

**PEMBUATAN DAN PENGUJIAN PIPA KOMPOSIT
BERBAHAN *CHOPPED STRAND MAT (CSM)* BERLAPIS KAIN MORI**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Fitra Andika
No. Mahasiswa : 18525055
NIRM : 2018040204

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2022

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya Fitra Andika menyatakan bahwa tugas akhir yang berjudul “Pembuatan Dan Pengujian Pipa Komposit Berbahan *Chopped Strand Mat (Csm)* Berlapis Kain Mori” adalah karya yang saya tulis dan saya susun dengan tangan saya sendiri. Dengan ini menyatakan dengan sungguh – sungguh dan tanpa adanya paksaan bahwa di dalam tugas akhir saya tidak adanya karya orang lain yang saya salin atau tiru. Apabila di kemudian hari pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai hukum yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta , 10 Desember 2022



Fitra Andika
18525055

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PEMBUATAN DAN PENGUJIAN PIPA KOMPOSIT BERBAHAN *CHOPPED STRAND MAT (CSM)* BERLAPIS KAIN MORI

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Fitra Andika
No. Mahasiswa : 18525055
NIRM : 2018040204

Yogyakarta, 9 Desember 2022

Pembimbing



(Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. IPP)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PEMBUATAN DAN PENGUJIAN PIPA KOMPOSIT BERBAHAN *CHOPPED STRAND MAT (CSM)* BERLAPIS KAIN MORI

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Fitra Andika

No. Mahasiswa : 18525055


NIRM : 2018040204

Tim Penguji


Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. IPP
Ketua


Tanggal: 28 Desember 2022

Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP
Anggota 1


Tanggal: 27 Desember 2022


Donny Suryawan, S.T., M.Eng.
Anggota 2


Tanggal: 22 Desember 2022

Mengetahui

Jurusan Teknik Mesin




Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan perasaan berbahagia dan rasa syukur yang sangat mendalam, tugas akhir ini saya persembahkan untuk agama, bangsa, dan negara, penuntut ilmu serta sebagai penghargaan bagi diri saya sendiri karena mampu melewati semua ini.

Dan teruntuk kedua orang tua tersayang dan tercinta ibunda Emidarwati dan ayahanda Asmal budrianto terima kasih atas doa, semangat, motivasi, pengorbanan, nasihat serta kasih sayang yang tidak pernah henti sampai saat ini.

Tugas akhir ini juga saya persembahkan untuk abang saya tercinta Nanda budrianto dan adik tersayang Mutiara Annisa yang selalu memberikan doa dan dukungan serta kasih sayang hingga saat ini.

Dan yang terakhir saya persembahkan untuk Sepya indah wulandari merupakan seseorang yang telah menemani, menyemangati dikala keputusan datang dan memberikan warna di kehidupan penulis, dan juga untuk seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

HALAMAN MOTTO

“ Tidak akan ada kesuksesan tanpa kerja keras ”

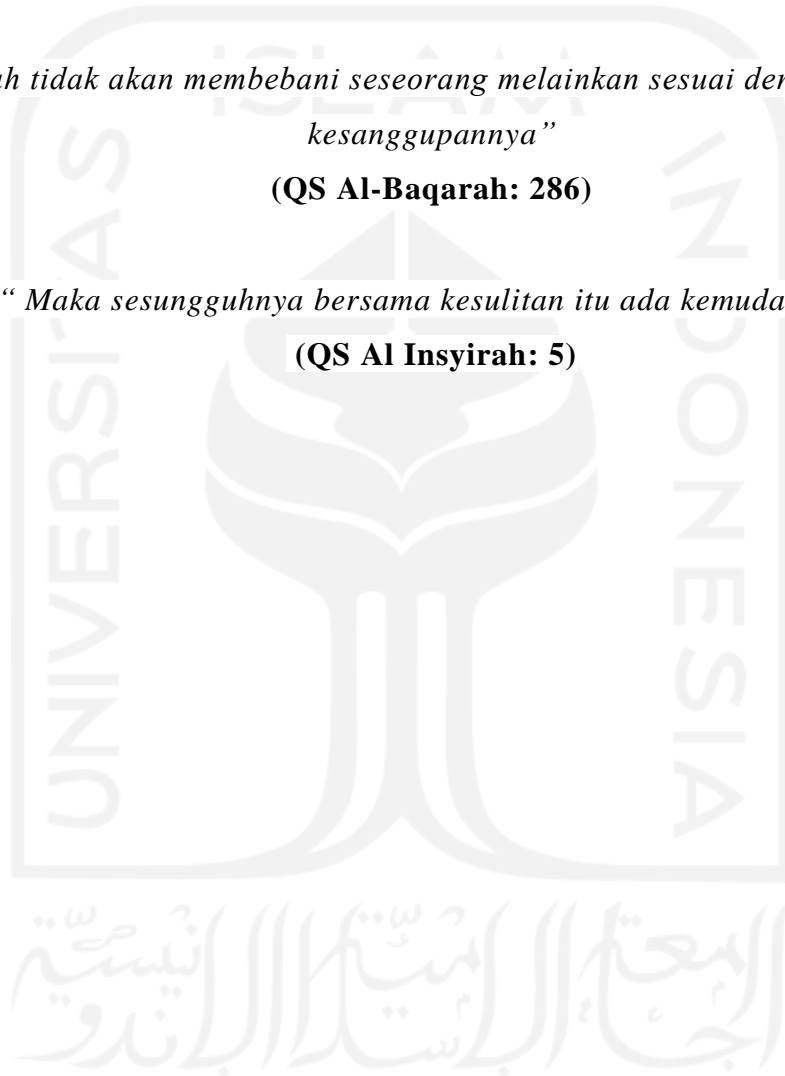
“ Kalau tujuan mu belum tercapai, janganlah pernah merubah tujuannya, tetapi rubahlah strateginya ”

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesanggupannya”

(QS Al-Baqarah: 286)

“ Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, ”

(QS Al Insyirah: 5)



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warrahmatullah wabarakatuh.

Puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan tugas akhir berjudul “ Pembuatan Dan Pengujian Pipa Komposit, berbahan serat kaca acak atau *Chopped Strand Mat (CSM)* Berlapis Kain Mori ”, meskipun dalam proses penelitian yang dilakukan oleh penulis mengalami beberapa kendala, alhamdulillah rabbil'alamin Allah SWT memberikan jalan keluar, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dan menyusun laporan tugas akhir.

Adapun tujuan dari penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan di program studi S1 Jurusan Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia. Untuk itu saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, tuhan semesta alam yang telah melimpahkan rahmat, nikmat serta hidayah – Nya.
2. Kepada kedua orang tua yang selalu mendukung dalam bentuk moril dan materil, dan tentunya doa yang tiada henti kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.
3. Kepada abang dan adik penulis yang telah memberikan doa dan semangat kepada penulis.
4. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin UII.
5. Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. IPP , selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah membimbing dan memberi arahan pada penulis dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh dosen prodi Teknik Mesin, yang telah memberikan ilmunya selama menempuh kuliah.
7. Siti ulfah chasanah dan Riski ramsah putra Teman sekelompok tugas akhir yang saling mendukung dan memotivasi antara satu sama lain.

8. Anang yusman, Reza hanafi, yang selalu ada dan menjadi tempat berkeluh kesah, konsultasi dan selalu memberi support dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
9. Untuk tim Gatotkaca UNISI yang telah membantu dan mensupport dalam proses produksi.
10. Seluruh teman prodi teknik mesin angkatan 2018 yang telah menjadi tempat berbagi ilmu dan pengalaman bagi penulis.
11. Untuk semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga dengan tersusunnya Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis khususnya, semua pihak yang membaca dan mempelajari tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan ini masih ada kekurangan, karena kesempurnaan hanyalah milik Allah SWT, untuk itu kritik dan saran membangun sangatlah penulis harapkan sehingga tugas akhir ini hampir mendekati kata sempurna. Trerimakasih.

Wassalamu 'alaikum warrahmatullah wabarakatuh.

Yogyakarta, 10 Desember 2022



Fitra andika

ABSTRAK

Perkembangan dunia industri yang semakin pesat membuat kebutuhan terhadap material komposit serat semakin meningkat. Oleh karena itu pengembangan terhadap material komposit perlu dilakukan, salah satu bentuk pengembangan tersebut dengan membuat komposit berbahan serat kaca acak atau *Chopped Strand Mat (CSM)* dengan lapisan kain mori, pemilihan kain mori dikarenakan kain mori adalah salah satu jenis kain yang menjadi bahan dasar dalam pembuatan batik, dengan harapan nantinya komposit ini memiliki lapisan luar bermotif batik, dan mampu menggantikan beberapa fungsi logam untuk ke depannya. Dikarenakan belum adanya pihak yang melakukan penelitian terkait komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori, oleh karena itu penelitian terkait pembuatan dan pengujian pipa dan spesimen uji tarik komposit, dengan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori ini di perlukan dan akan di lakukan pengujian tarik dan bending terhadap pipa komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori untuk mengetahui kekuatannya. Metode yang di gunakan dalam penelitian ini adalah metode hand lay up, metode ini banyak digunakan dalam proses pembuatan komposit dikarenakan metode ini sederhana dan tidak membutuhkan peralatan yang khusus dalam pengaplikasiannya. Setelah dilakukan pengujian bending terhadap pipa komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori dengan ASTM D790 diperoleh rata - rata nilai *bending stress* sebesar 69,15 MPa, regangan maksimum sebesar 0,55 % dan *section modulus* atau modulus tampang sebesar 1.752,2 MPa dan hasil pengujian tarik terhadap spesimen uji tarik dengan standar ASTM D638 di dapatkan rata - rata nilai kekuatan tarik sebesar 22,51 MPa, *young modulus* sebesar 0,41 GPa, regangan maksimum sebesar 5,41 % .

Kata Kunci: Pipa Komposit, Kain Mori, Serat Kaca, Uji *Bending*, Uji Tarik

ABSTRACT

The rapid development of the industrial world makes the need for fiber composite materials increasing. Therefore the development of composite materials needs to be done, one form of this development is by making composites made from random glass fiber or chopped strand mat (CSM) with a layer of mori cloth, the choice of mori cloth is because mori cloth is a type of cloth which is the basic material in making batik, with the hope that in the future this composite will have an outer layer with a batik pattern, and be able to replace some of the functions of metal in the future. Because there are no parties who have conducted research related to composites made from random glass fiber or chopped strand mat (CSM) with a layer of mori cloth, therefore research related to the manufacture and testing of pipes and composite tensile test specimens, with random glass fiber or chopped strand mat (CSM)) with a layer of mori cloth is required and a tensile and bending test will be carried out on a composite pipe made of random glass fiber or chopped strand mat (CSM) with a layer of mori cloth to determine its strength. The method used in this study is the hand lay up method, this method is widely used in the composite manufacturing process because this method is simple and does not require special equipment for its application. After bending testing of the composite pipe made of random glass fiber chopped strand mat (CSM) with a layer of mori cloth with astm D790, the average bending stress value is 69.15 MPa, maximum elongation is 0.55% and section modulus or section modulus is 1,752.2 MPa and the results of tensile testing of tensile test specimens with the ASTM D638 standard obtained an average tensile strength value of 22.51 MPa, young modulus 0,41 GPa, maximum elongation of 5.41% .

Keywords: Composite Pipe, Mori Fabric, Glass Fiber, Bending Test, Tensile Test

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar.....	vii
Abstrak	ix
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Notasi.....	xvi
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Komposit	6
2.2.2 Kain Mori	7
2.2.3 Teknik <i>Hand Lay-Up</i>	7
2.2.4 <i>Fiberglass (reinforcement)</i>	8
2.2.5 Matriks.....	9
2.2.6 Katalis.....	10
2.2.7 Pengujian <i>Bending</i> ASTM D 790.....	11
2.2.8 Pengujian Tarik ASTM D-638	13
2.2.9 Tegangan	15

2.2.10	Regangan	15
Bab 3	METODE PENELITIAN	16
3.1	Alur Penelitian	16
3.2	Peralatan dan Bahan	17
3.3	Pengujian Yang Dilakukan	20
3.4	Proses Pembuatan Spesimen	20
3.4.1	Persiapan Pembuatan	21
3.4.2	Proses Pembuatan Spesimen Uji <i>Bending</i> ASTM D790	22
3.4.3	Proses Pembuatan Spesimen Uji Tarik ASTM D638	22
3.4.3.1	Proses Desain	22
3.4.3.2	Proses Produksi	23
3.5	Pengujian Spesimen	23
3.5.1	Tahapan Uji <i>Bending</i>	23
3.5.2	Tahapan Uji Tarik	24
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	25
4.1	Hasil Penelitian	25
4.1.1	Proses Pembuatan Spesimen	25
4.1.1.1	Proses Pembuatan Spesimen Uji <i>Bending</i> Pipa Komposit	25
4.1.1.2	Proses Pembuatan Spesimen Uji Tarik	30
4.1.2	Kendala yang di hadapi dalam pembuatan spesimen	36
4.1.2.1	Kendala Dalam Pembuatan Spesimen Uji <i>Bending</i>	36
4.1.2.2	Kendala Dalam Pembuatan Spesimen Uji Tarik	37
4.2	Analisis Dan Pembahasan Hasil Pengujian	38
4.2.1	Hasil Pengujian <i>Bending</i> Pipa Komposit ASTM D790	38
4.2.2	Hasil Pengujian Tarik ASTM D638	44
Bab 5	Penutup	50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya	50
Daftar Pustaka	.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2- 1 Tabel Dimensi pengujian tarik ASTM D638.....	13
Tabel 3 - 1 Peralatan dan bahan.....	17
Tabel 4 - 1 Dimensi spesimen uji <i>bending</i>	39
Tabel 4 - 2 Hasil Pengujian <i>Bending</i>	40
Tabel 4 - 3 Hasil Perhitungan Tegangan Regangan	42
Tabel 4 - 4 Hasil pengukuran spesimen Uji Tarik.....	45
Tabel 4 - 5 Hasil Pengujian Tarik Spesimen	45
Tabel 4 - 6 Hasil perhitungan Tegangan Regangan	47



DAFTAR GAMBAR

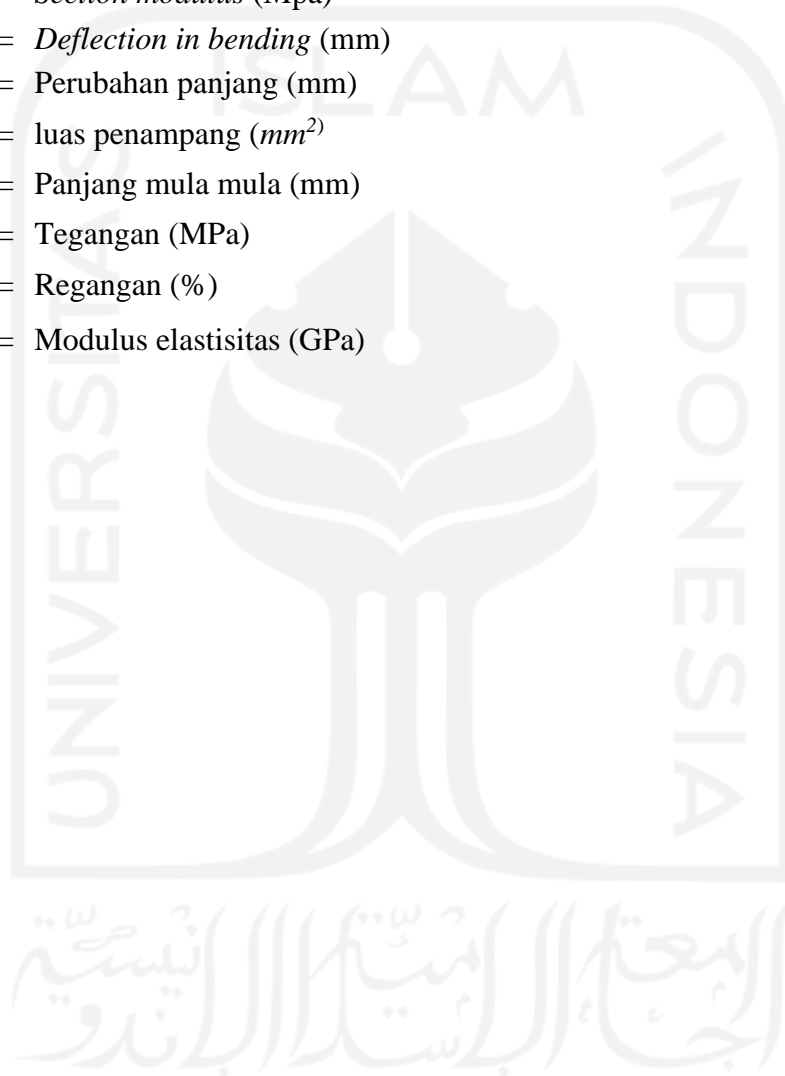
Gambar 2- 1 Proses <i>hand lay - up</i>	8
Gambar 2- 2 <i>Three point bending</i>	11
Gambar 2- 3 keterangan spesimen uji tarik ASTM D638	13
Gambar 4 - 1 Proses pemotongan pipa.....	25
Gambar 4 - 2 Proses Pemotongan serat kaca acak	26
Gambar 4 - 3 Pemotongan kain mori.....	26
Gambar 4 - 4 Pelapisan Cetakan menggunakan <i>wax release</i>	27
Gambar 4 - 5 Pencampuran Resin dan katalis	27
Gambar 4 - 6 Pelapisan serat kaca acak lapisan 1	28
Gambar 4 - 7 Pelapisan serat kaca acak Lapisan 2.....	28
Gambar 4 - 8 Pelapisan Kain Mori.....	29
Gambar 4 - 9 Pelepasan Produk Dari Cetakan	29
Gambar 4 - 10 Desain 3D Spesimen uji tarik.....	31
Gambar 4 - 11 Desain 2D spesimen uji tarik.....	31
Gambar 4 - 12 Pemotongan serat kaca acak.....	32
Gambar 4 - 13 Pemotongan Kain Mori	32
Gambar 4 - 14 Pelapisan Cetakan Menggunakan <i>Wax Release</i>	33
Gambar 4 - 15 Pencampuran Resin Dan Katalis	33
Gambar 4 - 16 Proses <i>Hand Lay Up</i> serat kaca acak Lapisan 1	34
Gambar 4 - 17 Proses <i>Hand Lay Up</i> serat kaca acak Lapisan Ke 2	34
Gambar 4 - 18 Proses <i>Hand Lay Up</i> Kain Mori.....	35
Gambar 4 - 19 Proses pelepasan produk	35
Gambar 4 - 20 Proses pemotongan sesuai standar ASTM D638	36
Gambar 4 - 21 Pipa komposit yang tidak dapat di lepaskan	36
Gambar 4 - 22 Gelembung yang terperangkap dalam cetakan.....	37
Gambar 4 - 23 Delaminasi pada spesimen uji tarik.....	38
Gambar 4 - 24 Spesimen Uji Bending Pipa Komposit Sebelum Pengujian.....	39
Gambar 4 - 25 Grafik tegangan regangan pengujian bending.....	42
Gambar 4 - 26 Spesimen setelah pengujian.....	43
Gambar 4 - 27 Patahan pada spesimen bending	44

Gambar 4 - 28 Spesimen uji tarik sebelum di uji	44
Gambar 4 - 29 Grafik Tegangan Regangan Uji Tarik.....	48
Gambar 4 - 30 Spesimen setelah pengujian.....	48
Gambar 4 - 31 Bentuk patahan pada spesimen	49



DAFTAR NOTASI

- F = Gaya yang bekerja (N)
D_o = Diameter luar spesimen (mm)
D_i = Diameter dalam spesimen (mm)
M = Momen *bending* (MPa)
Z = *Section modulus* (Mpa)
 δ = *Deflection in bending* (mm)
 ΔL = Perubahan panjang (mm)
A = luas penampang (mm^2)
L₀ = Panjang mula mula (mm)
 σ = Tegangan (MPa)
 ε = Regangan (%)
E = Modulus elastisitas (GPa)



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia industri yang saat ini semakin pesat, terutama di industri manufaktur. Salah satu contoh perkembangan tersebut adalah dalam pemilihan material produksi yang sebelumnya menggunakan logam yang memiliki kekurangan yaitu rentan terhadap korosi. Dari permasalahan tersebut banyak perusahaan manufaktur beralih menggunakan material komposit sebagai bahan produksi, karena material komposit memiliki beberapa keunggulan di bandingkan logam yaitu ringan, mudah di bentuk dan tahan korosi.

Komposit adalah hasil dari kombinasi dua atau lebih material yang berbeda jenis untuk menghasilkan sebuah material atau produk yang baru (Jones, 1975). Komposit serat kaca merupakan komposit struktural yang baik untuk di kembangkan, salah satu bentuk pengembangan tersebut dengan membuat komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori, pemilihan kain mori dikarenakan kain mori adalah salah satu jenis kain yang menjadi bahan dasar dalam pembuatan batik, dengan harapan nantinya komposit ini memiliki lapisan luar bermotif batik, dan dapat menggantikan beberapa fungsi logam untuk ke depannya. Beberapa contoh pengaplikasian komposit pada industri manufaktur yaitu pembuatan bodi sepeda motor, mobil, *speed boat*, pesawat, dan lainnya.

Pada penelitian membuat pipa komposit dan spesimen uji tarik berbahan serat kaca acak berlapis kain mori yang memiliki lapisan sebanyak 3 lapisan yaitu, serat kaca acak sebanyak 2 lapis dan di kombinasikan dengan kain mori sebanyak 1 lapis. Kemudian dilakukan pengujian *bending* dan tarik untuk mengetahui kekuatan dari pipa dan spesimen uji tarik komposit ini.

Karena belum banyak yang melakukan penelitian terkait komposit dengan kombinasi kain mori, maka penelitian terkait pembuatan dan pengujian pipa dan spesimen uji tarik komposit, dengan bahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori ini di perlukan dan akan di lakukan pengujian

tarik dan *bending* terhadap spesimen komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori untuk mengetahui kekuatannya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di sampaikan di atas, di rumuskan masalah – masalah yang dapat di pecahkan dalam penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana proses pembuatan spesimen uji *bending* pipa komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori dengan standar ASTM D790.
2. Bagaimana proses pembuatan spesimen uji tarik komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori dengan standar ASTM D638.
3. Bagaimana hasil dari pengujian spesimen uji *bending* pipa dan spesimen uji tarik berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini agar tidak keluar dari topik dan tetap fokus terhadap topiknya, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Proses pembuatan dan pengujian spesimen uji *bending* pipa komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori sesuai standar ASTM D790.
2. Pembuatan dan pengujian spesimen uji tarik komposit berbahan serat kaca acak berlapis kain mori dengan standar ASTM D638.
3. Hanya membahas komposit serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori.
4. Hanya menggunakan metode *hand lay up* dalam proses pembuatan.
5. Tidak melakukan perhitungan secara teoritis hanya melakukan pengujian.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk membuat dan melakukan pengujian terhadap spesimen uji *bending* pipa komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori sesuai standar ASTM D790.
2. Untuk membuat dan melakukan pengujian terhadap spesimen uji tarik komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori sesuai standar ASTM D638.
3. Untuk mengetahui kekuatan *bending* dari pipa komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori. Dan kekuatan tarik dari spesimen uji tarik berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui proses pembuatan pipa komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori.
2. Mengetahui proses pembuatan spesimen uji tarik komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori.
3. Mengetahui hasil pengujian tarik dari spesimen uji tarik dan hasil pengujian *bending* dari spesimen pipa komposit.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika yang dilakukan dalam penulisan ini disusun secara berurutan yang berisikan 5 bab yang terdiri dari sub bab, agar memudahkan dalam penulisan dan pembahasan , berikut sistematika penulisan dari tugas akhir ini:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang hal yang melatar belakangi penelitian ini, membahas rumusan masalah yang akan di pecahkan dalam penelitian ini, dan juga membahas batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan dalam penelitian ini.

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

Pada bagian kajian pustaka membahas tentang landasan atau acuan teori dalam proses penelitian ini, seluruh teori terkait dengan penelitian komposit serat kaca acak dengan kombinasi serat kain mori akan di bahas pada bab ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Alur atau tahapan dalam penelitian akan di bahas pada bab ini, mulai dan melakukan proses observasi terhadap topik yang akan di teliti, mempersiapkan peralatan dan bahan yang di butuhkan dalam membuat spesimen uji dan mengetahui tahapan pengujian spesimen.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab 4 ini akan di jelaskan hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah di lakukan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian bab ini membahas tentang kesimpulan dari penelitian yang telah di lakukan, serta saran untuk penelitian mendatang.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Komposit adalah proses mengkombinasikan dua atau lebih bahan atau material yang berbeda jenis untuk menghasilkan sebuah material atau produk (Jones, 1975). Komposit suatu material yang memiliki keunggulan seperti ketahanan terhadap korosi, perbandingan kekuatan terhadap berat yang tinggi dibanding baja, dan produksi yang sangat sederhana dan mudah di aplikasikan, dari beberapa keunggulan tersebut komposit banyak di aplikasikan sebagai pengganti material logam seperti pembuatan body motor, pembuatan pipa struktural pembuatan pipa, dan berbagai jenis part otomotif (Hardoyo, 2008).

Komposit merupakan material hibrida terbuat dari resin yang di perkuat dengan serat, material komposit secara umum terdiri dari beberapa unsur, yaitu serat (*fiber*) untuk bahan pengisi, sedangkan bahan yang menyatukan serat disebut dengan *matriks* (Siregar et al., 2017)

Kain mori merupakan kain dengan hasil tenunan yang memiliki warna putih yang biasanya digunakan untuk membatik, bahan dasar kain mori berasal dari serat alam seperti katun, rayon, sutra. Ada beberapa jenis kain mori di antaranya kain mori batu, mori biru, mori prima, mori primisima. Kain mori primisima adalah jenis kain mori dengan kualitas yang terbaik diantara jenis kain mori lainnya dengan kelebihan halus dan anyaman yang padat, karena kain mori primissima dibuat menggunakan benang nomor tex 10,2-9,0 sesuai dengan sni 08-0280 (Badan Standardisasi Nasional, 2004), sehingga kain mori dengan jenis primissima memiliki kualitas yang terbaik (Sri et al., 2022). Hal ini sesuai dengan yang tertera pada sni 0436 bahwa sebuah kain jika diberi beban sampai beban maksimal maka kain tersebut dapat menahan nya hingga kain tersebut putus, sehingga kain mori jenis primissima dikategorikan sebagai kualitas yang terbaik di antara jenis kain mori lainnya (Badan Standardisasi Nasional, 2009)

Pemilihan material alternatif pengganti logam saat ini sudah banyak bermunculan, di antaranya pembuatan pipa komposit yang memiliki beberapa

keunggulan di bandingkan logam seperti ketahanan terhadap korosi, ringan, dan produksi yang sangat sederhana dan mudah di aplikasikan. Pembuatan dan pengujian pipa komposit dengan serat batang pisang menjadi salah satu alternatif pilihan material pengganti logam, setelah dilakukan pengujian tarik terhadap pipa komposit dengan serat batang pisang, dengan suhu pengujian 35°C, 45°C dan 55°C. Didapatkan hasil kekuatan tarik tertinggi terjadi di temperatur 35°C, dan yang lainnya mengalami penurunan, yaitu 0,7618, 0,4013, 0,3998 N/mm² (Ngafwan & Effendi, 2015).

Pembuatan dan pengujian pipa komposit dengan serat jute ber matriks *epoxy* juga merupakan salah satu bentuk pengembangan dari material komposit, tujuan pembuatan pipa komposit dengan serat jute ber matriks *epoxy* tersebut adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan pemberian air panas panas terhadap kekuatan *bending* pipa komposit dengan serat jute ber matriks *epoxy*. Setelah dilakukan pengujian, hasil regangan yang terjadi terhadap spesimen perlakuan panas meningkat hingga 0,007 MPa, peningkatan tersebut di akibatkan oleh perlakuan panas yang di lakukan terhadap spesimen merubah sifat spesimen tersebut, mulanya spesimen tersebut bersifat getas berubah menjadi plastis (Purna Wirama et al, 2022).

2.2 Dasar Teori

Dasar teori adalah sebuah acuan dalam proses perancangan dan pembuatan pipa komposit.

2.2.1 Komposit

Komposit adalah proses mengkombinasikan dua atau lebih jenis material atau bahan yang tidak homogen dengan skala mikroskopis untuk menghasilkan sebuah bahan atau material yang baru (Jones, 1975).

Sifat komposit tidak lepas dari pengaruh kekuatan serat sebagai salah satu komponen utama komposit. Kandungan serat yang lebih tinggi juga mengarah pada kekuatan tarik yang lebih tinggi, tetapi kekuatan tarik yang lebih tinggi tidak selalu berarti sifat lain yang lebih baik. Oleh karena itu, perbandingan jumlah resin

dan serat merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan sifat-sifat material komposit (Lukkassen & Meidell, 2007)

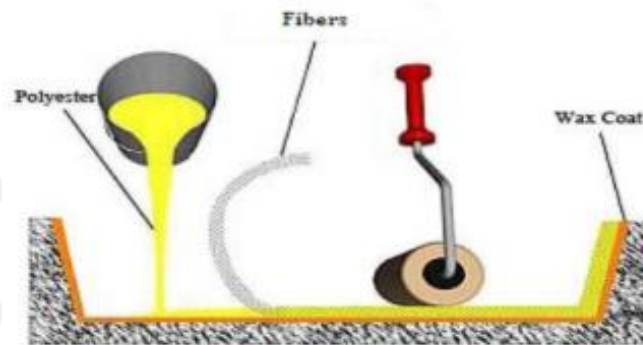
2.2.2 Kain Mori

Kain mori merupakan kain dengan hasil tenunan yang memiliki warna putih yang biasanya digunakan untuk membatik, bahan dasar kain mori berasal dari serat alam seperti katun, rayon, sutra. Ada beberapa jenis kain mori di antaranya kain mori batu, mori biru, mori prima, mori primisima. Kain mori primisima adalah jenis kain mori dengan kualitas yang terbaik diantara jenis kain mori lainnya dengan kelebihan halus dan anyaman yang padat, karena kain mori primissima dibuat menggunakan benang nomor Tex 10,2-9,0 (Badan Standardisasi Nasional, 2004) sehingga kain mori dengan jenis primisima memiliki kualitas yang terbaik (Sri et al., 2022). Hal ini sesuai dengan yang tertera pada SNI 0436 bahwa sebuah kain jika diberi beban sampai beban maksimal maka kain tersebut dapat menahan nya hingga kain tersebut putus, sehingga kain mori jenis primisima dikategorikan sebagai kualitas yang terbaik di antara jenis kain mori lainnya (Badan Standardisasi Nasional, 2009)

2.2.3 Teknik *Hand Lay-Up*

Metode *hand lay-up* adalah salah satu metode yang cukup sederhana dalam proses pembuatan komposit, dikarenakan untuk pengerjaan dengan metode *hand lay-up* hanya menggunakan peralatan yang sederhana dan tidak menggunakan peralatan yang khusus (Cahyono & NF, 2015). Penggunaan teknik *hand lay-up* lebih di fokuskan untuk proses pembuatan produk yang memfokuskan salah satu sisi yang mempunyai permukaan yang halus (Gibson, 1994). Selain mudah dalam pengaplikasiannya, teknik *hand lay-up* ini menghasilkan keunggulan lain pada produk yang di hasilkan yaitu tingkat kekakuan lebih tinggi, kuat, ringan dan tahan korosi (Banowati et al., 2017).

Adapun tahapan proses *hand lay-up* seperti pemberian *wax coat*, pemberian resin dan pemberian serat kaca acak dapat di lihat Pada gambar 2- 1 Proses hand lay – up.



Gambar 2- 1 Proses *hand lay - up*
(Sumber : Yuhazri et al, 2010)

Kelebihan teknik Hand Lay-Up:

1. Alat yang di gunakan sedikit dan harga lebih terjangkau.
2. Mudah dalam proses pembentukan.
3. Tingkat ketebalan serat dan resin mudah di atur.

Kelemahan Hand Lay-Up:

1. Ketebalan tidak merata.
2. Resin tidak merata.
3. Penggunaan resin lebih banyak.

2.2.4 *Fiberglass (reinforcement)*

Fiberglass atau serat kaca adalah salah satu material penyusun dalam komposit, *fiberglass* atau serat kaca berfungsi sebagai penguat atau *reinforcement* pada komposit. *Fiberglass* memiliki peranan yang besar dalam menahan gaya atau beban yang di berikan kepada komposit (Hardoyo, 2008).

Berikut adalah jenis atau tipe *fiberglass* yang sering di gunakan dalam dunia industri:

1. A-glass (alkali)

Memiliki kadar alkali yang cukup besar, memiliki komposisi kimia menyerupai kaca jendela.

2. C-glass (*chemical*)

Memiliki tingkat ketahanan korosi yang baik terhadap bahan kimia, biasanya diaplikasikan untuk surfacing tissue.

3. D-glass (*dielectric*)

memiliki sifat dielektrik yang baik dan sering diaplikasikan di industri elektronik.

4. E-glass (*electrical*)

Memiliki campuran *calcium-alumino-borosilicate*, alkali rendah, dan memiliki kekuatan yang lebih di bandingkan dengan tipe A-glass.

5. S-glass

Memiliki kekuatan tarik atau *tensile strenght* yang tinggi, di aplikasikan pada pembuatan komponen pesawat terbang dan juga struktur yang membutuhkan kekuatan.

Berdasarkan jenis jenis serat kaca di atas pada penelitian ini menggunakan tipe S-glass dengan jenis serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* pada pembuatan spesimen uji, pemilihan tipe ini dikarenakan spesimen uji yang di buat membutuhkan kekuatan yang cukup tinggi.

2.2.5 Matriks

Matriks adalah suatu bahan yang paling mendominasi dalam pembentukan komposit. Peran matriks dalam komposit adalah agar komposit ketika di berikan gaya atau beban mampu mempertahankan bentuknya dan menyalurkan gaya yang bekerja ke *reinforcement* (Ermawan, 2018).

Matriks atau yang di kenal dengan resin juga memiliki beberapa kegunaan sebagai berikut :

1. Menyebarkan tegangan yang bekerja pada serat kaca atau reinforcement.
2. Melindungi dari semua dampak lingkungan yang bersifat korosif
3. melindungi permukaan serat kaca oleh pengaruh abrasi.

Secara garis besar matriks atau resin terbagi ke dalam 2 golongan yaitu, matriks polimer dan *metal* matriks. Matriks polimer memiliki sifat *thermoplastic* matriks dan *thermoset* polimer seperti berikut (Hardoyo, 2008) :

1. *Thermoplastic*

Matriks polimer dengan sifat *thermoplastic* adalah matriks polimer yang mampu mengikuti perubahan suhu, ketika *thermoplastic* di berikan suhu yang panas maka polimer tersebut akan mencair seiring perubahan suhu, dan juga kebalikannya ketika di dinginkan maka polimer tersebut akan membeku mengikuti perubahan suhu, atau juga dapat di sebut *revesible* (Nayiroh, 2013).

2. *Thermoset*

Matriks polimer dengan sifat *thermoset* adalah matriks polimer yang mulanya cair dan di dinginkan higgsa menjadi beku tidak dapat kembali ke bentuk cair meskipun di panaskan kembali, polimer ini akan hangus jika di panaskan dengan suhu yang ekstrim (Nayiroh, 2013).

Matriks atau resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin *polyester*, resin *polyester* tergolong ke dalam resin polimer dengan sifat *thermoset*, resin ini yang paling banyak digunakan, mulai dari penggunaan pada proses yang sederhana seperti *hand lay up* hingga pada proses dengan menggunakan mesin dan cetakan yang rumit (Hardoyo, 2008). resin *polyester* ini memiliki sifat *thermoset* (Fahmi & Hermansyah, 2011). Dalam penelitian ini persentase perbandingan antara resin dan katalis sebesar 100:1 karena pada persentase katalis 1% mengalami kekuatan tarik yang cukup tinggi di bandingkan dengan katalis dengan 0,5% (Alamsyah, 2021).

2.2.6 Katalis

Katalis atau yang juga biasa di sebut *hardener* adalah cairan kimia yang memiliki warna bening yang berfungsi untuk mempercepat waktu pengeringan (*curing*) dari matriks pada bahan komposit. Takaran atau persentase antara katalis dan matriks harus di perhitungkan, jika katalis di tuangkan dengan jumlah yang banyak pada komposit akan semakin cepat proses pengeringannya akan tetapi penggunaan katalis yang terlalu banyak menyebabkan timbulnya panas yang berlebihan akibat reaksi kimia dari pencampuran resin dan katalis, sehingga panas

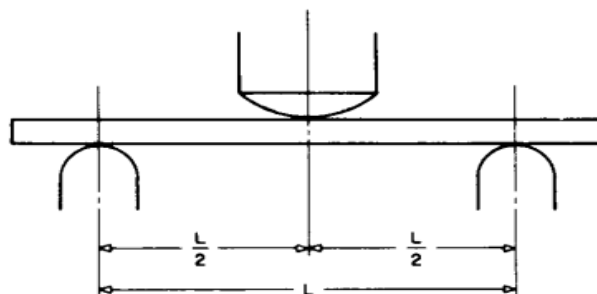
yang berlebihan akibat reaksi kimia tersebut mengakibatkan kerusakan pada hasil. Penambahan persentase katalis terhadap resin mempengaruhi nilai kekuatan tarik, semakin bertambah persentase katalis yang di aplikasikan menyebabkan semakin meningkat nilai kekuatan tarik, tetapi penambahan katalis dalam persentase tertentu atau terlalu banyak dapat menurunkan nilai kekuatannya (Alamsyah, 2021) , jumlah persentase katalis yang di gunakan dalam penelitian ini sebesar 1% dari total jumlah resin, atau sebanyak 1 ml.

2.2.7 Pengujian *Bending* ASTM D 790

Bending test atau uji tekuk adalah sebuah metode untuk mengetahui kualitas dari satu material secara visual, dengan cara material diberi beban hingga beban tersebut tertekuk dan mengalami deformasi.

Pengujian *bending* dengan standar ASTM D 790 ini digunakan untuk mengetahui tingkat kelenturan dari plastik tanpa tulangan dan plastik bertulang, dan juga untuk material komposit dengan tingkat modulus yang tinggi, dan bahan isolasi listrik. Dalam pengujian *bending* ASTM D 790-03 ini menggunakan metode pembebanan tiga titik (*three point bending*) (ASTM, 2015).

Untuk pengujian *three point bending* dapat dilihat pada Gambar 2-3 *three point bending*



Gambar 2- 2 *Three point bending*

Sumber : (ASTM, 2015)

Untuk menentukan kekuatan *bending* pada pengujian *three point bending* dapat menggunakan persamaan berikut (Purna Wirama et al, 2022).

1. Untuk mencari momen *bending*

$$M = \frac{(F \cdot L)}{4} \quad (2.1)$$

Keterangan :

L = panjang spesimen (mm)

F = Besar beban (N)

2. Untuk mencari *section modulus* /modulus tampang

$$Z = \frac{\pi (Do^4 - Di^4)}{32 \cdot Do} \quad (2.2)$$

Keterangan :

Do = Diameter luar spesimen (mm)

Di = Diameter dalam spesimen (mm)

3. Untuk mencari tegangan *bending* (*bending stress*)

$$Bending\ stress = \frac{M}{Z} = \frac{(F \cdot L \cdot Do \cdot 8)}{\pi (Do^4 - Di^4)} \quad (2.3)$$

Keterangan :

M = Momen *bending* (MPa)

Z = *Section modulus* / modulus tampang (MPa)

L = panjang spesimen (mm)

F = Besar beban (N)

Do = Diameter luar spesimen (mm)

Di = Diameter dalam spesimen (mm)

4. Untuk mencari regangan (*strain*)

$$Strain = \frac{(6 \cdot (Do - Di) \cdot \delta)}{(L^2)} \quad (2.4)$$

Keterangan:

Do = Diameter luar spesimen (mm)

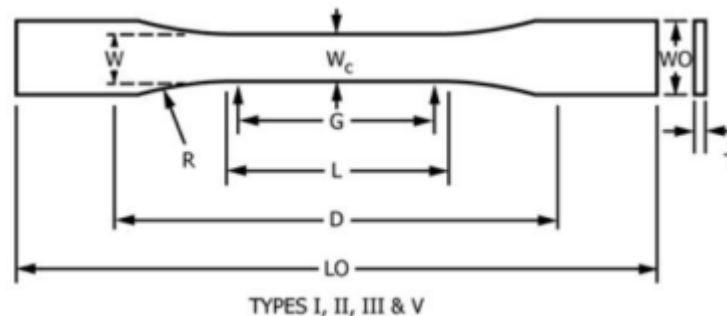
Di = Diameter dalam spesimen (mm)

δ = *Deflection in bending*

2.2.8 Pengujian Tarik ASTM D-638

Pengujian tarik dengan standar ASTM D-638 adalah sebuah metode pengujian material dengan cara menarik spesimen pengujian hingga putus, di dalam standar ASTM D-638 ini yang di uji adalah material plastik, polimer, komposit serat. Di dalam pengujian dengan standar ASTM D-638 ini digunakan untuk material plastik dengan ketebalan sampai 14 mm atau 0,55 inchi (ASTM, 2006).

Untuk mengetahui keterangan mengenai spesimen uji tarik sesuai dengan standar ASTM D638 dapat di lihat pada gambar 2-2 keterangan spesimen uji tarik ASTM D638 berikut:



Gambar 2- 3 keterangan spesimen uji tarik ASTM D638

Sumber : (ASTM, 2006)

Adapun dimensi dari pengujian tarik dengan standar ASTM D638 dapat di lihat di dalam tabel 2-1 dimensi pengujian tarik ASTM D638 berikut:

Tabel 2- 1 Tabel Dimensi pengujian tarik ASTM D638

Sumber : (ASTM, 2006)

Dimensi (lihat gambar)	Dimensi Spesimen untuk Ketebalan, T, mm (in.)A						Toleransi
	7 (0,28) atau di bawah		Lebih dari 7 hingga 14 (0,28 hingga 0,55), termasuk		4 (0,16) atau di bawah		
	Type I	Type II	Type III	Type IVB	Type VC,D		
W—Lebar bagian sempitE,F	13 (0,50)	6 (0,25)	19 (0,75)	6 (0,25)	3,18 (0,125)	33 (1,30)	±0,5 (±0,02)B,C
L—Panjang bagian sempit	57 (2,25)	57 (2,25)	57 (2,25)	9,53 (0,375)	19 (0,75)	...	±0,5 (±0,02)C
WO—Lebar keseluruhan, minG	19 (0,75)	19 (0,75)	29 (1,13)	...	...	...	+ 6,4 (+ 0,25)
WO—Lebar keseluruhan, minG	...	...	...	...	9,53 (0,375)	...	+ 3,18 (+ 0,125)
LO—Panjang keseluruhan, minH	165 (6,5)	183 (7,2)	246 (9,7)	115 (4,5)	63,5 (2,5)	...	tidak ada maks (tidak ada maks)
G—Panjang pengukur	50 (2,00)	50 (2,00)	50 (2,00)	...	7,62 (0,300)	...	±0,25 (±0,010)C
G—Panjang pengukur	...	...	...	25 (1,00)	...	...	±0,13 (±0,005)
D—Jarak antar genggam	115 (4,5)	135 (5,3)	115 (4,5)	65 (2,5)J	25,4 (1,0)	...	±5 (±0,2)
R—Radius fillet	76 (3,00)	76 (3,00)	76 (3,00)	14 (0,56)	12,7 (0,5)	...	±1 (±0,04)C
RO—Radius luar (Type IV)	...	...	...	25 (1,00)	...	...	±1 (±0,04)

Dalam menentukan tegangan dapat menggunakan persamaan berikut (Gibson, 1994).

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.5)$$

Keterangan:

σ = Tegangan (*MPa*)

F = Gaya yang bekerja (*N*)

A = luas penampang (*mm²*)

Dalam menentukan regangan dalam pengujian tarik dapat menggunakan persamaan berikut (Gibson, 1994).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2.6)$$

Keterangan:

ε = Regangan (%)

ΔL = Perubahan panjang (mm)

L = panjang pengukur / *gauge length* (mm)

Dalam menentukan modulus elastisitas berdasarkan grafik hasil pengujian dapat menggunakan persamaan berikut (Gibson, 1994).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.7)$$

Keterangan:

σ = Tegangan (*MPa*)

ε = Regangan (%)

E = Modulus elastisitas (*Gpa*)

2.2.9 Tegangan

Tegangan adalah besarnya suatu gaya yang bekerja dalam satuan luas penampang, yang berarti pada saat sebuah benda jika diberikan gaya dengan jumlah tertentu maka benda itu akan merasakan tegangan atau *stress*. Setiap benda atau material akan mengalami perubahan bentuk atau defleksi jika diberikan gaya, ada benda yang dapat kembali ke bentuk semula setelah gaya yang bekerja dihilangkan dan ada juga benda atau material yang tidak dapat kembali ke dalam bentuk semula jika gaya yang bekerja dihilangkan, semua tergantung dari besarnya jumlah gaya yang diberikan pada benda atau material tersebut (Wulandari et al., 2021)

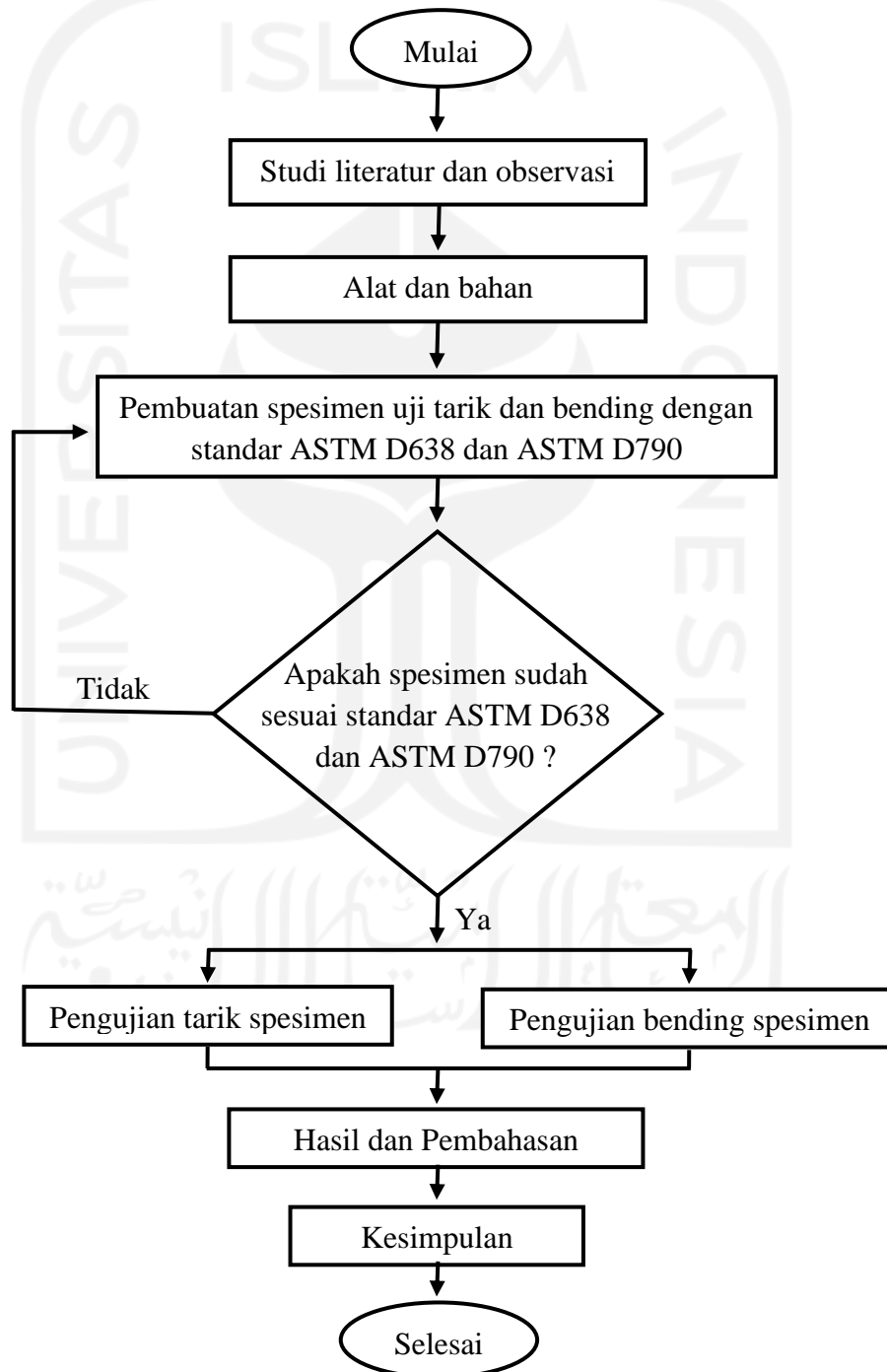
2.2.10 Regangan

Regangan atau yang biasa disebut *strain* adalah seberapa besar perubahan bentuk atau pertambahan panjang yang dialami sebuah benda atau material akibat gaya yang diberikan, setiap benda atau material yang diberikan tegangan atau *stress* kemudian akan mengalami regangan atau *strain*, hubungan antara tegangan dan regangan berbanding lurus, ini sesuai dengan hukum Hooke elastisitas (Wulandari et al., 2021)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian




Untuk alur atau tahapan pada penelitian ini dapat kita lihat pada *flowchart* berikut.




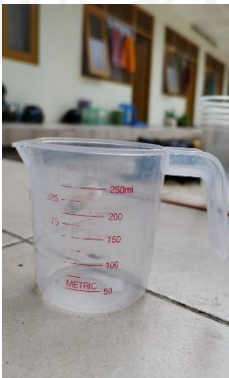


3.2 Peralatan dan Bahan

Pada proses penelitian ini dibutuhkan beberapa peralatan dan bahan untuk pembuatan spesimen uji seperti yang ada pada Tabel 3- 1 Peralatan dan bahan.

Tabel 3 - 1 Peralatan dan bahan

No	Alat dan bahan	Foto alat dan bahan	Kegunaan
1	<i>Serat kaca acak</i> atau <i>chopped</i> <i>strand mat</i> (<i>CSM</i>)		Sebagai bahan pendistribusi gaya yang bekerja pada komposit atau sebagai penguat (<i>reinforcement</i>) pada komposit.
2	Kain mori primisima		Sebagai bahan pendistribusi gaya yang bekerja pada komposit atau sebagai penguat (<i>reinforcement</i>) pada komposit.
3	Resin		Untuk menahan bentuk awal komposit pada saat ada gaya yang bekerja dan meneruskan gaya ke (<i>reinforcement</i>).

4	Katalis		<p>Untuk mempercepat proses pengeringan (<i>curing</i>) dari resin (matriks)</p>
5	Wax release		<p>Untuk mempermudah proses pelepasan komposit yang sudah kering dari cetakan</p>
6	Sprit		<p>Untuk menakar katalis</p>
7	Gelas takar		<p>Untuk menakar resin (matriks)</p>

8	Kuas		<p>Untuk meratakan campuran resin dan katalis pada saat proses <i>hand lay-up</i></p>
9	Gelas plastik		<p>wadah pengadukan resin dan katalis</p>
10	Pipa pvc ¾ inc Ganti gambar		<p>Sebagai cetakan spesimen pipa komposit dengan standar ASTM D790</p>
11	Cetakan kaca		<p>Sebagai cetakan spesimen uji tarik dengan standar ASTM D638</p>

12	Alat putar		Memudahkan dalam proses pencetakan spesimen pipa komposit dengan standar ASTM D790
----	------------	---	--

3.3 Pengujian Yang Dilakukan

Dalam penelitian pipa komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori dilakukan dua jenis pengujian untuk mengetahui kekuatan dari spesimen yang dibuat, yaitu pengujian *bending* dengan standar ASTM D790 untuk mengetahui tingkat kelenturan atau kelengkungan dari spesimen uji jika diberi gaya, alasan pemilihan standar ASTM D790 untuk pengujian *bending* dikarenakan spesimen yang akan di uji berbahan komposit serat, dimana komposit serat adalah salah satu kriteria material yang dapat di uji *bending* menggunakan standar ASTM D790.

Pengujian tarik menggunakan standar ASTM D638 untuk mengetahui kekuatan dari spesimen uji, alasan pemilihan standar ASTM D638 sebagai standar pengujian tarik dikarenakan spesimen uji berbahan komposit serat, dimana komposit serat termasuk jenis bahan sesuai dengan ketentuan ASTM D638, pemilihan tipe I disarankan karena ketebalan spesimen uji kurang dari 7 mm.

3.4 Proses Pembuatan Spesimen

Dalam pembuatan spesimen pada penelitian pipa komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori ada dua jenis spesimen uji yang dibuat, yaitu spesimen uji *bending* sesuai standar ASTM D790 sebanyak 5 spesimen, dan spesimen uji tarik sesuai dengan standar ASTM D638 sebanyak 5 spesimen, berikut adalah proses atau tahapan dalam pembuatan masing – masing spesimen.

3.4.1 Persiapan Pembuatan

Dalam proses persiapan pembuatan spesimen selain mempersiapkan alat seperti alat bantu putar, cetakan kaca, kuas, suntikan, gelas plastik dan bahan seperti resin, katalis, *wax release*, serat kaca acak, kain mori seperti yang ada pada Tabel 3 - 1 Peralatan dan bahan, kita juga perlu memperhatikan beberapa hal sebelum melakukan pekerjaan seperti:

1. Menggunakan masker
Bertujuan agar aroma menyengat dari resin, katalis dan partikel partikel halus dari serat kaca acak tidak masuk ke saluran pernafasan.
2. Menggunakan *hand gloves* (sarung tangan)
Bertujuan agar kulit tangan tidak terkena reaksi kimia dari campuran resin dan katalis yang menyebabkan iritasi pada kulit pada saat proses *hand lay up*.
3. Harus berada di ruangan terbuka
Ini bertujuan agar udara yang ada pada saat bekerja bersirkulasi dengan baik, sehingga tidak terjadi gangguan pernafasan akibat reaksi kimia yang di timbulkan oleh campuran resin dan katalis.
4. Memperhatikan kondisi cuaca
Kondisi cuaca sangat berpengaruh pada proses pembuatan spesimen, pembuatan spesimen di anjurkan pada saat cuaca cerah, tidak di sarankan pada saat kondisi hujan, dikarenakan jika pada saat pembuatan spesimen terkena percikan air hujan akan maka spesimen uji yang di hasilkan tidak sesuai dengan yang di harapkan.

Sebelum membuat spesimen ada beberapa alat yang perlu di buat untuk memudahkan dalam proses pengerjaan pembuatan spesimen seperti :

1. Alat putar
Alat putar seperti yang ada pada Tabel 3 - 1 Peralatan dan bahan di buat untuk memudahkan dan meringankan pekerjaan pada saat pembuatan spesimen uji *bending* berbentuk pipa, cara penggunaan alat ini adalah dengan cara memasukkan pipa pvc yang digunakan sebagai cetakan kedalam sebuah poros berbentuk silinder yang bertumpu pada dua buah tiang, lalu putar tuas yang langsung terhubung ke poros berbentuk silinder.

2. Cetakan kaca

Cetakan kaca digunakan dalam proses pembuatan spesimen uji tarik, seluruh bahan pembuatan komposit dimasukkan ke dalam cetakan kaca, cetakan kaca menghasilkan produk dengan ketebalan 5 mm.

3.4.2 Proses Pembuatan Spesimen Uji *Bending* ASTM D790

1. Proses pemotongan pipa $\frac{3}{4}$ inch untuk cetakan.
2. Proses pemotongan serat kaca acak.
3. Proses pemotongan serat kain mori.
4. Pelapisan cetakan dengan *wax release*.
5. Proses pencampuran resin dan katalis.
6. Proses pelapisan serat kaca acak lapisan ke 1.
7. Proses pelapisan serat kaca acak lapisan ke 2.
8. Proses pelapisan kain mori lapisan ke 3.
9. Proses pelepasan produk dari cetakan

3.4.3 Proses Pembuatan Spesimen Uji Tarik ASTM D638

3.4.3.1 Proses Desain

Dalam proses pembuatan spesimen uji tarik ASTM D638 tahapan awal yang dilakukan adalah dengan mendesain spesimen uji tarik menggunakan *software solidwork* berdasarkan standar ASTM D638 tipe I, tujuan dari mendesain ini adalah untuk membuat *notching* (pola) dari spesimen uji tarik ASTM D638 tipe I dalam bentuk 2D, yang kemudian di print menggunakan kertas lalu di tempelkan pada lembaran komposit serat acak berlapis kain mori dan lembaran komposit di potong mengikuti *notching* tersebut.

3.4.3.2 Proses Produksi

1. Pemotongan serat kaca acak
2. Pemotongan kain mori
3. Pelapisan cetakan dengan *wax release*
4. Pencampuran resin dan katalis
5. Proses *hand lay up* serat kaca acak lapisan 1
6. Proses *hand lay up* serat kaca acak lapisan 2
7. Proses *hand lay up* kain mori lapisan 3
8. Proses pelepasan produk dari cetakan
9. Proses pemotongan produk sesuai dengan ASTM D 638

3.5 Pengujian Spesimen

Pada penelitian Pipa komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori ada 2 jenis pengujian yang dilakukan yaitu, pengujian *bending* dengan standar ASTM D790 yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kelenturan atau kelengkungan dari spesimen uji jika diberi gaya, dan pengujian tarik dengan standar ASTM D638 tipe 1 untuk mengetahui kekuatan tarik dan elastisitas dari spesimen uji. Pada pengujian *bending* menggunakan *Universal Testing Machine (TNM 20 MD)*, dan untuk pengujian tarik menggunakan *Universal Testing Machine* berikut adalah tahapan dari proses pengujian:

3.5.1 Tahapan Uji *Bending*

Adapun tahapan atau prosedur dalam melakukan uji *bending* sebagai berikut:

1. Mempersiapkan mesin pengujian *Universal Testing Machine (TNM 20 MD)*.
2. Melakukan pengukuran terhadap dimensi spesimen uji.
3. Menyesuaikan jarak tumpuan pada mesin sesuai dengan spesimen uji.
4. Menyesuaikan tumpuan agar posisinya di tengah indentor.
5. Meletakkan spesimen di atas tumpuan.
6. Mengarahkan indentor hingga menyentuh spesimen.

7. Mengatur agar dial indikator di posisi nol dan juga skala beban dalam posisi nol
8. Menjalankan mesin uji *bending* dengan kecepatan yang stabil sehingga indentor menekan spesimen uji, hingga terjadi pembengkokan pada spesimen uji.
9. Mencatat dan mendokumentasikan hasil uji *bending*.

3.5.2 Tahapan Uji Tarik

Adapun tahapan atau prosedur dalam melakukan uji tarik sebagai berikut:

1. Mempersiapkan mesin uji tarik *Universal Testing Machine*
2. Melakukan pengukuran terhadap seluruh spesimen uji tarik
3. Membuat *gauge length* dengan cara membuat dua titik pada spesimen uji dengan jarak 60 mm menggunakan spidol.
4. Memasang kertas milimeter pada tempat yang sudah disediakan.
5. Letakkan spesimen uji pada penjepit spesimen yang ada di mesin uji tarik.
6. Jalankan mesin hingga terjadi pembebanan secara terus menerus hingga spesimen putus.
7. Mencatat hasil pengujian, setelah spesimen putus ukur dan catat perubahan panjang dan luas penampang spesimen uji yang putus.
8. Ulangi langkah 2 – 7 untuk seluruh spesimen uji.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Dalam proses pembuatan dan pengujian *bending* pipa komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori ada beberapa tahapan yang harus di lalui seperti berikut ini.

4.1.1 Proses Pembuatan Spesimen

Dalam pembuatan spesimen pada penelitian pipa komposit berbahan serat kaca acak atau *chopped strand mat (CSM)* dengan lapisan kain mori ada dua jenis spesimen uji yang dibuat, yaitu spesimen uji *bending* sesuai standar ASTM D790 sebanyak 5 spesimen, dan spesimen uji tarik sesuai dengan standar ASTM D638 sebanyak 5 spesimen, berikut adalah proses atau tahapan dalam pembuatan masing – masing spesimen.

4.1.1.1 Proses Pembuatan Spesimen Uji *Bending* Pipa Komposit

1. Proses Pemotongan Pipa $\frac{3}{4}$ Inch Untuk Cetakan



Gambar 4 - 1 Proses pemotongan pipa

Gambar 4 – 1 adalah proses pemotongan pipa, pemotongan dilakukan sesuai dengan ukuran spesimen pada ASTM D790, pipa ini berfungsi sebagai cetakan dalam pembuatan pipa komposit berbahan serat kaca acak berlapis kain mori.

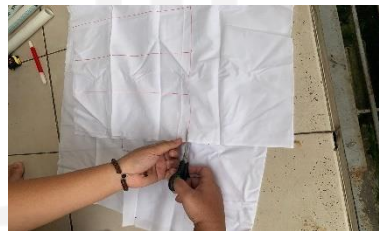
2. Proses Pemotongan serat kaca acak



Gambar 4 - 2 Proses Pemotongan serat kaca acak

Gambar 4-2 Adalah proses pemotongan serat kaca acak dengan ukuran 10 cm x 30 cm, ukuran tersebut telah di lebihkan sebesar 1 cm yang bertujuan agar sambungan serat tidak mudah terlepas dan semakin mengikat, serat kaca acak dipotong sebanyak 2 lembar untuk masing – masing spesimen.

3. Proses pemotongan serat kain mori



Gambar 4 - 3 Pemotongan kain mori

Pada gambar 4-3 adalah proses pemotongan kain mori dengan ukuran 10 cm x 30 cm, ukuran tersebut telah di lebihkan sebesar 1 cm yang bertujuan agar sambungan serat tidak mudah terlepas dan semakin mengikat, kain mori di potong sebanyak 1 lembar untuk tiap spesimen.

4. Pelapisan cetakan dengan *wax release*



Gambar 4 - 4 Pelapisan Cetakan menggunakan *wax release*

Pada gambar 4-4 adalah proses pelapisan *wax release* pada cetakan pipa, tujuan pengolesan *wax release* ini adalah untuk mempermudah pelepasan produk dari cetakan.

5. Proses pencampuran resin dan katalis



Gambar 4 - 5 Pencampuran Resin dan katalis

Pada gambar 4-5 adalah proses mencampur Resin dan katalis dengan perbandingan 100 ml :1 ml untuk masing masing spesimen, dalam pemberian katalis tidak disarankan terlalu banyak, dikarenakan jika campuran kebanyakan katalis akan membuat produk menjadi getas.

6. Proses pelapisan serat kaca acak lapisan 1



Gambar 4 - 6 Pelapisan serat kaca acak lapisan 1

Gambar 4-6 adalah proses *hand lay up* serat kaca acak lapisan ke 1, dengan cara memutar alat sambil menuangkan campuran resin dan katalis pada serat kaca acak dan meratakannya dengan kuas.

7. Proses pelapisan serat kaca acak lapisan 2



Gambar 4 - 7 Pelapisan serat kaca acak Lapisan 2

Gambar 4-7 adalah proses penambahan lapisan ke 2 serat kaca acak, dengan cara memutar alat sambil menuangkan campuran resin dan katalis pada serat kaca acak dan meratakannya dengan kuas beri jeda waktu antara lapisan 1 dan 2 selama maksimal 5 menit, bertujuan agar resin yang ada di lapisan pertama menjadi sedikit lebih kental dan pada saat pelapisan yang ke 2 tidak terjadi penumpukan atau penebalan resin di beberapa lokasi.

8. Proses pelapisan kain mori



Gambar 4 - 8 Pelapisan Kain Mori

Gambar 4-8 Menunjukkan proses penambahan lapisan ke 3 dengan menggunakan kain mori beri jeda waktu selama maksimal 5 menit, bertujuan agar resin yang ada di lapisan ke 2 menjadi sedikit lebih kental dan pada saat pelapisan yang ke 3 tidak terjadi penumpukan atau penebalan resin di beberapa lokasi, lalu putar alat hingga resin yang ada pada kain mori menjadi lebih kental dan mengering lalu diamkan hingga kering merata dan lepaskan pipa pvc yg digunakan sebagai cetakan.

9. Proses pelepasan produk dari cetakan



Gambar 4 - 9 Pelepasan Produk Dari Cetakan

Pada gambar 4-9 adalah proses pelepasan produk dari cetakan, ini merupakan tahapan akhir dalam pembuatan spesimen uji bending pipa komposit

berbahan serat kaca acak berlapis kain mori, proses pelepasan produk dari cetakan dengan cara di tarik menggunakan alat bantu berupa tang,

4.1.1.2 Proses Pembuatan Spesimen Uji Tarik

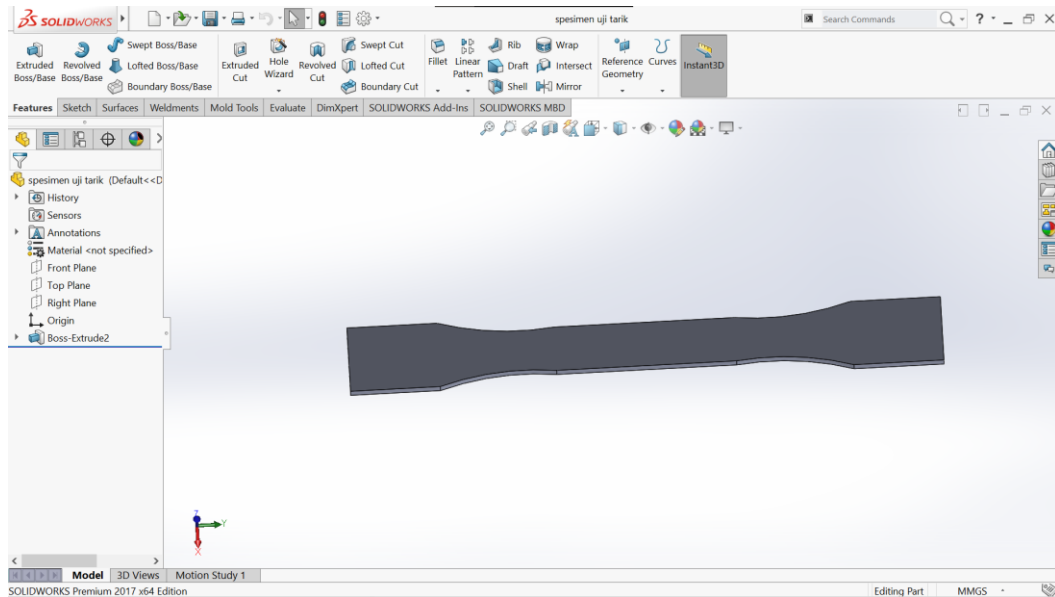
Dalam proses pembuatan spesimen uji tarik ASTM D638 tahapan awal yang dilakukan adalah dengan mendesain spesimen uji tarik menggunakan *software solidwork* berdasarkan standar ASTM D638 tipe I, seperti yang ada pada Tabel 4 - 1 Dimensi spesimen uji tarik, tujuan dari mendesain ini adalah untuk membuat *notching* (pola) dari spesimen uji tarik ASTM D638 tipe I dalam bentuk 2D, yang kemudian di print menggunakan kertas lalu di tempelkan pada lembaran komposit serat acak berlapis kain mori dan lembaran komposit di potong mengikuti *notching* tersebut.

Tabel 4 - 1 Dimensi Spesimen Uji Tarik

Sumber : (ASTM, 2006)

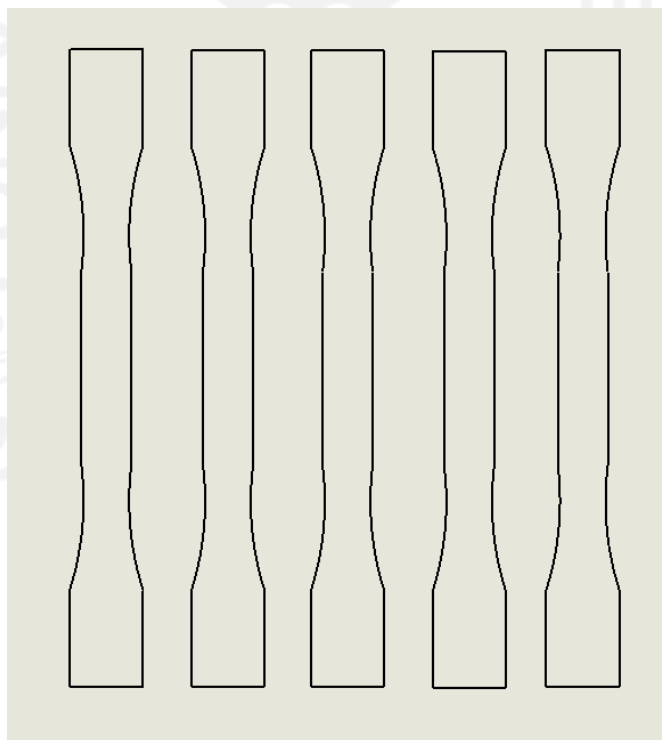
Dimensi (lihat gambar)	7 (0,28) atau di bawah	
	Tipe I	Tipe II
W—Lebar bagian sempitE,F	13 (0.50)	6 (0,25)
L—Panjang bagian sempit	57 (2.25)	57 (2,25)
WO—Lebar keseluruhan, minG	19 (0.75)	19 (0,75)
WO—Lebar keseluruhan, minG	...	...
LO—Panjang keseluruhan, minH	165 (6.5)	183 (7.2)
G—Panjang pengukurl	50 (2.00)	50 (2.00)
G—Panjang pengukurl	...	...
D—Jarak antar genggam	115 (4,5)	135 (5,3)
R—Radius fillet	76 (3,00)	76 (3,00)
RO—Radius luar (Tipe IV)	...	...

Dalam membuat desain 3D dari spesimen uji tarik harus mengikuti dimensi yang ada pada standar ASTM D638 tipe 1, seperti yang ada pada tabel Tabel 4 - 2 Dimensi Spesimen Uji Tarik, Hasil desain 3D spesimen uji tarik dapat di lihat pada Gambar 4 - 10 Desain 3D Spesimen uji tarik.



Gambar 4 - 10 Desain 3D Spesimen uji tarik

Hasil desain 3D yang sudah di buat kemudian di *import* ke dalam *solidwork drawing*. Untuk hasil desain 2D spesimen uji tarik dapat di lihat pada Gambar 4 - 11 Desain 2D spesimen uji tarik, gambar ini akan menjadi notching (pola) dari spesimen uji tarik.



Gambar 4 - 11 Desain 2D spesimen uji tarik

Setelah dilakukan proses desain dari spesimen tahapan selanjutnya adalah proses produksi spesimen yang telah di desain, dengan tahapan sebagai berikut.

1. Pemotongan serat kaca acak



Gambar 4 - 12 Pemotongan serat kaca acak

Gambar 4-12 adalah proses pemotongan serat kaca acak dengan ukuran 20 cm x 21 cm sebanyak 2 lembar.

2. Pemotongan Kain Mori



Gambar 4 - 13 Pemotongan Kain Mori

Pemotongan kain mori seperti pada gambar 4-13 dengan ukuran 20 cm x 21 x cm sebanyak 1 lembar, kain mori ini berada pada lapisan ke 3.

3. Pelapisan cetakan dengan *wax release*



Gambar 4 - 14 Pelapisan Cetakan Menggunakan *Wax Release*

Pada gambar 4 - 14 adalah proses pelapisan *wax release* pada cetakan kaca, ini bertujuan agar mempermudah proses pelepasan antara komposit yang sudah kering dengan cetakan.

4. Pencampuran resin dan katalis



Gambar 4 - 15 Pencampuran Resin Dan Katalis

Pada gambar 4 – 15 adalah proses mencampur Resin dan katalis dengan perbandingan 100 ml : 1 ml

5. Proses *hand lay up* serat kaca acak lapisan ke 1



Gambar 4 - 16 Proses *Hand Lay Up* serat kaca acak Lapisan 1

Pada gambar 4 - 16 adalah proses pembuatan lapisan pertama, pada lapisan pertama menggunakan serat kaca acak, campuran resin dan katalis di tuangkan ke dalam cetakan yang berisi serat kaca acak lapisan pertama dan ratakan menggunakan kuas.

6. Proses *hand lay up* serat kaca acak lapisan ke 2



Gambar 4 - 17 Proses *Hand Lay Up* serat kaca acak Lapisan Ke 2

Setelah resin merata pada serat kaca acak lapisan pertama, lalu masukkan serat kaca acak untuk lapisan ke 2 kedalam cetakan kaca, lalu tuangkan campuran resin dan katalis di atasnya dan ratakan menggunakan kuas seperti yang terlihat pada Gambar 4 - 17 Proses *Hand lay up* serat kaca acak lapisan ke 2.

7. Proses hand lay up kain mori



Gambar 4 - 18 Proses *Hand Lay Up* Kain Mori

Pada gambar 4 - 18 adalah proses penambahan lapisan ke 3 menggunakan kain mori, lakukan dengan langkah yang sama seperti pada lapisan 1 dan 2, setelah selesai lalu tutup cetakan kaca dengan penutupnya, ini bertujuan agar produk tidak melengkung pada saat proses pengeringan (*curing*).

8. Proses pelepasan produk dari cetakan



Gambar 4 - 19 Proses pelepasan produk

Pada gambar 4-19 adalah proses melepaskan produk komposit dari cetakannya .

9. Proses pemotongan produk sesuai dengan ASTM D 638



Gambar 4 - 20 Proses pemotongan sesuai standar ASTM D638

Setelah komposit di lepaskan dari cetakan, selanjutnya adalah proses pemotongan sesuai dengan standar ASTM D638 seperti Pada gambar 4-20 dengan cara menempelkan mal atau pola pada produk dan kemudian spesimen di potong mengikuti mal atau pola tersebut.

4.1.2 Kendala yang di hadapi dalam pembuatan spesimen

4.1.2.1 Kendala Dalam Pembuatan Spesimen Uji *Bending*

Dalam membuat spesimen uji *bending* ditemukan masalah yang muncul pada saat proses produksi seperti berikut.

1. Jika dalam pelapisan *wax release* pada cetakan terlalu tipis, maka proses pelepasan akan menjadi sulit, dikarenakan produk menempel pada cetakan yang menyebabkan produk dan cetakan tidak bisa di lepas, seperti yang ada pada gambar 4-21.



Gambar 4 - 21 Pipa komposit yang tidak dapat di lepaskan

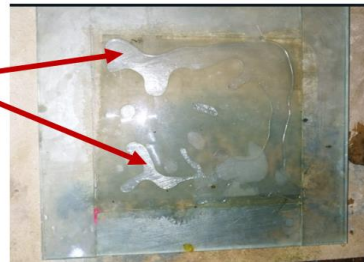
Oleh karena itu ketika proses pelapisan *wax release* pada cetakan, jumlah lapisan *wax release* di perbanyak hingga menjadi 2-3 lapisan, sehingga proses pelepasan tidak menjadi sulit

4.1.2.2 Kendala Dalam Pembuatan Spesimen Uji Tarik

Dalam membuat spesimen uji tarik juga ditemukan masalah yang muncul pada saat proses produksi seperti berikut.

1. Jika dalam proses menuangkan resin kedalam cetakan kaca tidak secara merata, akan menyebabkan terperangkapnya udara pada saat cetakan kaca di tutup, hal ini mengakibatkan permukaan produk berlobang dan tidak rata seperti pada gambar 4-22.

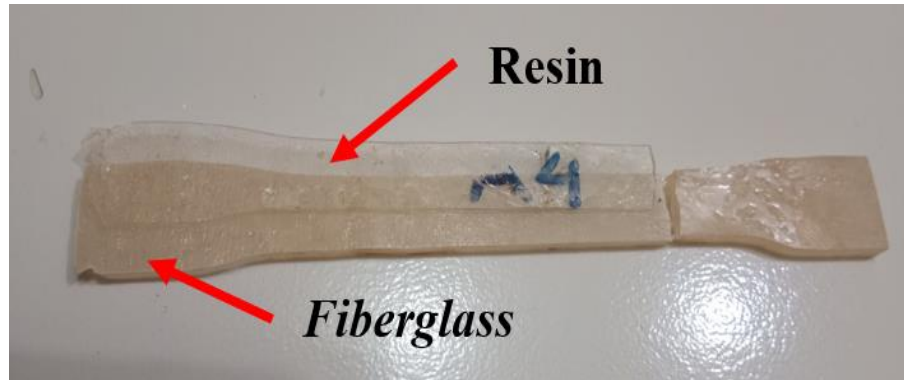
Gelembung udara yang terperangkap



Gambar 4 - 22 Gelembung yang terperangkap dalam cetakan

Oleh karena itu pada saat melakukan penuangan campuran resin dan katalis ke dalam cetakan kaca, diratakan menggunakan kuas, sehingga campuran resin dan katalis menjadi rata dan tidak menyebabkan terperangkapnya udara ketika cetakan kaca di tutup.

2. Jika proses *hand lay up* dilakukan terpisah antara tiap serat dan setelah kering di satukan kembali akan terjadi delaminasi pada saat dilakukan pengujian terhadap spesimen, yang menyebabkan antar serat tidak merekat sempurna dan mudah terpisah, terlihat seperti yang ada pada gambar 4-23.



Gambar 4 - 23 Delaminasi pada spesimen uji tarik

Maka dari itu proses *hand lay up* harus dilakukan secara langsung dan tidak di pisah antar lapisan nya sehingga tidak terjadi delaminasi pada produk.

4.2 Analisis Dan Pembahasan Hasil Pengujian

Berikut ini adalah analisis dan pembahasan hasil dari pengujian spesimen yang telah di lakukan.

4.2.1 Hasil Pengujian *Bending* Pipa Komposit ASTM D790

Pengujian *bending* pipa komposit berbahan serat kaca acak atau *Chopped Strand Mat (CSM)* dengan lapisan kain mori ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Universitas Gajah Mada, dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine (TNM 20 MD)*. Dalam pengujian *bending* pipa komposit berbahan serat kaca acak berlapis kain mori ada 5 spesimen yang akan di uji seperti yang ada pada Gambar 4 - 24 Spesimen Uji Bending Pipa Komposit Sebelum Pengujian



Gambar 4 - 24 Spesimen Uji Bending Pipa Komposit Sebelum Pengujian

Sebelum dilakukan pengujian terhadap spesimen setiap spesimen terlebih dahulu di ukur dimensinya menggunakan *vernier caliper* atau jangka sorong, sehingga di dapatkan hasil seperti berikut.

Tabel 4 - 1 Dimensi spesimen uji *bending*

No spesimen	L (mm)	T (mm)	Do (mm)	Di (mm)
1	300	2,80	31,50	25,9
2		3,18	32,26	
3		2,30	30,50	
4		3,56	33,02	
5		2,76	31,42	
Rata - rata	300	2,92	31,74	25,9

Keterangan :

L = panjang spesimen (mm)

T = Tebal spesimen (mm)

Do = Diameter luar spesimen (mm)

Di = Diameter dalam spesimen (mm)

Setelah dilakukan proses pengukuran terdapat perbedaan nilai *Diameter luar* (Do) dan *Tebal* (T) dari setiap spesimen, hal ini dikarenakan pada proses

pengerjaan spesimen menggunakan teknik *hand lay up* sehingga permukaan dari spesimen tidak rata, yang mengakibatkan terjadinya perbedaan nilai *Diameter luar* (Do) dan Tebal (T) dari setiap spesimen. Dari perbedaan *Diameter luar* (Do) dan Tebal (T) di dapatkan rata - rata *Diameter luar* (Do) sebesar 31,74 mm dan Tebal (T) sebesar 2,94 mm.

Setelah melakukan proses pengukuran selanjutnya spesimen dilakukan pengujian, Untuk mendapatkan hasil pengujian *bending* pipa komposit berbahan serat kaca acak berlapis kain mori, ada beberapa langkah yang harus dilakukan dalam pengujian *bending* seperti yang di ada pada poin 3.5.1 tahapan uji *bending*, sehingga di dapatkan hasil seperti pada Tabel 4 - 2 Hasil Pengujian *Bending* .

Tabel 4 - 2 Hasil Pengujian *Bending*

No spesimen	L (mm)	T (mm)	Do (mm)	Di (mm)	Pmax (N)	Defleksi
1	300	2,80	31,50	25,9	1.814	14,85
2		3,18	32,26		2.080	23,10
3		2,30	30,50		1.323	9,90
4		3,56	33,02		1.209	9,90
5		2,76	31,42		1.474	11,57
Rata - rata	300	2,92	31,74	25,9	1.580	13,86

Berdasarkan hasil pengujian *bending* yang ada pada Tabel 4 - 2, dibutuhkan beberapa perhitungan untuk mendapatkan nilai Tegangan, Regangan, dan modulus elastisitas, berikut adalah contoh perhitungan yang dilakukan yang di ambil dari data spesimen no 1 sebagai contoh perhitungan.

1. Untuk mencari momen *bending*

$$M = \frac{(F \cdot L)}{4} \quad (4.1)$$

$$M = \frac{(1.814 \times 300)}{4}$$

$$M = \frac{(544.200)}{4}$$

$$M = 136.050 \text{ N.mm}^3$$

2. Untuk mencari *section modulus* / modulus tampang

$$Z = \frac{\pi (Do^4 - Di^4)}{32 * Do} \quad (4.2)$$

$$Z = \frac{\pi (31,5^4 - 25,9^4)}{32 * 31,5}$$

$$Z = \frac{\pi (984.560,06 - 449.986,05)}{32 * 31,5}$$

$$Z = \frac{1.678.562,39}{1.008}$$

$$Z = 1.665,24 \text{ mm}^3$$

3. Untuk mencari tegangan *bending* (*bending stress*)

$$\text{Bending stress} = \frac{M}{Z} = \frac{(F \cdot L \cdot Do \cdot 8)}{\pi (Do^4 - Di^4)} \quad (4.3)$$

$$\text{Bending stress} = \frac{M}{Z} = \frac{(1.814 \cdot 300 \cdot 31,5 \cdot 8)}{3,14 (31,5^4 - 25,9^4)}$$

$$\text{Bending stress} = \frac{M}{Z} = \frac{137.138.400}{3,14 (984.560,06 - 449.986,05)}$$

$$\text{Bending stress} = \frac{M}{Z} = \frac{137.138.400}{1.678.562,39}$$

$$\text{Bending stress} = \frac{M}{Z} = 81,70 \text{ MPa}$$

4. Untuk mencari regangan (*strain*)

$$\text{Strain} = \frac{(6 \cdot (Do - Di) \cdot \delta)}{(L^2)} \times 100 \quad (4.4)$$

$$\text{Strain} = \frac{(6 \cdot (31,5 - 25,9) \cdot 14,85)}{(300^2)} \times 100$$

$$\text{Strain} = \frac{(6 \times 5,6) \times 14,85)}{(300^2)} \times 100$$

$$\text{Strain} = \frac{498,96}{(300^2)} \times 100$$

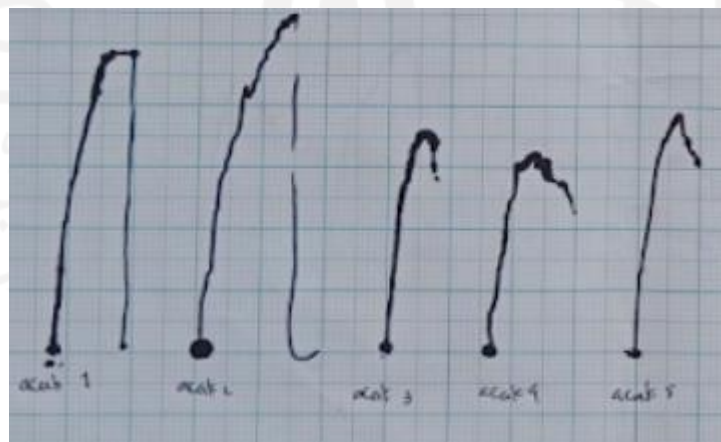
$$\text{Strain} = 0,55$$

Untuk mempermudah maka digunakan *software microsoft excel* dalam melakukan perhitungan tegangan, regangan dan modulus elastisitas, dengan cara memasukkan data- data yang telah di dapatkan ke dalam *software microsoft excel* lalu melakukan perhitungan berdasarkan rumus yang di gunakan. Sehingga di dapatkan hasil tegangan, regangan dan modulus section seperti yang ada pada Tabel 4 – 3 Hasil perhitungan Tegangan Regangan.

Tabel 4 - 3 Hasil Perhitungan Tegangan Regangan

No spesimen	M (N.mm)	Section Modulus (mm ³)	Bending stress (MPa)	Regangan maksimum %
1	136.050	1.665,2	81,70	0,55
2	156.000	1.925,7	81,01	0,98
3	99.225	1.336,4	74,25	0,30
4	90.675	2.195,5	41,30	0,47
5	110.550	1.638,4	67,48	0,43
Rata - Rata	118.500	1.752,2	69,15	0,55

Dari pengujian bending terhadap 5 spesimen yang di lakukan di dapatkan grafik tegangan regangan seperti yang ada pada Gambar 4 – 25



Gambar 4 - 25 Grafik tegangan regangan pengujian bending

Setelah dilakukan pengujian bending terhadap spesimen uji, terdapat kerusakan pada spesimen, kerusakan tersebut di akibatkan oleh gaya atau tekanan yang bekerja pada spesimen sewaktu pengujian berlangsung, seperti pada Gambar 4 – 26 Spesimen setelah pengujian



Gambar 4 - 26 Spesimen setelah pengujian

Dari 5 spesimen yang di uji, ada 1 spesimen mengalami patah, hal tersebut dikarenakan proses yang di gunakan dalam pembuatan menggunakan metode *hand lay up* sehingga menyebabkan tidak meratanya resin pada spesimen sehingga patahan yang terjadi tidak dapat di prediksi, sehingga 2 dari 5 spesimen menjadi patah saat dilakukan pengujian.

Berdasarkan dari bentuk patahan yang di alami spesimen setelah dilakukan pengujian, spesimen mengalami patah getas, patahan tipe ini menyebabkan sedikit terjadinya deformasi plastis atau tidak terjadi deformasi plastis. Hal ini di akibatkan oleh kurang sempurnanya ikatan serat dan matriks kejadian ini di tandai dengan banyak fiber pull out. (Beliu et al., 2016). Sebagai contoh berikut adalah bentuk dari patahan pada spesimen no 2 pada gambar 4-27



Gambar 4 - 27 Patahan pada spesimen bending

4.2.2 Hasil Pengujian Tarik ASTM D638

Pengujian tarik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai kekuatan dan elastisitas dari spesimen uji. Dalam pengujian tarik ada 5 spesimen uji yang dilakukan pengujian seperti yang ada pada Gambar 4 - 27 Spesimen uji tarik sebelum di uji, Spesimen yang di ujikan mengikuti standar ASTM D638 tipe I, Sebelum dilakukan pengujian terhadap spesimen, setiap spesimen terlebih dahulu di ukur dimensinya menggunakan *vernier caliper* atau jangka sorong, sehingga di dapatkan hasil seperti pada Tabel 4 - 4 Hasil pengukuran spesimen.



Gambar 4 - 28 Spesimen uji tarik sebelum di uji

Tabel 4 - 4 Hasil pengukuran spesimen Uji Tarik

No.	No Spesimen	Tebal	Lebar	lo	A
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)
1	1	5,36	12,35	50	66,20
2	2	5,05	14,50		73,23
3	3	5,18	13,18		68,27
4	4	5,10	13,98		71,30
5	5	5,28	13,48		71,17
	Rata - rata	5,19	13,50		70,03

Setelah dilakukan pengukuran, selanjutnya dilakukan pengujian tarik terhadap seluruh spesimen uji yang telah di siapkan, pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Universitas Gajah Mada dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine*, pengujian tarik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai kekuatan dan elastisitas dari spesimen uji. Dari pengujian yang telah di lakukan di dapatkan hasil seperti pada Tabel 4 - 5 Hasil pengujian Tarik Spesimen.

Tabel 4 - 5 Hasil Pengujian Tarik Spesimen

No.	No Spesimen	ΔL	Fmax
		(mm)	(KN)
1	1	3,09	1,55
2	2	2,87	1,83
3	3	2,43	1,41
4	4	2,62	1,68
5	5	2,52	1,42
	Rata - rata	2,71	1,58

Berdasarkan tabel Tabel 4 - 5 Hasil pengujian Tarik spesimen, di peroleh nilai tegangan tarik, regangan dan modulus elastisitas dengan cara melakukan beberapa perhitungan, berikut adalah contoh perhitungan yang dilakukan, yang di ambil dari data spesimen no 1 sebagai contoh perhitungan.

Dalam menentukan ultimate strength dapat menggunakan persamaan berikut (Gibson, 1994).

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4.5)$$

$$\sigma = \frac{1,55 \times 1000}{5,36 \times 12,35}$$

$$\sigma = \frac{1.550 \text{ N}}{66,20 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 23,42 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 23,42 \text{ Mpa}$$

Dalam menentukan regangan maksimal dalam pengujian tarik dapat menggunakan persamaan berikut (Gibson, 1994).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \quad (4.6)$$

$$\varepsilon = \frac{3,09}{50} \times 100$$

$$\varepsilon = 6,18 \%$$

Dalam menentukan *young modulus* berdasarkan grafik hasil pengujian dapat menggunakan persamaan berikut (Gibson, 1994).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (4.7)$$

$$E = \frac{23,42}{6,18\%}$$

$$E = 3,78 \text{ MPa}$$

$$E = 0,37 \text{ GPa}$$

Untuk mempermudah maka digunakan *software microsoft excel* dalam melakukan perhitungan tegangan, regangan dan modulus elastisitas, dengan cara memasukkan data- data yang telah di dapatkan ke dalam *software microsoft excel* lalu melakukan perhitungan berdasarkan rumus yang di gunakan. Sehingga di dapatkan hasil tegangan tarik, regangan dan modulus elastisitas seperti yang ada pada Tabel 4 - 6.

Tabel 4 - 6 Hasil perhitungan ultimate strength dan regangan maksimum

No Spesimen	Tegangan	Regangan maksimum	Young modulus
	(MPa)	(%)	(Gpa)
1	23,42	6,18	0,37
2	24,99	5,74	0,43
3	20,65	4,86	0,42
4	23,56	5,24	0,44
5	19,95	5,04	0,39
Rata - rata	22,51	5,41	0,41

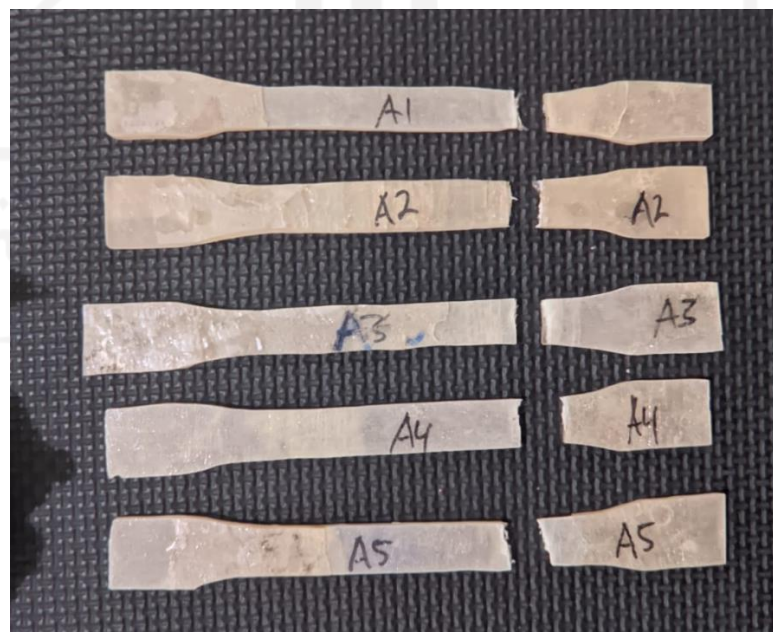
Berdasarkan hasil pengujian tarik yang dilakukan, diperoleh nilai rata – rata kekuatan tarik sebesar 22,51 MPa dan rata – rata nilai regangan maksimum sebesar 5,41 nilai tersebut masih sangat jauh bila di dibandingkan dengan hasil pengujian tarik dengan spesimen berbahan serat karbon yang di gunakan untuk bahan pembuatan frame sepeda balap, menggunakan metode *wrapped on foam* dengan ketebalan 2 mm dan jumlah lapisan sebanyak 6 lapis, kuat tarik sebesar 2006,4 MPa (Rochardjo & Junaidi, 2017). Oleh karena itu pengembangan terhadap material yang digunakan perlu dilakukan.

Dari pengujian tarik terhadap 5 spesimen yang di lakukan juga di dapatkan grafik tegangan regangan seperti yang ada pada Gambar 4 - 22 Grafik Tegangan Regangan Uji Tarik.



Gambar 4 - 29 Grafik Tegangan Regangan Uji Tarik

Setelah dilakukan pengujian tarik terhadap spesimen uji, terdapat kerusakan pada spesimen, kerusakan tersebut di akibatkan oleh gaya yang bekerja pada spesimen sewaktu pengujian berlangsung, seperti yang terlihat pada Gambar 4 - 30 Spesimen setelah pengujian.



Gambar 4 - 30 Spesimen setelah pengujian

Pada spesimen yang di lakukan pengujian tarik, posisi patahan atau kerusakan spesimen tidak berada tepat di tengah spesimen, melainkan berada pada bagian bawah spesimen, hal itu dikarenakan pada saat pengujian tarik gaya yang diberikan hanya ada pada satu sisi dari spesimen yaitu pada bagian atas spesimen, dan pada bagian bawah spesimen uji di jepit sehingga posisi menjadi fix yang menyebabkan gaya terpusat pada bagian bawah spesimen, dikarenakan gaya yang terpusat pada bagian bawah spesimen sehingga patahan tidak berada di tengah melainkan di bawah spesimen, terlihat pada gambar 4-30.

Berdasarkan dari bentuk kerusakan yang di alami spesimen setelah dilakukan pengujian, spesimen mengalami patah getas, hal tersebut terlihat dari arah matriks pada bagian yang patah tegak lurus terhadap arah gaya yang di berikan pada spesimen (Beliu et al., 2016). Sebagai contoh berikut adalah bentuk dari patahan pada spesimen no 3.



Gambar 4 - 31 Bentuk patahan pada spesimen

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melalui tahapan – tahapan dalam penelitian terhadap pipa komposit berbahan serat kaca acak atau *Chopped Strand Mat (CSM)* dengan lapisan kain mori dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Setelah dilakukan penelitian, maka dapat diketahui bagaimana Proses pembuatan spesimen uji *bending* pipa komposit berbahan serat kaca acak atau *Chopped Strand Mat (CSM)* dengan lapisan kain mori sesuai standar ASTM D790.
2. Dari penelitian yang telah di lakukan, maka dapat di ketahui bagaimana proses pembuatan spesimen uji tarik komposit, berbahan serat kaca acak atau *Chopped Strand Mat (CSM)* dengan lapisan kain mori sesuai standar ASTM D638.
3. Berdasarkan hasil pengujian *bending* terhadap pipa komposit berbahan serat kaca acak atau *Chopped Strand Mat (CSM)* dengan lapisan kain mori sesuai standar ASTM D790 diperoleh rata - rata nilai tegangan *bending* sebesar 69,15 MPa, Regangan maksimum sebesar 0,55 % dan Section modulus atau modulus tampang sebesar 1.752,2 MPa dan hasil dari pengujian tarik terhadap spesimen uji tarik dengan standar ASTM D638 di diperoleh rata - rata nilai kekuatan tarik sebesar 22,51 MPa, young modulus sebesar 0,41 Gpa, regangan maksimum sebesar 5,41 %.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

1. Pada penelitian ini dalam proses pembuatan spesimen masih menggunakan teknik *hand lay-up*, yang dirasa teknik *hand lay-up* ini menyebabkan kurang meratanya resin dan spesimen menjadi kurang presisi, untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan metode pembuatan komposit yang lainnya seperti metode *vacuum infusion* agar pada lapisan serat resin menyebar secara merata dan metode pembuatan komposit lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, T. H. dan A. N. I. (2021). Pengaruh Perbandingan Resin Dan Katalis Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Fiberglass-Polyester Untuk Bahan Pembuatan Kapa. *L. 2(2)*, 26–32.
- ASTM. (2006). D638 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics 1. *ASTM Standards, 03*(January 2004), 1–15.
- ASTM. (2015). D790-03-Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulation Materials. *ASTM Standards*, 1–11.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *SNI 08-0280: 2004 Kain mori prmissima*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2009). SNI 0436:2009:Cara Uji Ketahanan Sobek Metode Elmendorf. In *Standar Nasional Indonesia* (pp. 1–8).
- Banowati, L., Prasetyo, W. A., & Gunara, D. M. (2017). Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Orientasi Unidirectional 0° Dan 90° Pada Struktur Komposit Serat Mendong Dengan Menggunakan Epoksi Bakelite Epr 174. *Infomatek, 19(2)*, 57. <https://doi.org/10.23969/infomatek.v19i2.627>
- Beliu, H. N., Pelle, Y. M., & Jarson, J. U. (2016). Analisa kekuatan tarik dan bending pada komposit widuri - polyester. *Lontar, 03(02)*, 11–20.
- Cahyono, M. A., & NF, H. (2015). Analisis Pemilihan Desain Struktur Dan Pembuatan Purwarupa Bilah Turbin Angin Komposit. *Angkasa, 7(1)*, 31–44. <http://stta.name/lp3m/tampil.php?id=259>
- Ermawan, A. A. (2018). *Penambahan persentase serat dan jumlah lapisan (1-3) terhadap kekuatan tarik komposit fiberglass-polyester (Yukalac C-108 B Justus)* (Vol. 31, Issue 7). Sanata Dharma University.
- Fahmi, H., & Hermansyah, H. (2011). Pengaruh Orientasi Serat Pada Komposit Resin Polyester/ Serat Daun Nenas Terhadap Kekuatan Tarik. *Jurnal Teknik Mesin, 1(1)*, 46–52.
- Gibson, R. F. (1994). Principles of Composite Material Mechanics. *Principles of Composite Material Mechanics*. <https://doi.org/10.1201/9781420014242>
- Hardoyo, K. (2008). Universitas Indonesia Karakterisasi Sifat Mekanis Komposit Partikel Sio 2 Dengan Matriks Resin Polyester Tesis Nama : Kus Hardoyo Npm : 0706171535 Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Program Studi Ilmu Material. Universitas Indonesia.

- Jones, R. M. (1975). *Mechanics Of Composite Materials*.
- Lukkassen, D., & Meidell, A. (2007). Advanced materials and structures and their fabrication processes. *Book Manuscript, Narvik University College, HiN, 2*, 1–14.
- Nayiroh. (2013). *Teknologi material komposit*.
- Ngafwan, & Effendi. (2015). Analisa Kekuatan Pipa Komposit Serat Batang Pisang Polyester Yang Disusun Dua Lapis Serat 25⁰/-25⁰ Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Pada Temperatur Ruang Uji 35°C, 45°C dan 55°C. *Simposium Nasional RAPI XIV - 2015 FT UMS, 2007*, 268–274.
- Purna Wirama et al. (2022). Uji Kekuatan Bending Pipa Komposit Jute-Epoxy pada Perlakuan Rendaman Air Panas. *Jurnal Energi Dan Manufaktur, 14*(2), 72. <https://doi.org/10.24843/jem.2021.v14.i02.p07>
- Rochardjo, H. S., & Junaidi, T. (2017). Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gadjah Mada *Manufaktur Rangka Sepeda Balap Dari Bahan Serat Karbon Dengan Metode Wrapped On Foam. November*, 60–65.
- Siregar, A. H., Setyawan, B. A., & Marasabessy, A. (2017). Komposit Fiber Reinforced Plastic Sebagai Material Bodi Kapal Berbasis Fiberglass Tahan Api. *Bina Teknika, 12*(2), 261. <https://doi.org/10.54378/bt.v12i2.82>
- Sri, V., Rumiayati, P., Prasto, A., Putranto, E., Nazar, Y., Konstruksi, I., Mori, K., & Pembuatan, B. (2022). *Identifikasi Konstruksi dan Kualitas Kain Mori Sebagai Bahan Baku Pembuatan Batik. 5*(1), 36–45.
- Wulandari, A. I., Alamsyah, & Agusty, C. L. (2021). Analisis Tegangan Regangan Pada Pelat Deck Dan Bottom Kapal Ferry Ro-Ro Menggunakan Finite Element Method. *Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim, 15*(1), 45–52. <https://doi.org/10.29122/jurnalwave.v15i1.4782>



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN BENDING

No	Spesimen	Pmax (N)	Defleksi (mm)	Bending Stress (N/mm ²)	Strain (%)
1	Serat kaca acak + kain mori	1814	14.85	81.70	0.55
2		2080	23.10	81.01	0.98
3		1323	9.90	74.25	0.3
4		1209	9.90	41.30	0.47
5		1474	11.57	67.48	0.43

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 17 Juli 2022
2. Pengujian menggunakan Universal Testing Machine (TNM 20 MD)

Yogyakarta, 17 Juli 2022

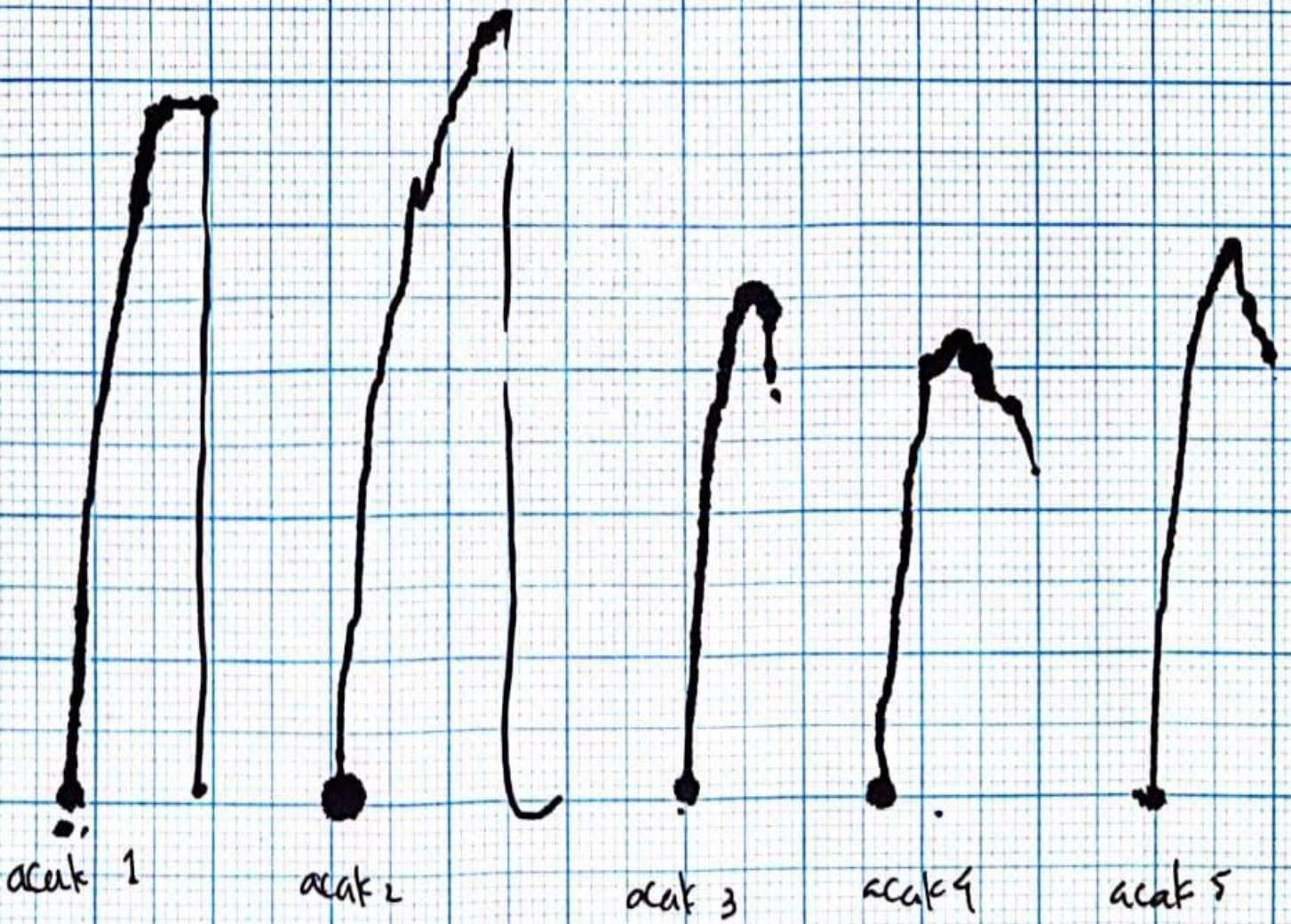
Staf Laboratorium Bahan Teknik



Dr. Lilik Dwi Setyana, S.T., M.T

NIP. 197703312002121002

Lembar asli, tidak untuk digandakan





LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN TARIK

No.	Variasi Serat	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Pmax (KN)	ΔL (mm)	Tegangan (MPa)	Regangan (%)
1	Acak_1	5.36	12.35	1.55	3.09	23.42	6.18
2	Acak_2	5.05	14.50	1.83	2.87	24.99	5.74
3	Acak_3	5.18	13.18	1.41	2.43	20.65	4.86
4	Acak_4	5.10	13.98	1.68	2.62	23.56	5.24
5	Acak_5	5.28	13.48	1.42	2.52	19.95	5.04
6	Anyam_1	4.55	12.92	3.81	5.41	64.81	10.82
7	Anyam_2	5.29	13.67	4.52	4.03	62.50	8.06
8	Anyam_3	4.65	14.10	5.57	4.29	84.95	8.58
9	Anyam_4	5.29	13.14	5.16	4.37	74.23	8.74
10	Anyam_5	4.80	12.60	6.00	5.01	99.21	10.02
11	Acak-Anyam_1	5.01	13.69	3.07	4.50	44.76	9.00
12	Acak-Anyam_2	4.93	13.44	3.19	4.63	48.14	9.26
13	Acak-Anyam_3	4.87	13.38	3.28	5.09	50.34	10.18
14	Acak-Anyam_4	4.87	13.43	3.39	4.01	51.83	8.02
15	Acak-Anyam_5	4.85	13.65	3.16	3.86	47.73	7.72

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 8 Agustus 2022
2. Pengujian menggunakan Universal Testing Machine
3. Standar spesimen menggunakan ASTM D 638

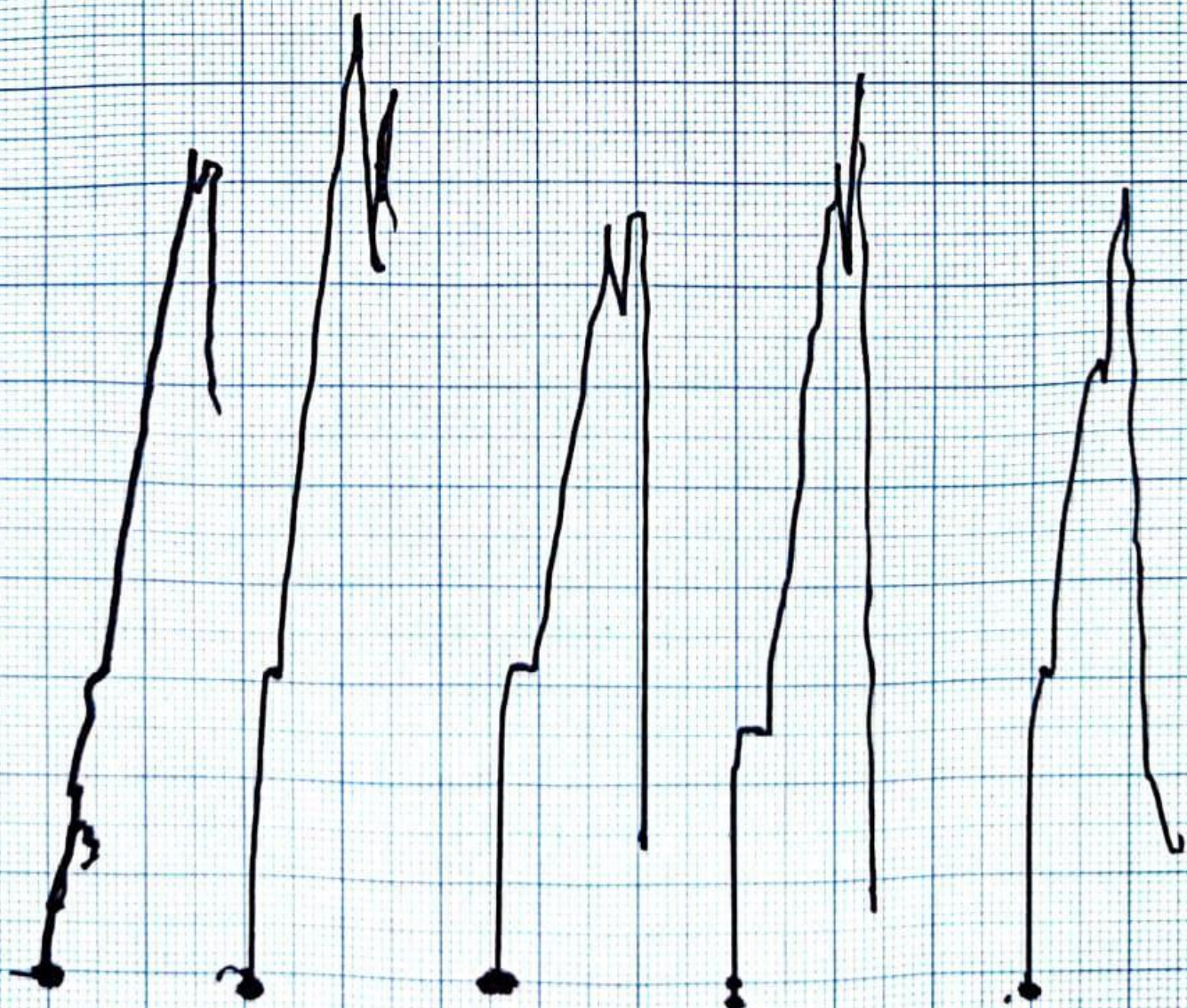
Yogyakarta, 8 Agustus 2022

Staf Laboratorium Bahan Teknik



Dr. Lilik Dwi Setyana, S.T., M.T

NIP. 197703312002121002



acak 1

acak 2

acak 3

acak 4

acak 5