adalah sama dalam pengujian.

1.4 Tujuan

1.4.1 Tujuan Umum

Untuk menganalisa lelah dengan beban yang bervariasi terhadap material komposit dengan menggunakan *Rotary Bending Fatigue*.

1.4.2 Tujuan Khusus

1. Membuat specimen benda uji lelah dengan material komposit.
2. Menganalisis ketahanan lelah komposit dengan variasi beban menggunakan alat uji *Rotary Bending*.
3. Mengevaluasi ketahanan lelah pada bahan komposit dengan menggunakan *Rotary Bending*.

1.5 Manfaat Penulis

Adapun beberapa manfaat yang diperoleh dari penyusunan tugas sarjana ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi peneliti dapat menerapkan apa yang di pelajari di buku dengan langsung meneliti proses terjadinya kelelahan pada material komposit
2. Mendapatkan informasi tentang kelelahan material komposit.
3. Dapat bermanfaat bagi pembaca maupun penulis untuk referensi penyempurnaan *Fatigue Machine*.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Sarjanah ini akan dibagi dalam beberapa bab. Secara garis besar yang dimuat dalam Tugas sarjana ini adalah seperti yang tercakup dalam sistematika penulisan berikut :

Bab 1 Pendahuluan

Pada bab ini meliputi Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan umum dan khusus, Manfaat Penulisan, dan Sistematika Penulisan.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Pada bab ini meliputi tentang dasar teori yang di gunakan dalam penelitian seperti karakteristik, gambar berupa skema, perencanaan, komponen utama dan bentuk.

Bab 3 Metode penelitian

Pada bab ini penulis menjelaskan tentang tempat dan waktu percobaan, material yang akan diuji, bentuk tiap komponen utama, serta urutan dan cara yang akan dilalukan.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini penulis menjelaskan hasil-hasil perhitungan pada penelitian.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dari hasil dan saran yang dianggap perlu diketahui bagi pihak-pihak yang memerlukan.

DAFTAR PUSTAKA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

Fatig atau kelelahan merupakan fenomena terjadinya kerusakan material karena pembebanan yang berulang-ulang, diketahui bahwa apabila pada suatu material dikenai tegangan berulang maka material tersebut akan patah pada tegangan yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan tegangan yang dibutuhkan untuk menimbulkan perpatahan pada beban statik. Kerusakan akibat beban berulang ini disebut patah lelah (*fatigue failures*) karena umumnya perpatahan tersebut terjadi setelah periode pemakaian yang cukup lama. Perilaku kelelahan suatu material akan dipengaruhi oleh banyak faktor tetapi secara umum proses kelelahan material mencakup tahapan-tahapan sebagai berikut : awal retak (*initiation crack*), perambatan retak (*crack propagation*), dan perpatahan akhir (*fracture failure*).

1. Awal retak (*initiation crack*)

Awal retak adalah mekanisme awal terjadinya kegagalan fatik yang terjadi dipermukaan material yang lemah atau didaerah dimana terjadi konsentrasi dipermukaan (seperti goresan, *notch*, lubang-pits) akibat adanya pembebanan secara berulang-ulang.

2. Perambatan retak (*crack propagation*).

Awal retak tadi akan berkembang dan terus berkembang menjadi perambatan retak dan kemudian akan berujung pada perpatahan akhir.

3. Perpatahan akhir (*fracture failure*)

Perpatahan akhir terjadi ketika material telah mengalami siklus tegangan dan regangan yang kemudian akan menghasilkan kerusakan secara permanen.

Pada dasarnya lokasi awal retak pada spesimen atau benda uji yang akan mengalami pembebanan dinamis adalah pada titik daerah dimana memiliki kekuatan minimum atau pada titik daerah dimana mengalami tegangan yang paling maksimum, oleh karena itu untuk memperkirakan suatu material sangat sulit hal ini disebabkan karena oleh banyaknya faktor yang mempengaruhi lelah dari suatu material.

2.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi *Fatigue* Lelah

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 variable yang konstan selama pengujian sehingga tidak ada pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan lelah.

2.2.1 Faktor kelembaban lingkungan

Faktor kelembaban lingkungan sangat mempengaruhi lelah material lingkungan kelembaban yang tinggi membentuk pit korosi dan retak pada permukaan yang menyebabkan kegagalan akan lebih cepat terjadi. Sebagaimana diteliti oleh (Haftirman, 1995).

2.2.2 Tipe pembebanan

Tipe pembebanan ini sangat mempengaruhi lelah material sebagaimana bahwa tipe pembebanan lentur putar dan pembebanan aksial mempunyai kekuatan lelah yang sangat berbeda.

2.2.3 Faktor putaran

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 putaran yang berada diantara 750 rpm sampai 1500 rpm tidak mempengaruhi kekuatan lelah dengan signifikan.

2.2.4 Faktor suhu

Faktor suhu sangat mempengaruhi kekuatan lelah material karena suhu menaikkan konduktivitas elektrolit sehingga dapat mempercepat proses oksidasi. (Dieter, 1989) mengemukakan secara umum kekuatan lelah baja akan turun dengan bertambahnya suhu diatas suhu kamar kecuali baja lunak dan kekuatan lelah akan bertambah besar apabila suhu turun.

2.2.5 Faktor tegangan sisa

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

2.2.6 Faktor komposisi kimia

Faktor komposisi kimia terhadap spesimen diharapkan sama untuk seluruh spesimen uji dengan pemilihan bahan yang diproduksi dalam satu kali proses pembuatan, sehingga didapat kondisi standar untuk seluruh spesimen uji.

Kegagalan fatik semakin menonjol seiring berkembangnya teknologi seperti pesawat, mobil, pompa dan lainnya. dikarenakan semua mengalami

pembebanan yang selalu berulang dan getaran, hingga sekarang dinyatakan bahwa kelelahan dari seluruh kegagalan yang disebabkan oleh hal hal yang bersifat mekanis.

Fatig atau kelelahan menurut (Zulhanif,2002) didefinisikan sebagai proses perubahan struktur permanen *progressive localized* pada kondisi yang menghasilkan fluktuasi regangan 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.

Rotary bending fatigue machine merupakan alat uji kelelahan yang memiliki prinsip kerja pembebanan pada spesimen yang berputar. Alat ini dirancang oleh Wohler seorang ilmuwan jerman pada tahun 1850 yang menganalisa kegagalan pada as roda kereta api pembebanan yang diberikan kepada alat ini bervariasi selain itu putaran yang diberikan kepada spesimen adalah konstan. Wohler juga menunjukkan bahwa *fatigue* bahwa *fatigue* tidak hanya dipengaruhi oleh beban namun juga dipengaruhi oleh tegangan.

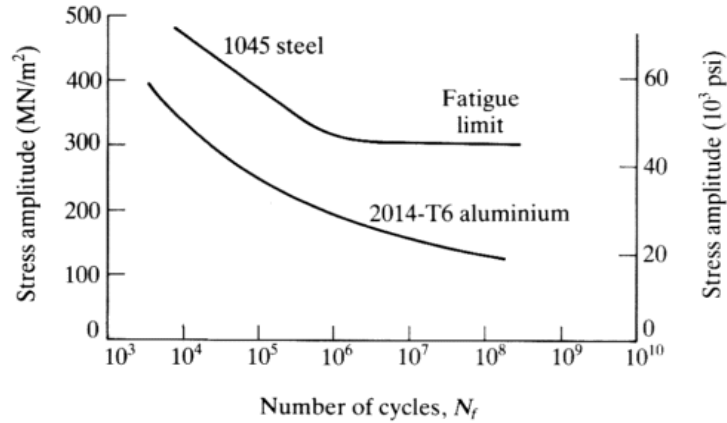
Ketahanan fatik suatu bahan tergantung dari perlakuan permukaan atau kondisi permukaan dan temperatur operasi. Perlakuan permukaan merubah kondisi permukaan dan tegangan sisa di permukaan. Perlakuan permukaan *shoot peening* menghasilkan tegangan sisa tekan yang mengakibatkan ketahanan lelah yang meningkat (Collins,1981).

Sedangkan perlakuan permukaan yang menghasilkan tegangan sisa tarik menurunkan ketahanan *fatigue*-nya. 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.

Karena pada awalnya kegagalan *fatigue* dimulai dengan retakan pada permukaan benda uji dan ini membuktikan bahwa sifat-sifat kegagalan *fatigue* sangatlah peka terhadap kondisi permukaan pada spesimen, ada pun beberapa faktor yang mempengaruhi kondisi permukaan pada spesimen adalah kekasaran permukaan, tegangan sisa permukaan dan perubahan sifat permukaan (dieter,1999).

Data *fatigue* biasanya disajikan dalam kurva tegangan dan siklus yaitu dengan menggunakan kurva S-N yaitu pemetaan tegangan (S) terhadap jumlah siklus sampai terjadinya kegagalan (N). Nilai tegangan yang diplot dapat berupa nilai tegangan maksimum, tegangan minimum atau nilai rata-rata tegangan. Kurva

S-N ini lebih diutamakan menggunakan skala semi log untuk beberapa bahan penting. Seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kurva S-N

Kurva tersebut didapat dari pemetaan tegangan terhadap jumlah siklus sampai terjadi kegagalan pada benda uji. Kurva S-N mampu memberikan banyak informasi sifat fatik karena pada saat pengujian dimasukan faktor kondisi pembebanan, temperatur, perlakuan permukaan, dan proses perlakuan material namun kekurangan dari grafik ini adalah tidak dapat memprediksi deformasi plastis lokal dan efek dari tegangan rata-rata. Pada kurva ini siklus menggunakan skala logaritma. Batas ketahanan *fatigue* (*endurance limit*) baja ditentukan pada jumlah siklus $N > 10^7$ (Dieter,1992). Berbeda dengan material non ferrous seperti paduan alumunium yang tidak memiliki batas atau fatigue limit untuk melihatnya perbedaan antara kedua paduan tersebut terlihat seperti digambar 2.1

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

$$S = B + C \ln (Nf)$$

Dengan :

B dan C adalah konstanta empiris material

Pengujian *fatigue* dilakukan dengan cara memberikan *stress level* tertentu sehingga spesimen patah pada siklus tertentu. 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 fatik dilakukan dengan *Rotary Bending Machine*. Jika benda uji diputar dan diberi beban, maka akan terjadi momen lentur pada benda uji. Momen lentur ini menyebabkan terjadinya beban lentur pada permukaan benda uji dan besarnya dihitung dengan persamaan (*international for use of ONO'S,-*).

$$\sigma = \left(\frac{WL/2}{\pi/32 d^3} \right) \quad (2.1)$$

Dimana :

σ = Tegangan lentur (kg/cm²)

W = Beban lentur (kg)

d = Diameter benda uji (cm)

2.3 Pengujian Kekuatan Tarik (*Tensile Test*)

Pengujian tarik merupakan metode pengujian yang paling utama dilakukan untuk pengujian sifat-sifat mekanis dan hasilnya dibakukan secara internasional . Pengujian tarik (*tensile test*) adalah pengujian mekanis secara statis dengan cara spesimen ditarik dengan pembebanan pada kedua ujungnya dimana gaya tarik yang diberikan sebesar P (*newton*). Tujuannya untuk mengetahui sifat-

sifat mekanis tarik (kekuatan tarik) dari komposit yang diuji diperkuat dengan serat fibreglass.

Hal-hal yang mempengaruhi kekuatan tarik komposit antara lain (Surdia, 1995) :

a. Temperatur

Apabila temperatur naik, maka kekuatan tariknya akan turun.

b. Kelembaban

Pengaruh kelembaban ini akan mengakibatkan bertambahnya absorpsi air, akibatnya akan menaikkan regangan patah, sedangkan tegangan patah dan modulus elastisitasnya menurun.

c. Laju tegangan

Apabila laju tegangan kecil, maka perpanjangan bertambah dan mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi landai, modulus elastisitasnya rendah. Sedangkan apabila laju tegangan tinggi, maka beban patah dan modulus elastisitasnya meningkat tetapi regangannya mengecil.

Pertambahan panjang (Δl) yang terjadi akibat beban tarikan yang diberikan pada sampel uji disebut deformasi. Dan regangan merupakan perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang mula-mula.

Regangan merupakan ukuran untuk kekenyalan suatu bahan yang harganya biasanya dinyatakan dalam persen. Perbandingan beban pada spesimen terhadap luas penampang pada saat pemberian beban disebut tegangan (*stress*). Tegangan tarik maksimum (*tensile strennght*) suatu bahan ditetapkan dengan membagi beban tarik maksimum dengan luas penampang mula-mula.

Banyak hal yang kita dapat pelajari dari hasil uji, bila kita terus menarik sesuatu bahan (dalam hal ini adalah komposit) sampai putus maka kita akan

mendapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarik dengan perubahan panjang profil (ΔL). Ini sangat di perlukan dalam desain yang memiliki bahan tersebut misalnya pada kurva berikut ini. Seperti pada gamabar kurva 2.2.



Gambar 2.2. Gaya Tarik terhadap Pertambahan Panjang.

Pengujian Tarik dilakukan untuk mencari tegangan dan regangan (*stress strain test*). Dari pengujian ini dapat kita ketahui beberapa sifat mekanik material yang sangat dibutuhkan dalam desain rekayasa. Hal ini dapat dirumuskan:

Tegangan (σ)

Rumus untuk mencari tegangan tarik adalah :

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{2.2}$$

Regangan (ε) :

Rumus untuk mencari regangan adalah :

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \tag{2.3}$$

Modulus Elastisitas (E) :

Rumus untuk mencari modulus elastisitas adalah :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.4)$$

2.4 Klasifikasi komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda. Dikarenakan karakteristik pembentuknya berbeda-beda, maka akan dihasilkan material baru yaitu komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material-material pembentuknya.

Secara garis besar ada lima jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakan :

2.4.1 Komposit serat (*fiber composite*)

Komposit serat (*fiber composite*) adalah merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan menggunakan serat penguat. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serat aramid dan sebagainya. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Komposit yang diperkuat dengan serat dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu :

- a. Komposit serat pendek (*short fiber composite*) ialah komposit yang diperkuat dengan serat pendek umumnya sebagai matriknya adalah resin termoset yang amorf atau semikristalin. Material komposit yang diperkuat dengan serat pendek yang mengandung orientasi serat secara acak (*inplane random orientation*). Secara acak

biasanya derajat orientasi dapat terjadi dari suatu bagian ke bagian lain. Akibat langsung dari distribusi acak serat ini adalah nilai fraksi volume lebih rendah dalam material yang menyebabkan bagian resin lebih besar. Fraksi berat yang lebih rendah berhubungan dengan ketidak efisienan balutan dan batasan-batasan dalam proses percetakan.

- b. Komposit serat panjang (*long fiber composite*) ialah keistimewaan komposit serat panjang adalah lebih mudah di orientasikan, jika dibandingkan dengan serat pendek. Walaupun demikian serat pendek memiliki rancangan lebih banyak. Secara teoritis serat panjang dapat menyalurkan pembebanan atau tegangan dari suatu titik pemakaiannya. Pada prakteknya, hal ini tidak mungkin karena variabel pembuatan komposit serat panjang tidak memperoleh kekuatan tarik melampaui panjangnya. Perbedaan serat panjang dan serat pendek yaitu serat pendek dibebani secara tidak langsung atau kelemahan matriks akan menentukan sifat dari produk komposit tersebut yakni jauh lebih kecil dibandingkan dengan besaran yang terdapat pada serat panjang. Bentuk serat panjang memiliki kemampuan yang tinggi, disamping itu kita tidak perlu memotong-motong serat. Fungsi penggunaan serat sebagai penguat secara umum adalah sebagai bahan yang dimaksudkan untuk memperkuat komposit, disamping itu penggunaan serat juga mengurangi pemakaian resin sehingga diperoleh suatu komposit

yang lebih kuat, kokoh dan tangguh jika dibandingkan produk bahan komposit yang tidak menggunakan serat penguat.

2.4.2 Komposit laminat (*laminated composite*)

Komposit laminat (*laminated composite*) adalah merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik khusus. Komposit laminat terdiri dari empat jenis yaitu komposit serat kontinyu, komposit serat anyam, komposit serat acak, dan komposit serat hibrid. Komposit yang terdiri dari lapisan yang diperkuat oleh matrik sebagai contoh adalah *plywood* yang sering digunakan bahan bangunan dan kelengkapannya. Pada umumnya manipulasi makropis yang dilakukan yang tahan terhadap korosi, kuat dan tahan terhadap temperatur.

2.4.3 Komposit partikel (*particulated composite*)

Komposit partikel (*particulated composite*) adalah merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriks. Komposit yang terdiri dari partikel dan matriks yaitu butiran (batu, pasir) yang diperkuat semen yang kita jumpai sebagai beton, senyawa kompleks ke dalam senyawa kompleks komposit partikel merupakan produk yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks bersama-sama dengan satu atau lebih unsur-unsur perlakuan seperti panas, tekanan, kelembaban, katalisator dan lain-lain. Komposit partikel ini berbeda dengan jenis serat acak sehingga bersifat isotropis.

Kekuatan komposit serat dipengaruhi oleh tegangan koheren di antara fase partikel dan matriks yang menunjukkan sambungan yang baik.

2.4.4 Komposit serpihan (*flake composite*)

Komposit serpihan (*flake composite*) adalah partikel kecil yang ditentukan sebelumnya yang dihasilkan dalam peralatan yang khusus dengan orientasi serat sejajar permukaannya. Suatu komposit serpihan terdiri atas serpih-serpih yang saling menaha dengan mengikat permukaan atau dimasukkan ke dalam matriks. Sifat-sifat khusus yang dapat diperoleh dari serpihan adalah bentuknya besar dan datar sehingga dapat disusun dengan rapat untuk menghasilkan suatu bahan penguat yang tinggi untuk luas penampang lintang tertentu. Pada umumnya serpihan-serpihan saling tumpang tindih pada suatu komposit sehingga dapat membentuk lintasan fluida ataupun uap yang dapat mengurangi kerusakan mekanis karena penetrasi atau perembesan.

2.4.5 Komposit pengisi (*filler composite*)

Komposit pengisi (*filler composite*) adalah komposit ini terdiri dari struktur sambungan tiga dimensi yang menerobos struktur dimensi atau impregnasi dengan dua-phase material pengisi.

2.5 Polimer

Polimer (*makromolekul*) merupakan molekul besar yang terbentuk dari unit – unit berulang sederhana. Nama ini diturunkan dari bahasa Yunani, yaitu Poly yang berarti banyak, dan mer yang berarti bagian (Malcom Steven, 2004). Dan polimer juga merupakan bahan yang penting dalam pembuatan komposit.

Polimer berfungsi sebagai matriks yang berfungsi mengikat penguat yang digunakan pada komposit. Beberapa contoh bahan polimer yaitu resin phenolformaldehide, urea formaldehide, poliester, epoksi dan lainnya. Pada umumnya polimer memiliki sifat yang menguntungkan karena massa jenisnya kecil, mudah dibentuk, tahan karat (Hyer, 1998). Akan tetapi polimer memiliki kekurangan seperti kekakuan dan kekuatan rendah. Oleh karena itu agar diperoleh komposit yang lebih baik, maka polimer tersebut dipadukan dengan bahan yang lain yang berfungsi sebagai bahan penguat seperti: serat (*fiber*), partikel (*particulate*), lapisan (*lamina*) dan serpihan (*flakes*). Pada saat ini berbagai industri telah menggunakan komposit yang diperkuat oleh serat mulai dari industri perabot rumah tangga (panel, kursi, meja), industri kimia (pipa, tangki, selang), alat-alat olah raga, bagian-bagian mobil yang salah satunya bumper mobil, alat-alat listrik, industri pesawat terbang (badan pesawat, roda pendarat, sayap dan baling baling helikopter) dan industri perkapalan (salah satunya body speedboat).

Sifat- sifat umum yang dimiliki bahan-bahan polimer adalah sebagai berikut :

1. Kemampuan cetaknya cukup baik, artinya pada temperatur relative rendah bahan dapat dicetak dengan berbagai cara, diantaranya :
dengan penyuntikan, penekanan, ekstruksi.
2. Produk yang ringan dan kuat dapat dibuat.
3. Baik sekali ketahanannya terhadap air dan zat kimia.
4. Banyak diantaranya polimer bersifat isolasi listrik yang lebih baik dan mudah termuat listrik secara elektrostatik.
5. Kurang tahan terhadap panas.
6. Kekerasan permukaannya sangat kurang.

7. Produk-produk dengan sifat-sifat yang cukup berbeda dapat dibuat tergantung cara pembuatannya.
8. Mempunyai koefisien gesek yang kecil.

2.6 Serat

Serat merupakan bahan yang kuat, kaku, getas. Karena serat yang terutama menahan gaya luar, ada dua hal yang membuat serat menahan gaya yaitu :

- a. Perekatan (*bonding*) antara serat dan matriks (*intervarsial bonding*) sangat baik dan kuat sehingga tidak mudah lepas dari matriks (*debonding*).
- b. Kelangsingan (*aspect ratio*) yaitu perbandingan antara panjang serat dengan diameter serat cukup besar. Arah serat penguat menentukan kekuatan komposit dan mempengaruhi jumlah serat yang dapat diisikan ke dalam matrik. Makin cermat penataannya, makin banyak penguat dapat dimasukkan. Hal tersebut menentukan optimum saat komposit maksimum.

2.6.1 Serat Sebagai Penguat

Serat umum dapat dikatakan bahwa fungsi serat adalah sebagai penguat bahan untuk memperkuat komposit sehingga sifat mekaniknya lebih kaku, tangguh dan lebih kokoh dibandingkan dengan tanpa serat penguat, selain itu serat juga menghemat penggunaan resin. Kaku adalah kemampuan dari suatu bahan untuk menahan perubahan bentuk jika dibebani dengan gaya tertentu dalam daerah elastis pada pengujian tarik. Tangguh adalah bila pemberian gaya atau beban yang menyebabkan bahan-bahan tersebut menjadi patah pada pengujian tiga titik lentur. Kokoh adalah kondisi yang diperoleh

akibat benturan atau pukulan serta proses kerja yang mengubah struktur komposit sehingga menjadi keras pada pengujian impak.

Beberapa syarat untuk dapat memperkuat matriks antara lain :

1. Mempunyai modulus elastisitas yang tinggi.
2. Kekuatan lentur yang tinggi.
3. Perbedaan kekuatan diameter serat harus relatif sama.
4. Mampu menerima perubahan gaya dari matriks dan mampu menerima gaya yang bekerja padanya.

2.6.2 Serat *Fiberglass*

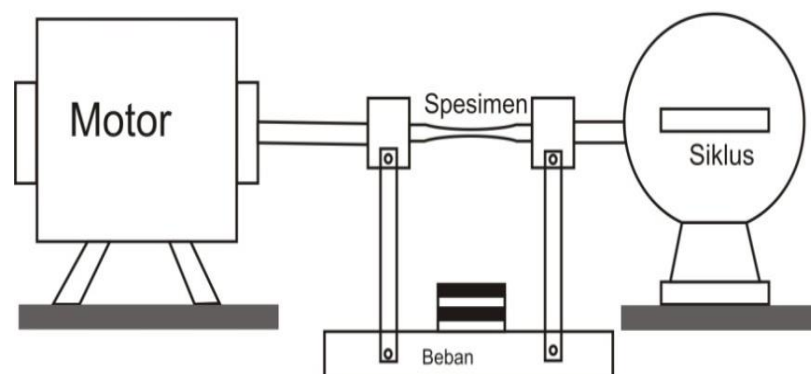
Fiberglass merupakan bahan paduan atau campuran beberapa bahan kimia (bahan komposit) yang bereaksi dan mengeras dalam waktu tertentu. Bahan ini mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan bahan logam, diantaranya : lebih ringan, lebih mudah dibentuk, dan lebih murah.

Fiberglass atau serat kaca telah dikenal orang sejak lama, dan bahkan peralatan-peralatan yang terbuat dari kaca mulai dibuat sejak awal abad ke 18. *Fiberglass* mempunyai sifat-sifat yang memenuhi syarat untuk bahan industri, seperti kekuatannya tinggi, elastis, dan tahan terhadap temperatur tinggi.

Pemanfaatan *fiberglass* untuk produk otomotif sudah sangat luas, tidak hanya untuk pembuatan bodi kendaraan akan tetapi juga untuk berbagai komponen kendaraan yang lain. Penggunaan yang paling populer memang untuk membuat komponen bodi kendaraan. Selain anti karat, juga lebih tahan benturan, mudah dibentuk, bila rusak akan lebih mudah diperbaiki, dan lebih ringan.

2.7 Klasifikasi *Rotary Bending Fatigue Machine*

Pada penelitian ini alat uji yang digunakan adalah *rotary bending fatigue machine* dimana pengujian terhadap material dilakukan dengan memutar material dan memberikan pembebanan secara berulang-ulang sehingga terjadinya retakan awal hingga patahan total. alat uji fatik tipe rotary bending dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Skema alat uji *rotary bending fatigue machine*

Komponen alat uji fatik :

rotary bending fatigue machine terdiri dari beberapa komponen diantaranya sebagai berikut:

1. Motor listrik
2. Cekam
3. Spesimen
4. Beban
5. Pencatat siklus

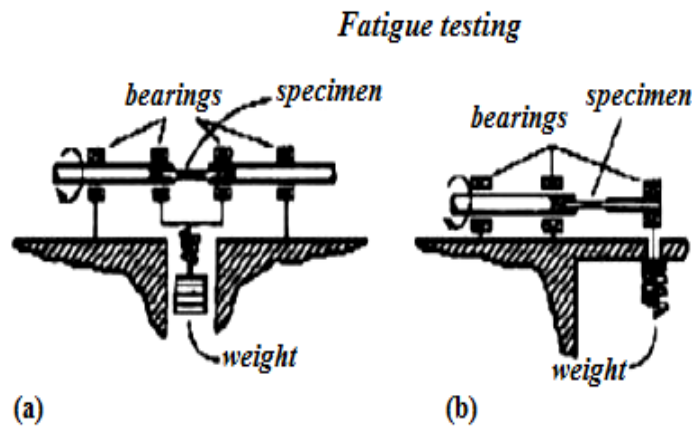
2.8 Jenis-Jenis Mesin Pengujian Fatik

2.8.1. Axial (Direct-Stress)

Mesin uji fatik ini memberikan tegangan atau pun regangan yang uniform kepenampangnya. Untuk penampang yang sama penguji ini harus dapat memberikan beban yang lebih besar dibandingkan mesin lentur statik dengan maksud untuk mendapatkan tegangan yang sama.

2.8.2 Bending fatigue machines

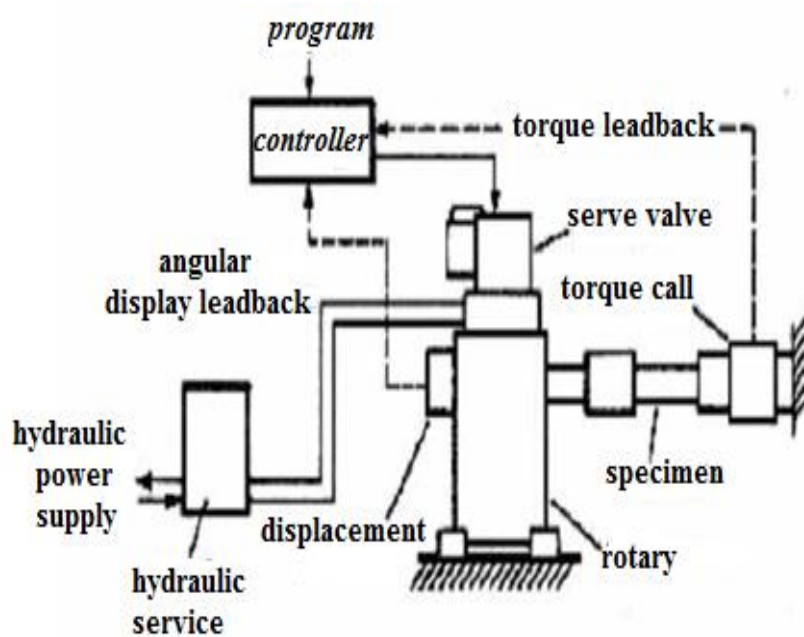
Diman alat uji ini menggunakan spesimen yang memiliki bagian yang mengecil baik pada lebar,tebal maupun diameternya, yang mengakibatkan bagian daerah yang diuji memiliki tegangan yang seragam hanya dengan pembebanan yang rendah dibandingkan lenturan fatik yang seragam dengan bagian ukuran yang sama. Seperti pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Bending fatigue machines

2.8.3. *Torsional Fatigue 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. Seperti pada gambar 2.5



Gambar 2.5 *Torsional Fatigue Testing Machines*

2.8.4. *Special purpose fatigue testing machines*

Dirancang khusus untuk tujuan tertentu kadang-kadang modifikasi dari mesin fatik yang sudah ada.

2.8.5. *Multiaxial fatigue testing machines*

Mesin ini dirancang untuk pembebanan atau lebih dengan maksud untuk menentukan sifat logam dibawah tegangan *biaxial/triaxial*.

BAB 3

METODE PENELITIAN

Dalam Bab 3 ini menjelaskan tentang metode-metode dan tentang peralatan dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini, serta prosedur yang harus dilakukan untuk mencapai tujuan dari pengujian ini.

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 dan pembuatan spesimen komposit ini dimulai atas persetujuan yang diberikan oleh pembimbing mulai dari perencanaan, pengambilan data, pengolahan data, dan proses pengujian leleh material komposit menggunakan *Rotary Bending Fatigue Machine* sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

N0	Kegiatan	Bulan						
		8	9	10	11	12	1	2
1.	Pengajuan Judul							
2.	Studi Literatur							
3.	Penyiapan Alat dan bahan							
4.	Pembuatan spesimen komposit							
5.	Pengujian Spesimen							
6.	Penyelesaian/penulisan Skripsi							

3.2 Diagram Alir Penelitian

Adapun tahapan-tahapan dalam melakukan penelitian seperti ditunjukkan pada diagram alir di bawah ini

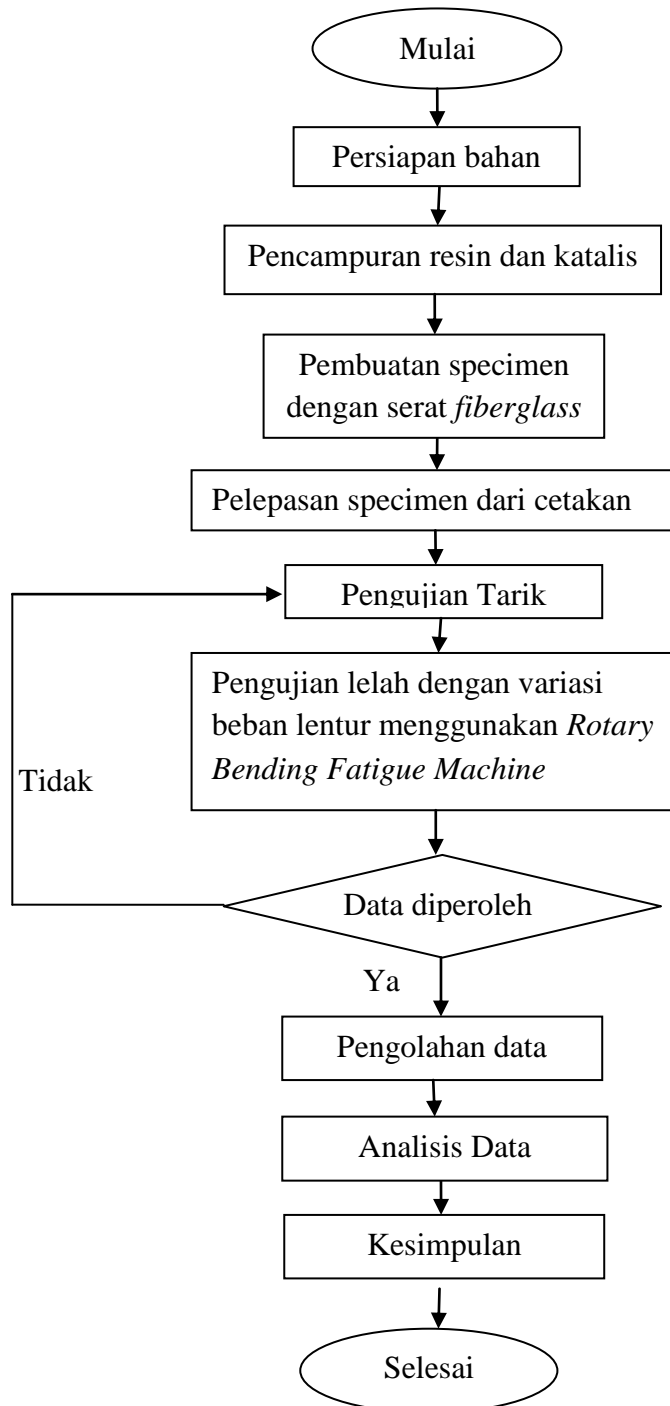
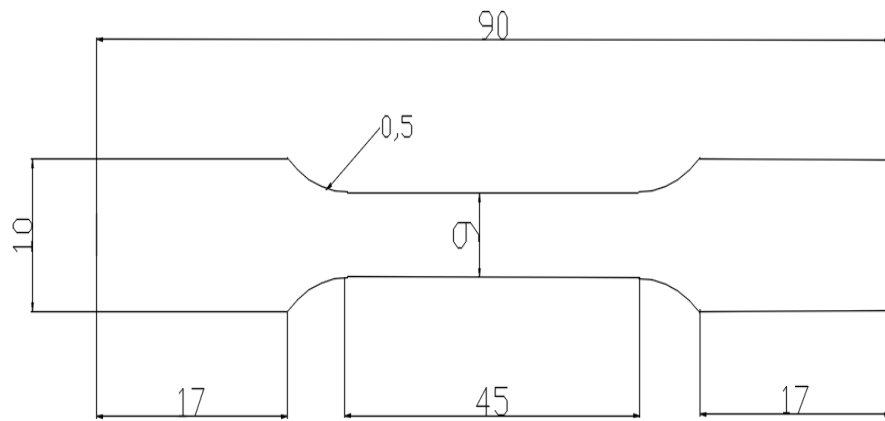


Diagram 3.1 Diagram alir penelitian

3.3 Bahan Dan Alat

3.3.1 Bahan

Adapun bahan-bahan yang dipakai dalam pembuatan komposit ini serta bentuk skema benda uji ada pada gambar 3.2 sebagai berikut :



Gambar 3.2 Skema benda uji

1. Serat fibreglass

Bahan serat penguat komposit yang dipakai dalam pengujian ini adalah serat fibreglass ada pada gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 3.3 Serat fiberglass

2. Resin R2250

Bahan perekat spesimen yang digunakan dalam pengujian ini yaitu resin R2250 yang berfungsi sebagai matrik berkekuatan tinggi ada pada gambar 3.4 sebagai berikut.



Gambar 3.4 Resin

3. Katalis

Dalam penelitian ini menggunakan katalis sebagai bahan perlengkapan dalam penelitian ini yang dimana katalis berfungsi untuk mempercepat proses pengeringan dengan cara katalis dicampurkan kedalam resin yang telah disediakan . Jenis katalis yang digunakan adalah jenis MEKPO ada pada gambar 3.5 sebagai berikut.



Gambar 3.5 Katalis

4. Paste Wax

Paste Wax berfungsi untuk melapisi cetakan sehingga setelah proses pembuatan komposit tidak melekat dan mudah dilepas dari cetakan ada pada gambar 3.6 sebagai berikut.



Gambar 3.6 Paste wax

3.3.2 Alat

1. Cetakan Spesimen

Alat yang digunakan untuk mencetak specimen komposit ada pada gambar 3.7 sebagai berikut.



Gambar 3.7 Cetakan Spesimen

2. Kuas

Alat yang digunakan untuk membersihkan cetakan spesiemen komposit dan untuk melapisin cetakan dengan *paste was* ada pada gambar 3.8 sebagai berikut.



Gambar 3.8 Kuas

3. Sekrap

Alat yang digunakan untuk membersihkan kerak-kerak dari sisa kotoran pembuatan spesimen ada pada gambar 3.9 sebagai berikut.



Gambar 3.9 Sekrap

4. Masker

Alat yang berfungsi untuk melindungi hidung saat proses pembuatan bahan komposit ada pada gambar 3.10 sebagai berikut.



Gambar 3.10 Masker

5. *Rotary Bending Fatigue Mechine.*

Mesin *rotary bending fatigue* disini berfungsi untuk menguji material dan mengetahui batas lelah material yang bermula dari *crack* sampai dengan perambatan *crack* ada pada gambar 3.11 sebagai berikut.



Gambar 3.11 *Rotary Bending Fatigue Mechine.*

Bagian-bagian dari mesin rotary bending adalah sebagai berikut:

a) Motor

Motor berfungsi sebagai pengubah sumber energi panas menjadi tenaga penggerak. Digunakan untuk menggerakkan *chuck* (cekam) pada proses pengujian kelelahan dengan menggunakan *rotary bending fatigue machine* ada pada gambar 3.12 sebagai berikut



Gambar 3.12 Motor

b) *Chuck* (cekam)

Cekam atau *chuck* berfungsi sebagai pengikat atau untuk mencekam benda uji pada pengujian *rotary bending fatik* ada pada gambar 3.13 sebagai berikut.



Gambar 3.13 *Chuck* (cekam)

c) Indicator section

Indicator section berfungsi sebagai tempat melihat putaran atau siklus yang terjadi pada pengujian kelelahan ada pada gambar 3.14 sebagai berikut.



Gambar 3.14 Indicator section

d) Beban

Beban yang digunakan pada pengujian ini bervariasi yaitu: Beban dengan bobot 1 kg, 2 kg, dan 3 kg ada pada gambar 3.15 sebagai berikut.



Gambar 3.15 Beban

e) Rangka

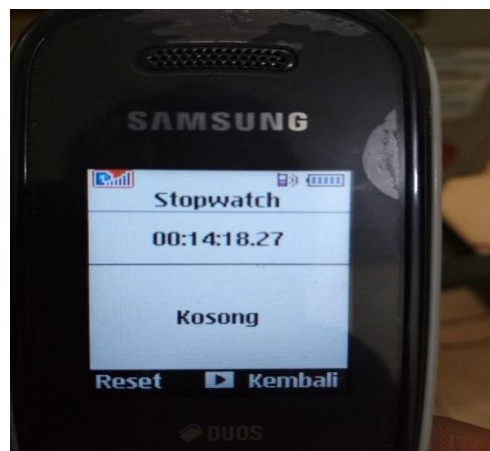
Rangka berfungsi sebagai penahan dari mesin *rotary bending fatigue* yang berupa beban cekam motor poros dan *indicator section* ada pada gambar 3.16 sebagai berikut.



Gambar 3.16 Rangka

6. Stopwatch

Stopwatch berfungsi untuk menghitung lama waktu pengujian fatik dengan menggunakan mesin *rotary bending fatigue* ada pada gambar 3.17 sebagai berikut.



Gambar 3.17 Stopwatch

7. Sigmat/ jangka sorong

Jangka sorong disini berfungsi untuk mengukur dimensi spesimen pengujian ada pada gambar 3.18 sebagai berikut.



Gambar 3.18 Sigmat/ jangka sorong

8. 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 ada pada gambar 3.19 sebagai berikut.



Gambar 3.19 Sarung tangan

9. Kunci inggris

Kunci inggris digunakan untuk mengunci/mengencangkan beban dan spesimen yang terpasang pada mesin *rotary bending fatigue* ada pada gambar 3.20 sebagai berikut.



Gambar 3.20 Kunci inggris

10. Kunci *chuck*/cekam

Kunci *chuck* digunakan untuk mengunci/ mengencangkan spesimen yang terpasang pada *rotary bending fatigue machine* ada pada gambar 3.21 sebagai berikut.



Gambar 3.21 Kunci *chuck*/cekam

11. Mesin uji tarik

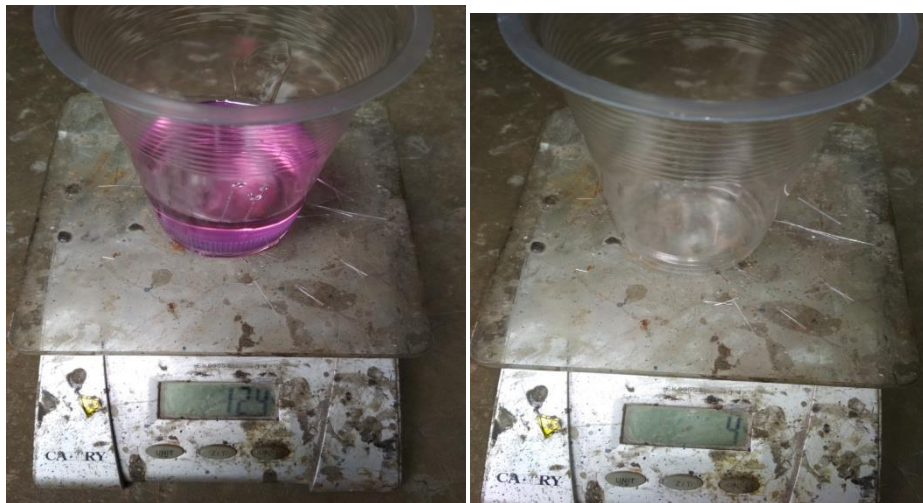
Mesin uji tarik disini berfungsi untuk menguji specimen yang bertujuan mencari nilai *Ultimate Tensile Strength* yang akan di bebaskan pada pengujian rotary bending ada pada gambar 3.22 sebagai berikut.



Gambar 3.22 Mesin uji tarik

3.4 Pembuatan Bahan Komposit

Adapun pada pembuatan specimen komposit ini memiliki perbandingan resin dan serat fiberglass nya yaitu: 120 gram resin berbanding 9 gram serat fiberglass. Ada pada gambar 3.23 dan 3.24 sebagai berikut:



Gambar 3.23 Resin dengan berat 120 gram



Gambar 3.24 Fiberglass dengan berat 9 gram

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan specimen adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan serat fibreglass.
2. Mempersiapkan cetakan.
3. Melapisi alat cetakan dengan menggunakan *paste wax* agar komposit yang dihasilkan mudah di lepas dari cetakan saat sudah kering ada pada gambar 3.25 sebagai berikut.



Gambar 3.25 Melapisi cetakan dengan *paste wax*

4. Menuang resin ke dalam wadah/cup gelas ada pada gambar 3.26 sebagai berikut.



Gambar 3.26 Menuang resin ke wadah/cup

5. Mencampurkan katalis dengan resin lalu mengaduknya hingga merata ada pada gambar 3.27 sebagai berikut.



Gambar 3.27 Mencampur resin dan katalis

6. Menuangkan lapisan resin pertama ke cetakan lalu letakan serat fibreglass di atasnya ada pada gambar 3.28 sebagai berikut.



Gambar 3.28 Menuangkan lapisan resin pertama

7. Mengatur jarak peletakan serat yang pertama dan yang kedua serta seterusnya sesuai ukuran dan melapisi serat tersebut dengan campuran resin dan katalis.
8. Membiarkan komposit mengeras seluruhnya, setelah komposit mengeras dan kering baru diangkat dari cetakannya.

9. Mengulangi langkah-langkah no 1 sampai dengan no 7 untuk pembuatan komposit selanjutnya.
10. Pengeringan komposit diluar cetakan selama ± 2 hari atau sampai benar-benar mengeras.
11. Adapun hasil pembuatan specimen komposit ada pada gambar 3.29 dan hasil specimen yang sudah di lakukan pembubutan ada pada gambar 3.30 sebagai berikut:



Gambar 3.29 Bentuk specimen komposit



Gambar 3.30 Bentuk specimen yang sudah di bubut

3.5 Pengujian Tarik

Langkah-langkah uji tarik pada bahan komposit adalah sebagai berikut:

1. Pemberian tanda pada setiap specimen untuk menghindari kesalahan dalam pembacaan data.
2. Mensetting mesin uji tarik pada kedua pencengkam (*grip*) guna pemasangan specimen.
3. Memasang specimen uji tarik pada kedua *grip* mesin uji tarik.
4. Pencengkam (*grip*) berfungsi untuk menahan specimen uji tarik dan pastikan terjepit dengan benar dan rapat agar tidak terlepas serta terjadi kesalahan dalam proses pengujian.
5. Menjalankan mesin uji tarik.
6. Setelah patah , hentikan proses pengujian secepatnya.
7. Mencatat data yang muncul pada monitor pengujian.
8. Melepaskan specimen uji tarik dari jepitan pencengkram (*grip*).
9. Mengulangi langkah 1 sampai 8 guna melakukan uji tarik specimen selanjutnya.
10. Setelah selesai matikan mesin uji tarik.

Pengujian tarik di lakukan untuk mengetahui kekutan tarik (*tensile strength*) specimen komposit fibreglass, yang bertujuan untuk mencari nilai beban yang akan di bebaskan pada saat pengujian fatik.

3.6 Pengujian fatik

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

1. Memasang spesimen pada cekam *rotary bending fatigue machine*.
2. Memasang beban pada mesin *rotary bending fatigue*.
3. Menghidupkan mesin untuk memulai pengujian, pada saat yang bersamaan memulai penghitungan waktu dengan *stopwatch*.
4. Saat material patah matikan *stopwatch* dan mesin.
5. Mencatat waktu yang diperoleh dari *stopwatch*.
6. Mencatat putaran yang diperoleh dari indicator.
7. Menandai material untuk pengujian pertaman dan seterusnya.
8. Ulangi langkah 1 sampai dengan 7 untuk pengujian selanjutnya.
9. Catat seluruh data yang di hasilkan selama pengujian.
10. Setelah selesai matikan mesin dan rapikan kembali ke semula.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Tarik dan Pengujian Rotary Bending

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil pengujian tarik dan pengujian *Rotary Bending*, dimana beban yang akan di pakai dalam pengujian fatigue di dapat dari hasil pengujian tarik terlebih dahulu yang di lakukan terhadap 5 spesimen berbahan komposit. Dalam pengujian 12 spesimen fatigue komposit memiliki variasi beban yang berbeda yaitu ; 4 spesimen beban 1 kg, 4 spesimen beban 2 kg, 4 spesimen beban 3 kg.

4.2 Analisa Data Pengujian Tarik

Pengujian tarik yang di lakukan sebanyak 5 spesimen yang bertujuan untuk menentukan variasi beban dalam pengujian fatigue, dari hasil ini akan di ambil nilai rata-ratanya. Adapun analisa data pengujian tarik sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil uji tarik

No	Panjang mm	Diameter mm	Max. Force (kgf/mm ²)	Tensile Strenght (kgf/mm ²)
1	45	9	195,59	3,07
2	45	9	125,28	1,97
3	45	9	204,87	3,22
4	45	9	109,36	1,72
5	45	9	93,44	1,47



Gambar 4.1 Hasil pengujian tarik specimen komposit

4.2.1 Analisa Data Uji Tarik Spesimen Komposit

- Spesimen pengujian 1 komposit

$$F_{maks} = 195,59 \text{ kgf}$$

$$A = 63,62 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 45 \text{ mm}$$

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

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

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

Tegangan (σ)

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

$$\sigma = \frac{195,59 \text{ kgf} \cdot 9,8067 \text{ N},}{63,62 \text{ mm}^2} = 30,149 \text{ N/mm}^2$$

Regangan (ϵ)

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

$$\epsilon = \frac{5,044mm}{45mm} = 0,1120mm$$

Modulus Elastisitas (E)

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

$$E = \frac{30,149kgf/mm^2}{0,1120mm} = 269,189N/mm^2$$

- Spesimen pengujian 2 Komposit

$$F_{maks} = 125,28 \text{ kgf}$$

$$A = 63,62 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 45 \text{ mm}$$

$$\Delta l = 16,260 \text{ mm (data dari hasil pengujian)}$$

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

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

Tegangan (σ)

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

$$\sigma = \frac{125,28kgf \cdot 9,8067N,}{63,62mm^2} = 19,311N/mm^2$$

Regangan (ϵ)

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

$$\epsilon = \frac{16,260mm}{45mm} = 0,3613mm$$

Modulus Elastisitas (E)

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

$$E = \frac{19,311kgf/mm^2}{0,3613mm} = 53,448N/mm^2$$

- Spesimen pengujian 3 Komposit.

$$F_{maks} = 204,87kgf$$

$$A = 63,62 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 45 \text{ mm}$$

$$\Delta l = 3,145 \text{ mm (datadarihasilpengujian)}$$

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

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

Tegangan (σ)

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

$$\sigma = \frac{204,87kgf \cdot 9,8067N}{63,62mm^2} = 31,579N/mm^2$$

Regangan (ϵ)

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

$$\epsilon = \frac{3,145mm}{45mm} = 0,0698mm$$

Modulus Elastisitas (E)

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

$$E = \frac{31,579kgf/mm^2}{0,0698mm} = 452,421N/mm^2$$

- Spesimen pengujian 4 Komposit

$$F_{maks} = 109,36kgf$$

$$A = 63,62 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 45 \text{ mm}$$

$$\Delta l = 3,026 \text{ mm (data dari hasil lpengujian)}$$

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

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

Tegangan (σ)

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

$$\sigma = \frac{109,36kgf \cdot 9,8067N}{63,62mm^2} = 16,857N/mm^2$$

Regangan (ϵ)

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

$$\epsilon = \frac{3,026mm}{45mm} = 0,06724mm$$

Modulus Elastisitas (E)

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

$$E = \frac{16,857kgf/mm^2}{0,06724mm} = 250,698N/mm^2$$

- Spesimen pengujian 5 Komposit

$$F_{maks} = 93,44 \text{ kgf}$$

$$A = 63,62 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 45 \text{ mm}$$

$$\Delta l = 1,958 \text{ mm (data dari hasil pengujian)}$$

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

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

Tegangan (σ)

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

$$\sigma = \frac{93,44kgf \cdot 9,8067N,}{63,62mm^2} = 14,403N/mm^2$$

Regangan (ϵ)

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

$$\epsilon = \frac{1,958mm}{45mm} = 0,04351mm$$

Modulus Elastisitas (E)

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

$$E = \frac{14,403kgf/mm^2}{0,04351mm} = 331,027N/mm^2$$

Dari hasil pengujian tarik diambil nilai rata-rata dari grafik tensile strength.

Hasil dari nilai rata-rata diatas adalah sebagai berikut.

$$\frac{3,07 + 1,97 + 3,22 + 1,47 + 1,72}{5} = 2,29 \text{ kgf} / \text{mm}^2$$

Hasil nilai diatas akan diambil dari beberapa persen mulai dari 15 %, 30 %, 45 % untuk menentukan beban yang diberikan pada pengujian fatigue. Hasil dari perhitungan dapat dilihat sebagai berikut;

$$15\% \text{ dari } 2,29 = 0,3435 \text{ kgf} / \text{mm}^2$$

$$30\% \text{ dari } 2,29 = 0,687 \text{ kgf} / \text{mm}^2$$

$$45\% \text{ dari } 2,29 = 0,916 \text{ kgf} / \text{mm}^2$$

1. Pengujian 1. 15% dari $2,29 = 0,345 \text{ kgf/mm}^2$ untuk menentukan beban fatigue:

$$W = \frac{\pi}{32/\frac{l}{2}} \cdot d^3 \times 0,3435$$

$$W = \frac{\pi}{32/\frac{45}{2}} \times 9^3 \times 0,3435$$

$$W = \frac{\pi}{32/22,5} \times 729 \times 0,3435$$

$$W = 3,179 \times 0,3435$$

$$W = 1,09 \text{ kg}$$

Di bulatkan menjadi $W = 1 \text{ kg}$

2. Pengujian 2. 30% dari $2,29 = 0,687 \text{ kgf/mm}^2$ untuk menentukan beban fatigue:

$$W = \frac{\pi}{32/\frac{l}{2}} \cdot d^3 \times 0,687$$

$$W = \frac{\pi}{32/\frac{45}{2}} \times 9^3 \times 0,687$$

$$W = \frac{\pi}{32/22,5} \times 729 \times 0,687$$

$$W = 3,179 \times 0,678$$

$$W = 2,18 \text{ kg}$$

Di bulatkan menjadi $W = 2 \text{ kg}$

3. Pengujian 3. 45% dari 2,29 = 0,916 kgf/mm² untuk menentukan beban fatigue:

$$W = \frac{\pi}{32/\frac{l}{2}} \cdot d^3 \times 0,916$$

$$W = \frac{\pi}{32/\frac{45}{2}} \times 9^3 \times 0,916$$

$$W = \frac{\pi}{32/22,5} \times 729 \times 0,916$$

$$W = 3,179 \times 0,916$$

$$W = 2,91 \text{ kg}$$

Di bulatkan menjadi $W = 3 \text{ kg}$

4.3 Pengujian Kelelahan (fatigue)

Adapun data nilai pembebanan yang akan di berikan terhadap specimen dalam pengujian *rotary bending* adalah sebagai berikut:

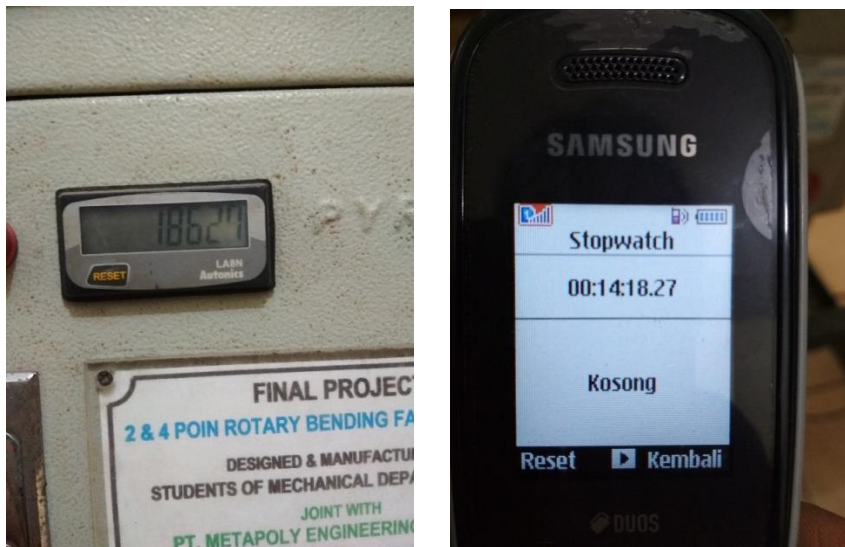
Tabel 4.2 Data Nilai Pembebanan

No.	W (Kg)	D (mm)	L (mm)
1.	1 Kg	9	90
2.	2 Kg	9	90
3.	3 Kg	9	90

4.3.1 Pengujian Kelelahan (fatigue)

Penyelesaian pengujian 1 :

Pengujian kesatu menggunakan beban 1 kg dengan siklus 18627 putaran dan waktu 14,18 menit

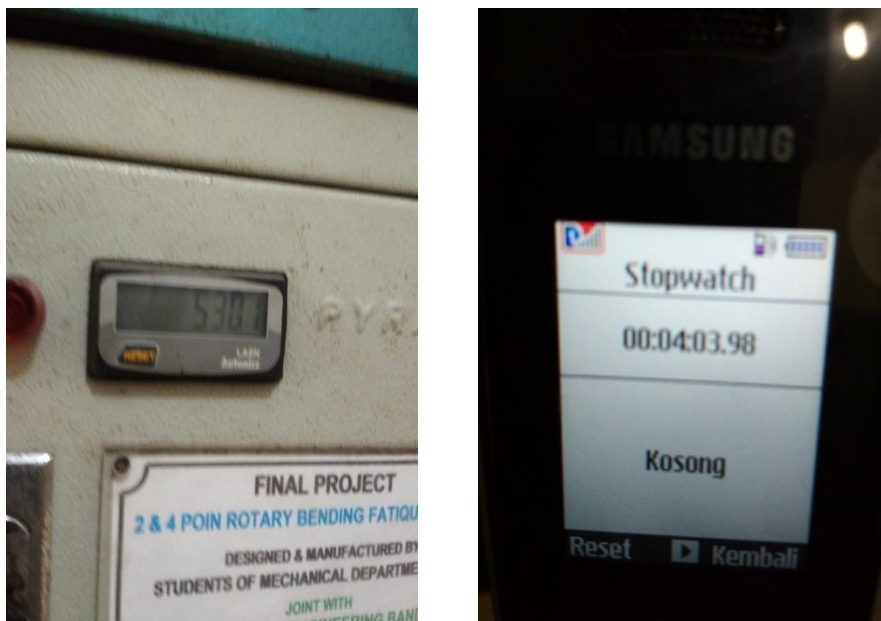


Gambar 4.2 siklus dan waktu dengan pembebanan 1 kg

$$\begin{aligned}
\sigma &= \frac{WL/2}{\pi/32d^3} \\
&= \frac{1kg.9cm/2}{3,14/32.0,9^3 cm} \\
&= \frac{1kg.4,5cm}{0,0981.0,729cm} \\
&= \frac{4,5kg.cm}{0,07151cm} \\
&= 62,928kg/cm^2 \\
&= 6,292Mpa
\end{aligned}$$

Penyelesaian pengujian 2 :

Pengujian kedua menggunakan beban 2 kg dengan siklus 5301 putaran dan waktu 4,03 menit.

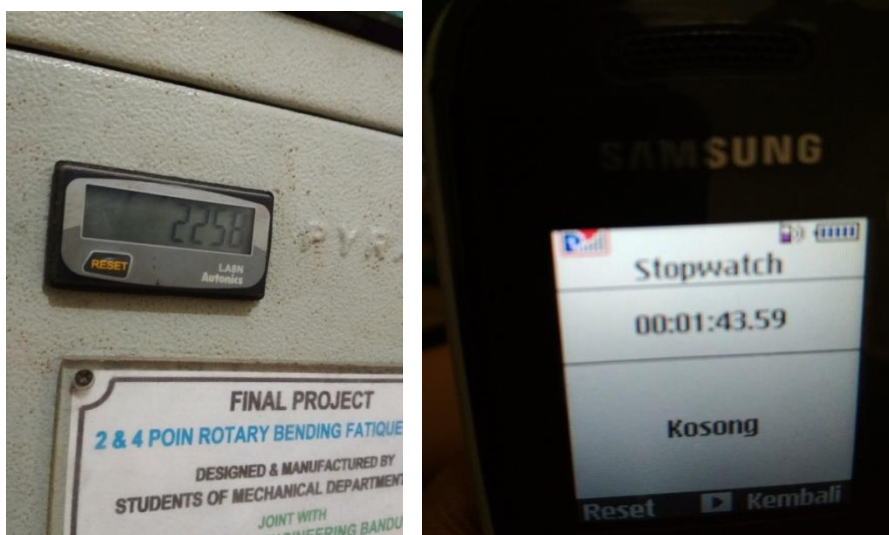


Gambar 4.3 siklus dan waktu dengan pembebanan 2 kg

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{WL/2}{\pi/32d^3} \\ &= \frac{2kg \cdot 9cm / 2}{3,14 / 32 \cdot 0,9^3 cm} \\ &= \frac{2kg \cdot 4,5cm}{0,0981 \cdot 0,729cm} \\ &= \frac{9kg \cdot cm}{0,07151cm} \\ &= 125,85kg / cm^2 \\ &= 12,58Mpa\end{aligned}$$

Penyelesaian pengujian 3 :

Pengujian kedua menggunakan beban 3 kg dengan siklus 2258 putaran dan waktu 1,43 menit.



Gambar 4.4 siklus dan waktu dengan pembebanan 3 kg

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{WL/2}{\pi/32d^3} \\ &= \frac{3kg \cdot 9cm / 2}{3,14 / 32 \cdot 0,9^3 cm} \\ &= \frac{3kg \cdot 4,5cm}{0,0981 \cdot 0,729cm} \\ &= \frac{13,5kg \cdot cm}{0,07151cm} \\ &= 188,78kg / cm^2 \\ &= 18,87Mpa\end{aligned}$$

4.3.2 Data Hasil Pengujian Fatigue

Hasil pengujian pada material komposit telah dilakukan dengan menggunakan mesin *rotary bending fatigue machine*. Data hasil pengujian kelelahan di tunjukkan pada tabel 4.2. dan hasil patahan specimen saat pengujian pada gambar 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Kelelahan

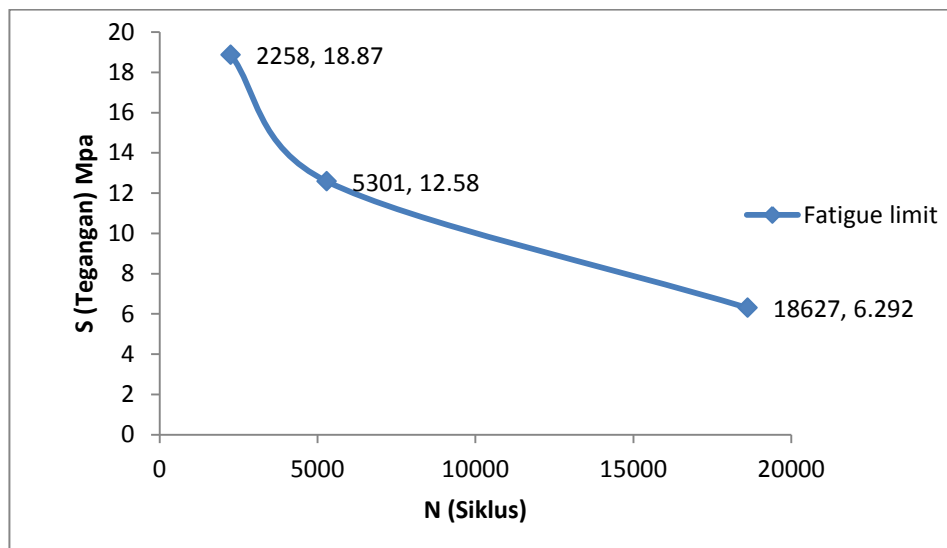
No.	W (kg)	σ (Mpa)	Siklus	T (Menit)
1.	1 kg	6,292	18627	14,18
2.	2 kg	12,58	5301	04,03
3.	3 kg	18,87	2258	01,43



Gambar 4.5 Patahan specimen pengujian *Fatigue*

4.4 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 komposit 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 4.6 Grafik kurva S-N

Dari gambar 4.4 diatas dapat dilihat, hasil pengujian kelelahan (*Fatigue*) spesimen komposit dengan beban 1 kg yang di dapat 15% dari nilai rata-rata mendapat Tegangan 6,292 Mpa, Siklus 18627 dalam waktu 14,18 menit. Pada beban 2 kg di dapat tegangan 12,58 Mpa, Siklus 5301 dalam waktu 4,03 menit. Pada beban 3 kg di dapat Tegangan 18,87 Mpa, Siklus 2258 dalam waktu 1,43 menit, Maka semakin besar beban maka akan semakin cepat siklus dan putaran yang terjadi.

4.5 Data keseluruhan hasil uji *fatigue*

Data keseluruhan hasil pengujian kelelahan (*fatigue*) specimen komposit dapat di lihat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Data keseluruhan pengujian kelelahan (*fatigue*)

No	SPESIMEN	BEBAN	SIKLUS	WAKTU
1	Komposit 1	1 kg	18627	14,18
2	Komposit 2	1 kg	22970	17,19
3	Komposit 3	1 kg	21299	15,40
4	Komposit 4	1 kg	15543	11,30
	Nilai rata-rata		19609,75	14,51
5	Komposit 1	2 kg	5301	4,03
6	Komposit 2	2 kg	10109	6,52
7	Komposit 3	2 kg	9809	6,29
8	Komposit 4	2 kg	8182	5,43
	Nilai rata-rata		8350,25	5,56
9	Komposit 1	3 kg	2258	1,43
10	Komposit 2	3 kg	3447	2,19
11	Komposit 3	3 kg	6083	4,06
12	Komposit 4	3 kg	2546	2,00
	Nilai rata-rata		3583,5	2,42

Pada tabel 4.3 menjelaskan hasil pengujian fatigue dengan specimen berbahan komposit yang berjumlah 12 specimen dengan pembebanan yang bervariasi yakni : 1 kg, 2 kg, 3 kg. dengan jumlah pengujian 4 specimen untuk masing masing beban. Untuk specimen komposit beban 1 kg di dapat rata-rata waktu pengujian dengan siklus 19609,75 putaran dan waktu 14,51 menit. Untuk specimen komposit beban 2 kg di dapat rata-rata waktu pengujian dengan siklus

8350,25 putaran dan waktu 5,56 menit. Untuk specimen komposit beban 3 kg di dapat rata-rata waktu pengujian dengan siklus 3583,5 putaran dan waktu 2,42 menit.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian uji kelelahan dengan material komposit menggunakan mesin *rotary bending fatigue mechine* adalah sebagai berikut:

1. Hasil dari pengujian *fatigue* beban 1 kg material komposit didapat rata-rata siklus 19609,75 dan waktu 14.51 menit.
2. Hasil dari pengujian *fatigue* beban 2 kg material komposit didapat rata-rata siklus 8350,25 dan waktu 5.56 menit.
3. Hasil dari pengujian *fatigue* beban 3 kg material komposit didapat rata-rata siklus 3583,5 dan waktu 2.42 menit.
4. Dari hasil pengujian kelelahan *Fatigue* yang telah di lakukan bahwa pada specimen dengan beban 1 kg adalah yang paling lama mengalami kelelahan sedangkan yang paling cepat terjadi pada specimen beban 3 kg.

5.2 SARAN

Adapun saran dari penelitian pengujian lelah material adalah:

1. Perlu dilakukan pengembangan yang lebih baik lagi terhadap mesin uji *rotary bending* agar dapat di gunakan secara maksimal.
2. Perlu di tingkatkan kembali dalam mengeksperimen komposit.
3. Diharapkan pada pengujian selanjutnya menggunakan lebih dari 1 spesimen komposit agar dapat membandingkan nilai kelelahannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Collins, J.A., 1981, failure of Material in Mechanical Design, Analysis predetection and prevention, John Wiley & Son, Inc US
- Dieter, George E, 1992, Metalurgi mekanik, jilid 1, edisi ketiga, ahli bahasa oleh Sriati Djafrie, Erlangga, Jakarta.
- Dowling, N.E., 1991, Mechanical Behaviour of Material, Prentice, New Jersey
- Haftirman, "Fatigue Strength of Steel in High Humidity Environment", Transaction of the Japan Society of Mechanical Engineers, Japan, 1995
- Hyer, M.W., 1998, Stress Analysis of Fiber-Reinforced Composite Materials, pen. McGeaw Hill.
- Surdia, T. (1995). Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Van, V. 2005. Ilmu dan teknologi bahan. Erlangga, Jakarta
- Zulhanif. 2002., Teses: Pengaruh Implantasi Ion Cromium Terhadap Ketahanan Fatigue Baja Karbon Rendah. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada.

LAMPIRAN

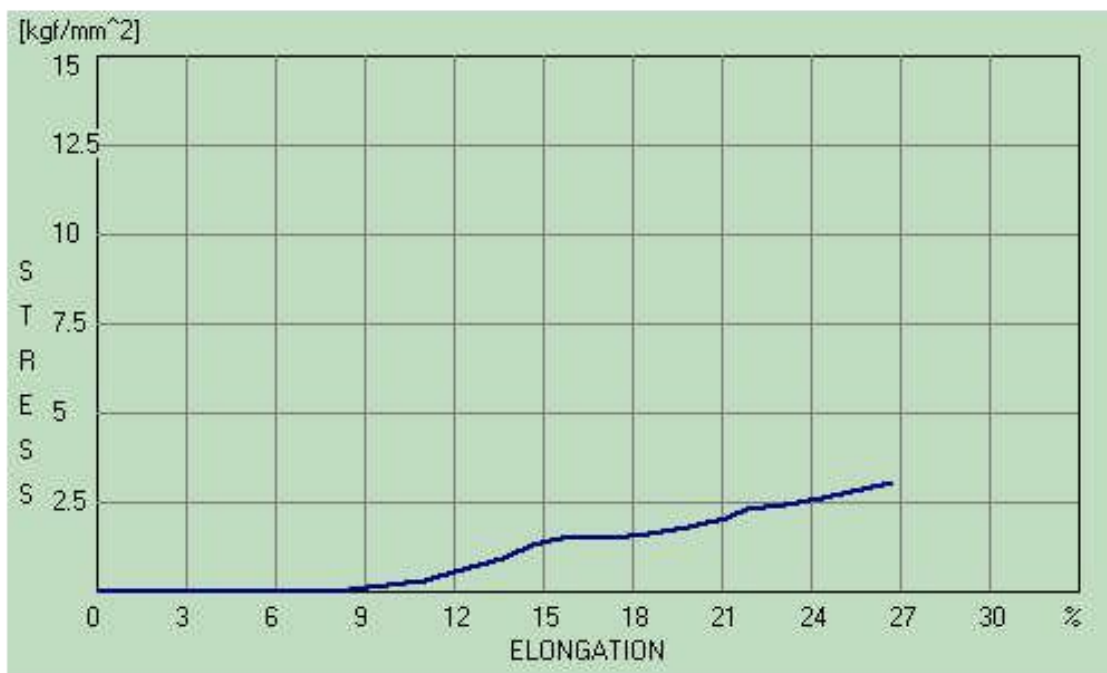


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

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

TEST REPORT

Test No. :	1	Max. Force :	195.59 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	195.59 (kgf)
Date Test :	14-12-2017 ; 20:1:35	Yield Strength :	0.19 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	3.07 (kgf/mm ²)
Area :	63.62 (mm ²)	Elongation :	26.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

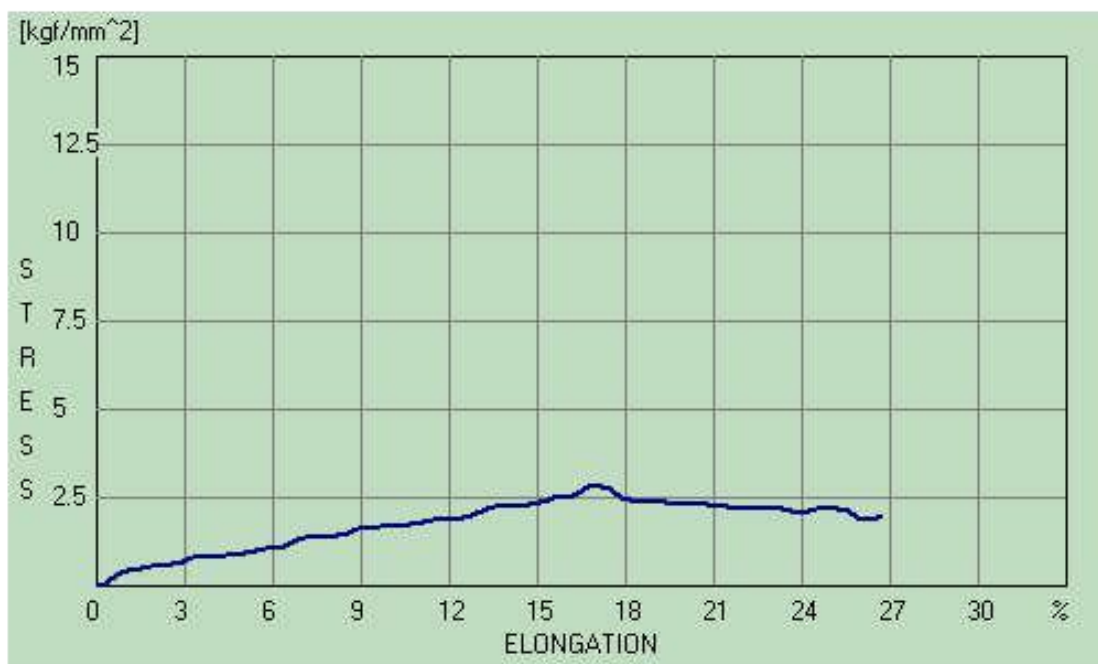


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

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

TEST REPORT

Test No. :	1	Max. Force :	125.28 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	125.28 (kgf)
Date Test :	14-12-2017 ; 19:55:19	Yield Strength :	0.19 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	1.97 (kgf/mm ²)
Area :	63.62 (mm ²)	Elongation :	26.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

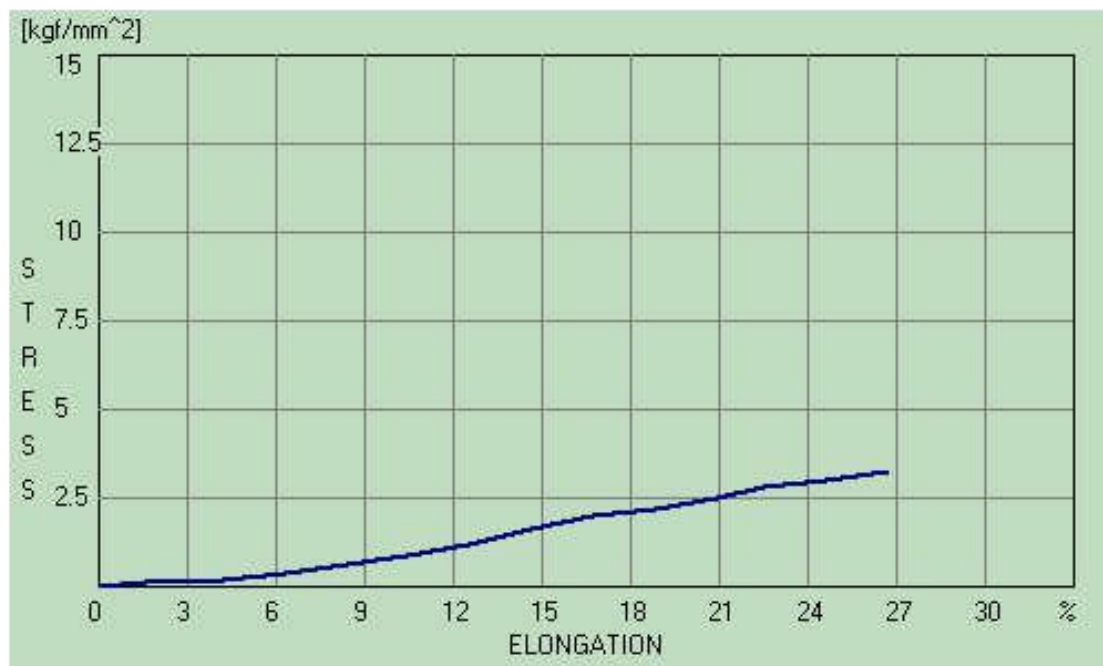


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

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

TEST REPORT

Test No. :	2	Max. Force :	204.87 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	204.87 (kgf)
Date Test :	14-12-2017 ; 20:5:28	Yield Strength :	0.19 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	3.22 (kgf/mm ²)
Area :	63.62 (mm ²)	Elongation :	26.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

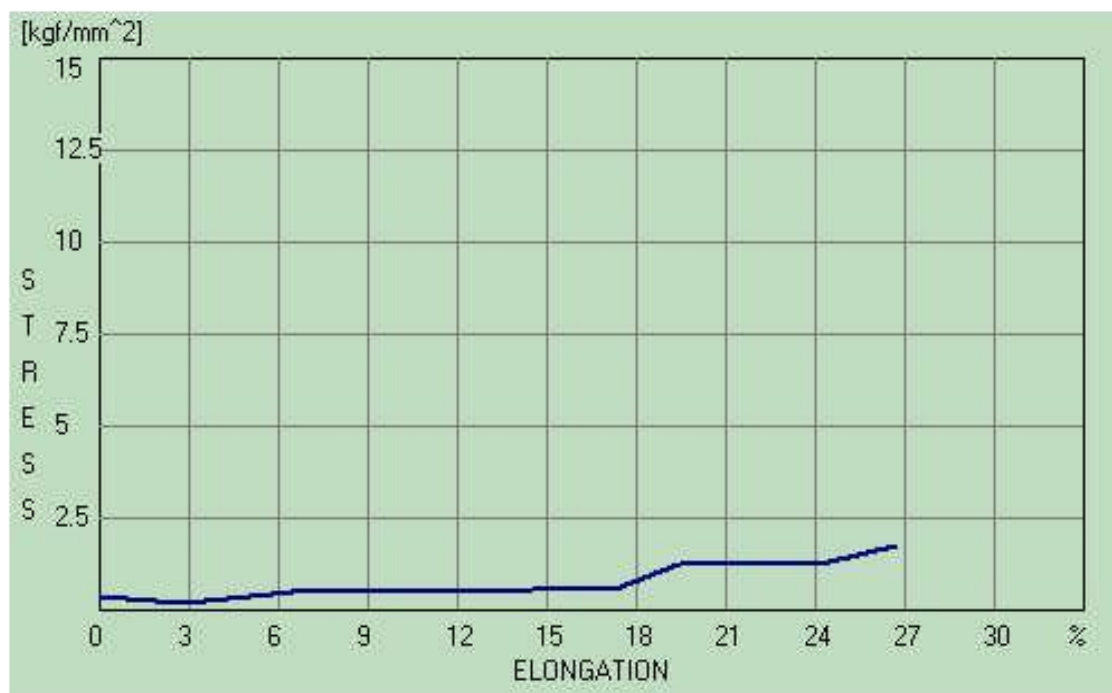


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

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

TEST REPORT

Test No. :	5	Max. Force :	109.36 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	109.36 (kgf)
Date Test :	14-12-2017 ; 20:21:28	Yield Strength :	0.19 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	1.72 (kgf/mm ²)
Area :	63.62 (mm ²)	Elongation :	26.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

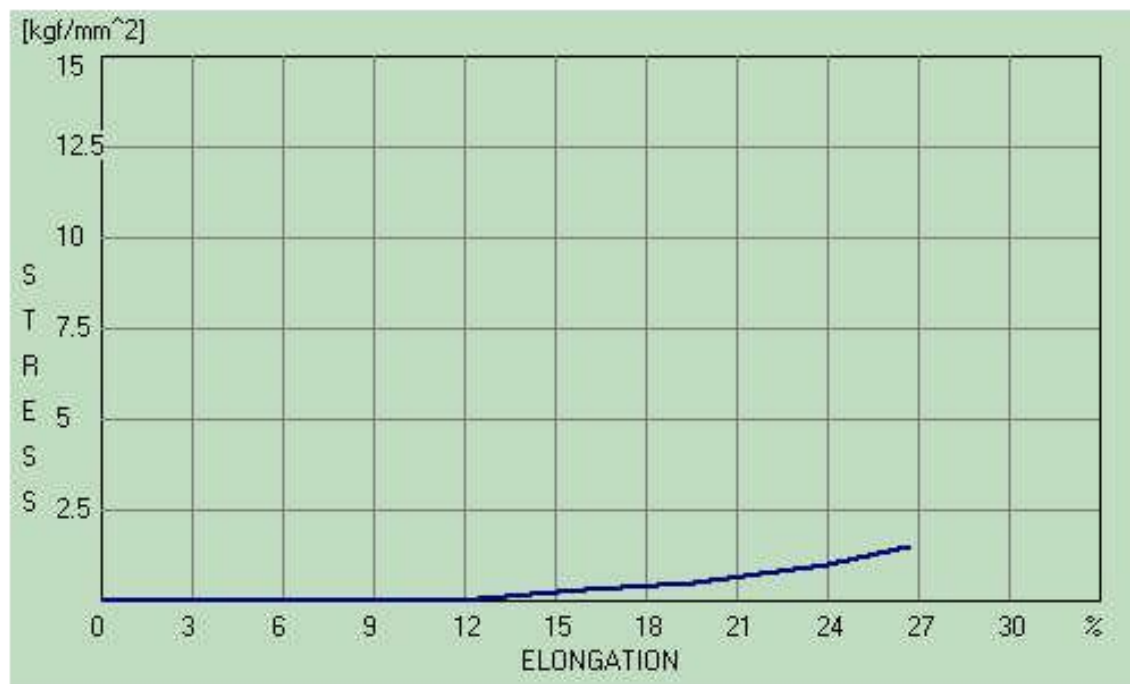


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

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

TEST REPORT

Test No. :	6	Max. Force :	93.44 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	93.44 (kgf)
Date Test :	14-12-2017 ; 20:24:7	Yield Strength :	0.19 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	1.47 (kgf/mm ²)
Area :	63.62 (mm ²)	Elongation :	26.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Dino Bryansyah
Alamat : Bah Birung Ulu
Jenis kelamin : Laki – laki
Umur : 22 Tahun
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Tempat dan Tgl. Lahir : Bah Birung Ulu, 29 Agustus 1995
Tinggi dan Berat Badan : 175 cm / 74 Kg
Kewarganegaraan : Indonesia
No.Telfon : 0812-7177-9984

ORANG TUA

Nama Ayah : Sutresno
Agama : Islam
Nama Ibu : Henni Saraswati
Agama : Islam
Alamat : Bah Birung Ulu

LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

2001-2007 : SD Negeri 091419 Bah Birung Ulu
2007-2010 : SMP Swasta Islam Bah Birung Ulu
2010-2013 : Madrasah Aliyah SWASTA YPI,
Kota Pematangsiantar
2013-2018 : Tercatat Sebagai Mahasiswa Program Studi Teknik
Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah
Sumatra Utara (UMSU)