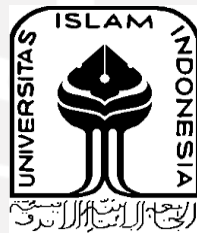


**PEMBUATAN DAN PENGUJIAN PIPA KOMPOSIT
BERBAHAN SERAT KACA ANYAM DAN ACAK BERLAPIS
KAIN MORI**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Siti Ulfah Chasanah

No. Mahasiswa : 18525046

NIRM : 2018030934

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

2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Bismillahirrahmanirrahim dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini merupakan hasil kerja saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang saya cantumkan sumbernya sebagai referensi. Apabila kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima hukuman/sanksi sesuai hukum yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 23 Desember 2022



Siti Ulfah Chasanah

18525046

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PEMBUATAN DAN PENGUJIAN PIPA KOMPOSIT
BERBAHAN SERAT KACA ANYAM DAN ACAK BERLAPIS
KAIN MORI**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

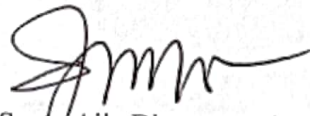
Nama : Siti Ulfah Chasanah

No. Mahasiswa : 18525046

NIRM 2018030934

Yogyakarta, 9 Desember 2022

Pembimbing



Santo Aje Dhewanto, S.T., M.M

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PEMBUATAN DAN PENGUJIAN PIPA KOMPOSIT BERBAHAN SERAT KACA ANYAM DAN ACAK BERLAPIS KAIN MORI

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : 18525046
No. Mahasiswa : 18525046
NIRM : 2018030934

Tim Penguji

Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M.

Ketua



Tanggal : 28-12-2022

Purtojo, S.T., M.Sc.

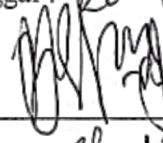
Anggota I



Tanggal : 28-12-2022

Irfan Aditya Dharma, S.T., M.Eng., Ph.D.

Anggota II



Tanggal : 28-12-2022

Mengetahui

Dosen Pembimbing Teknik Mesin



D. Khafidh, S.T., M.T., IPP

HALAMAN PERSEMBAHAN

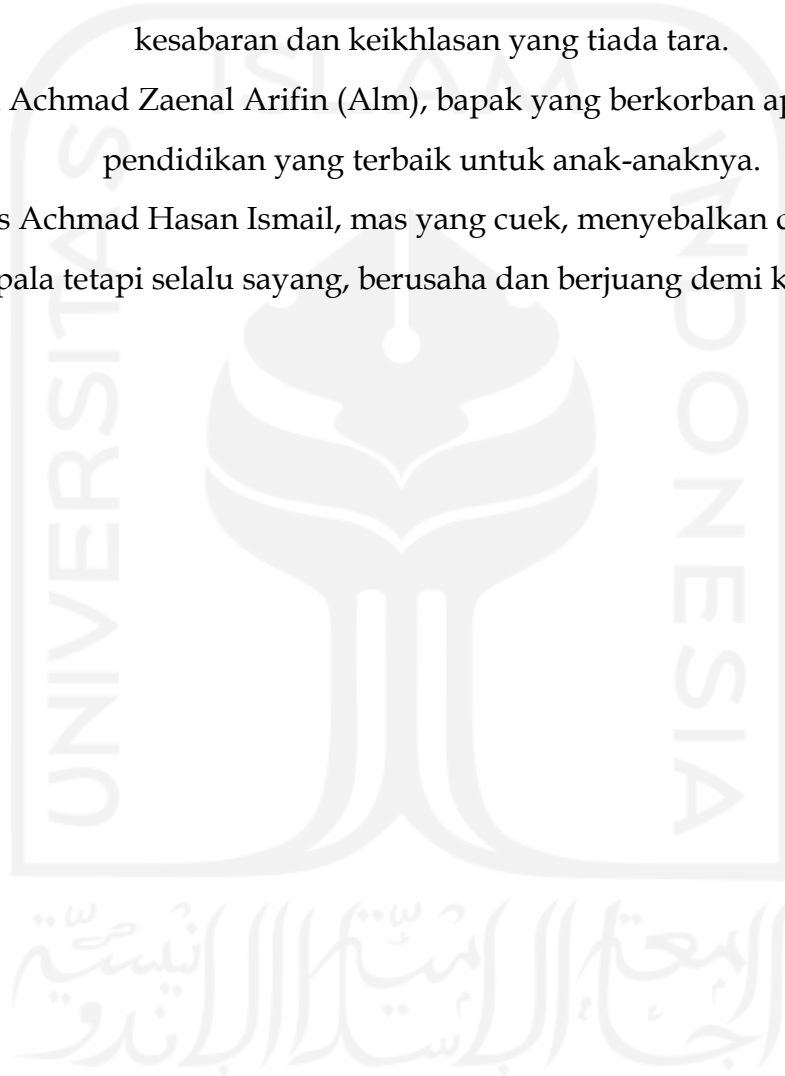
Tulisan ini saya persembahkan untuk:

Agama, bangsa dan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta
untuk diri saya sendiri karena bangga bisa sampai dititik ini.

Ibu Indah Herawati, wanita paling tangguh di dunia, wanita dengan
kesabaran dan keikhlasan yang tiada tara.

Bapak Achmad Zaenal Arifin (Alm), bapak yang berkorban apapun demi
pendidikan yang terbaik untuk anak-anaknya.

Mas Achmad Hasan Ismail, mas yang cuek, menyebalkan dan keras
kepala tetapi selalu sayang, berusaha dan berjuang demi keluarga.



HALAMAN MOTTO

مَنْ جَدَّ وَجَدَ

Barang siapa yang bersungguh-sungguh pasti akan berhasil.

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.

(Q.S. 94:5)

Belajarlaha, maka dengan belajar kamu bisa menggapai mimpimu dan mintalah ridho orang tua, maka dengan ridhonya akan mempermudah jalanmu karena sesungguhnya ridho Allah tergantung dengan ridho orangtua.

Siti Ulfah Chasanah

لَا تُمَضِرْ يَوْمَكَ فِي غَيْرِ مَنَفَعَةٍ وَلَا تُضِعْ مَالَكَ فِي غَيْرِ صُنْعَةٍ

Jangan lewatkan harimu untuk sesuatu yang tidak bermanfaat, dan jangan kamu sia-siakan hartamu untuk sesuatu yg tidak produktif

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat kepada kita semua. Tak lupa kita bersyukur atas nikmat yang telah diberikan kepada kita semua berupa nikmat Islam, Iman serta nikmat kesehatan. Shalawat serta salam selalu kita haturkan kepada Nabi junjungan kita Nabi Agung Muhammad SAW yang telah mengantarkan kita keluar dari zaman jahiliyyah menuju ke zaman yang penuh dengan hidayah-Nya ini.

Dengan pertolongan dan ridho Allah SWT, *Alhamdulillah* tugas akhir ini telah selesai meskipun dalam pelaksanaannya dimulai dari penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini mengalami berbagai rintangan dan hambatan. Tugas akhir yang ditulis dalam tulisan ini memiliki tujuan untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) di Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam pelaksanaan dan penulisan tugas akhir ini tidak luput dari doa, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:


1. Allah SWT atas ridho, rahmat, nikmat dan kemudahan yang telah diberikan.
2. Bapak, ibu dan kakak saya yang telah membimbing, menemani dan menyemangati dalam proses pelaksanaan dan penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku ketua program studi Teknik Mesin UII Yogyakarta
4. Bapak Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah dengan sabar membimbing, memberi saran dan nasihat serta memberi waktu luangnya dalam penyusunan tugas akhir ini
5. Fitra Andika, Rizky Ramsah Putra selaku kawan seperjuangan, satu kelompok dalam pengerjaan penelitian tugas akhir ini.
6. Lembayung Asmarani selaku teman, tempat curhat, partner dalam hal apapun, dalam suka duka, tangis dan tawa.

7. Kepala Laboratorium Manufaktur Universitas Gadjah Mada yang telah mengizinkan untuk melakukan pengujian tarik material.
8. Segenap pengasuh dan santri angkatan 2018 Pondok Pesantren Universitas Islam Indonesia.
9. Seluruh mahasiswa dan karyawan Teknik Mesin UII Yogyakarta.

Akhir kata, semoga Allah SWT memberi imbalan dan meridhoi amal kita semua. Setiap manusia memiliki kelemahan dan kesempurnaan hanyalah milik Allah SWT. Maka dari itu, kritik dan saran yang membangun dibutuhkan agar tugas akhir ini mendekati kata sempurna. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk semua pihak. Terimakasih.

Wassalamualaikum warrahmatullah wabarakatuh.

Yogyakarta, 9 Desember 2022



Siti Ulfah Chasanah

18525046

ABSTRAK

Komposit adalah gabungan dua atau lebih suatu material melalui campuran yang tidak homogen dengan sifat mekanik dari masing-masing materialnya berbeda. Material komposit yang biasa digunakan yaitu serat kaca atau *fiberglass*. Pipa komposit merupakan salah satu produk komposit yang telah banyak diteliti dan diproduksi. Pada penelitian ini, pembuatan pipa komposit dilakukan menggunakan metode *hand lay up* dengan perbandingan resin dan katalis 1:100. Dimensi pada spesimen sesuai dengan standar ASTM D 790 untuk pengujian *bending* sebanyak 5 spesimen dan standar ASTM D 638 untuk pengujian tarik sebanyak 5 spesimen. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan kekuatan *bending* sebesar 72,41 MPa, nilai rata-rata 57,59 MPa dan nilai terendah 46,72 MPa. Regangan tarik rata-rata 0,40 %. Kekuatan tarik sebesar 51,83 MPa, nilai rata-rata 48,56 MPa dan terendah 44,76 MPa, nilai regangan rata-rata 8,84 % dan modulus elastisitas sebesar 0,554 GPa.

Kata kunci: Komposit, Pipa komposit, Serat kaca anyam, Serat kaca acak, Kain mori

ABSTRACT

A composite is a combination of two or more materials through an inhomogeneous mixture with different mechanical properties of each material. The composite material commonly used is fiberglass. Composite pipes are one of the composite products that have been widely researched and produced. In this study, the manufacture of composite pipes was carried out using the hand layup method with a ratio of resin and catalyst of 1:100. The dimensions of the specimens by following the ASTM D 790 standard for the bending testing of 5 specimens and the ASTM D 638 standard for the tensile testing of 5 specimens. Based on the test results, bending strength was obtained at 72,41 MPa, an average value of 57,59 MPa, and the lowest value of 46,72 MPa. The tensile strain averages 0,40%. Tensile strength of 51,83 MPa, an average value of 48,56 MPa, and the lowest of 44,76 MPa, with an average strain value of 8,84 %, and a modulus of elasticity of 0,554 GPa.

Keywords: Composite, Composite pipe, Woven roving mat, Chopped strand mat, Mori fabric

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Pernyataan Keaslian	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar.....	vii
Abstrak	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar	xiii
Daftar Notasi.....	xv
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Komposit	6
2.2.2 Unsur Utama Penyusun Komposit	6
2.2.3 Jenis-Jenis Serat.....	8
2.3 Kain Mori.....	11
2.4 Metode Pembuatan Komposit.....	11
2.5 Pengujian <i>Bending</i>	13
2.6 Pengujian Tarik.....	15
2.6.1 Grafik Tegangan – Regangan.....	16
Bab 3 Metode Penelitian	18

3.1	Alur Penelitian	18
3.2	Peralatan dan Bahan.....	19
3.3	Pembuatan komposit.....	22
3.3.1	Proses persiapan	23
3.3.2	Proses Pembuatan Spesimen Pengujian <i>Bending</i>	23
3.3.3	Proses Pembuatan Spesimen Pengujian Tarik.....	24
3.4	Pelaksanaan Pengujian Spesimen	24
3.4.1	Proses Pengujian <i>Bending</i>	24
3.4.2	Proses Pengujian Tarik	25
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	26
4.1	Proses Pembuatan Pipa Komposit	26
4.1.1	Pembuatan Spesimen Pengujian <i>Bending</i>	26
4.1.2	Pembuatan Spesimen Pengujian Tarik	31
4.1.3	Kendala yang Dihadapi Ketika Proses Pembuatan Spesimen	36
4.2	Hasil Pengujian	39
4.2.1	Hasil Pengujian <i>Bending</i>	39
4.2.2	Hasil Pengujian Tarik	40
4.3	Analisis dan Pembahasan.....	42
4.3.1	Analisis Pengujian <i>Bending</i>	42
4.3.2	Analisis Pengujian Tarik	43
4.3.3	Pembahasan	45
BAB 5	Penutup.....	51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	51
Daftar Pustaka	.....	52
LAMPIRAN	.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2 - 1 Dimensi spesimen pengujian tarik ASTM D-638.....	15
Tabel 3 - 1 Alat dan bahan.....	19
Tabel 4 - 1 Dimensi spesimen pengujian <i>bending</i>	40
Tabel 4 – 2 Data hasil pengujian <i>bending</i>	40
Tabel 4 - 3 Data hasil pengujian tarik.....	41
Tabel 4 - 4 Hasil perhitungan luas penampang	43
Tabel 4 - 5 Kekuatan <i>bending</i>	45
Tabel 4 - 6 Regangan.....	46
Tabel 4 - 7 Kekuatan tarik	47
Tabel 4 - 8 Regangan.....	48
Tabel 4 - 9 Modulus elastisitas	48



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 - 1 Komposit Serat	7
Gambar 2 - 2 Komposit lamina	8
Gambar 2 - 3 Komposit partikel	8
Gambar 2 - 4 Jenis serat berdasarkan penempatan serat	9
Gambar 2 - 5 Jenis serat <i>Discontinuous fiber composite</i>	10
Gambar 2 - 6 Metode <i>hand lay up</i>	12
Gambar 2 - 7 Metode <i>Spray up</i>	12
Gambar 2 - 8 Metode injection molding	13
Gambar 2 - 9 <i>Three point bending</i>	14
Gambar 2 - 10 Tipe pengujian tarik.....	15
Gambar 2 - 11 Grafik tegangan – regangan	17
Gambar 3 - 1 Skema pelapisan spesimen	22
Gambar 4 - 1 Pemotongan pipa pvc	26
Gambar 4 - 2 Alat bantu putar	27
Gambar 4 - 3 Serat kaca anyam.....	27
Gambar 4 - 4 Serat kaca acak	27
Gambar 4 - 5 Kain mori.....	28
Gambar 4 - 6 Pelapisan <i>wax release</i>	28
Gambar 4 - 7 Pencampuran resin dan katalis	29
Gambar 4 - 8 Pemasangan serat kaca anyam	30
Gambar 4 - 9 Pemasangan serat kaca acak.....	30
Gambar 4 - 10 Pemasangan kain mori.....	31
Gambar 4 - 11 Pelepasan spesimen dari cetakan.....	31
Gambar 4 - 12 Desain spesimen pengujian tarik.....	32
Gambar 4 - 13 Pola spesimen pengujian tarik.....	32
Gambar 4 - 14 Cetakan kaca.....	32
Gambar 4 - 15 Pemotongan serat kaca acak.....	33
Gambar 4 - 16 Pemotongan serat kaca anyam	33
Gambar 4 - 17 Pemotongan kain mori.....	33
Gambar 4 - 18 Pelapisan <i>wax release</i>	34

Gambar 4 - 19 Pencampuran resin dan katalis	34
Gambar 4 - 20 Proses <i>hand lay up</i> serat kaca anyam	35
Gambar 4 - 21 Proses <i>hand lay up</i> serat kaca acak	35
Gambar 4 - 22 Proses <i>hand lay up</i> kain mori	36
Gambar 4 - 23 Pemotongan spesimen uji tarik.....	36
Gambar 4 - 24 Spesimen serat kaca anyam yang terbuka	37
Gambar 4 - 25 Spesimen bergelombang.....	37
Gambar 4 - 26 Spesimen yang sulit dilepaskan.....	38
Gambar 4 - 27 Spesimen yang permukaannya berlubang	38
Gambar 4 - 28 Spesimen yang berlubang.....	39
Gambar 4 - 29 Spesimen sebelum pengujian <i>bending</i>	39
Gambar 4 - 30 Spesimen setelah pengujian <i>bending</i>	39
Gambar 4 - 31 Spesimen sebelum pengujian tarik	41
Gambar 4 - 32 Spesimen setelah pengujian tarik	41
Gambar 4 - 33 Grafik hasil pengujian <i>bending</i>	46
Gambar 4 - 34 Hasil spesimen setelah pengujian.....	47
Gambar 4 - 35 Grafik hasil pengujian tarik.....	49
Gambar 4 - 36 Jenis patahan pada pengujian tarik.....	49
Gambar 4 - 37 Bentuk patahan AA_5	50

DAFTAR NOTASI

σ = Tegangan (MPa)

ε = Regangan

E = Modulus elastisitas (GPa)

F = Gaya yang bekerja (N)

A = Luas penampang (mm^2)

D_o = Diameter luar (mm)

D_i = Diameter dalam (mm)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

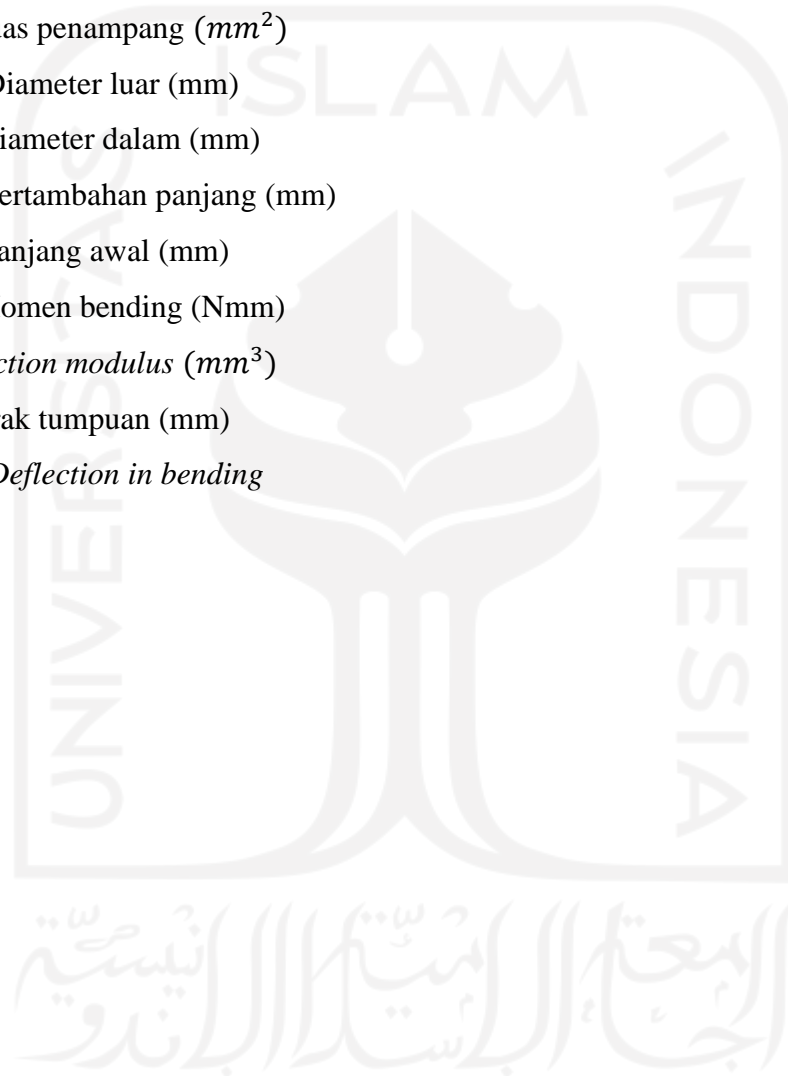
L_o = Panjang awal (mm)

M = Momen bending (Nmm)

Z = *Section modulus* (mm^3)

L = Jarak tumpuan (mm)

DL = *Deflection in bending*



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini ilmu pengetahuan dan teknologi mengalami kemajuan yang sangat pesat sehingga mempengaruhi berbagai bidang salah satunya yaitu pada bidang material komposit. Komposit merupakan gabungan dua atau lebih suatu material melalui campuran yang tidak homogen dengan sifat mekanik dari masing-masing materialnya berbeda (F.L. Matthews and R.D. Rawlings, 1999). Komposit memiliki keunggulan tersendiri yaitu lebih ringan dibandingkan dengan logam. Selain itu tahan korosi, tahan air, mampu meredam suara dan tanpa proses pemesinan. Material komposit telah banyak diaplikasikan pada berbagai sector industri baik berskala besar maupun berskala kecil seperti bodi pesawat, bodi mobil, pipa komposit dan sebagainya sampai dengan produk yang sederhana seperti peralatan rumah tangga. Salah satu bahan komposit yang banyak digunakan yaitu serat kaca (*fiberglass*) atau sering disebut dengan serat gelas.

Pipa komposit merupakan salah satu produk komposit yang banyak diteliti dan diproduksi oleh beberapa pihak saat ini. Bahkan dikutip dari kementerian perindustrian republik Indonesia, salah satu perusahaan industri di Tangerang pernah mengekspor pipa fiberglass senilai USD 20 juta ke Amerika Serikat untuk proyek pipa bawah tanah dengan diameter 3,4 meter di kota San Fransisco. Hal tersebut menjadikan pipa komposit memiliki daya tarik dan saing serta peluang yang besar untuk dikembangkan.

Pada beberapa penelitian yang membahas tentang pipa komposit, penelitian tersebut lebih terfokus pada pipa komposit untuk aliran fluida dengan menggunakan beberapa material diantaranya anyaman karung goni, serat kaca dan serat batang pisang.

Untuk itu, kajian dan penelitian tentang pipa komposit struktural dengan menggunakan bahan serat kaca anyam dan acak berlapis kain mori sangat diperlukan agar dapat memberikan kontribusi terhadap perkembangan material

komposit untuk penggunaan yang lebih luas, berkualitas dan mudah dalam proses produksinya serta mampu bersaing dalam dunia industri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan pada latar belakang, maka dapat dirumuskan pokok permasalahan pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana cara dan proses pembuatan pipa komposit berbahan serat kaca anyam dan acak berlapis kain mori?
2. Bagaimana hasil dari pengujian *bending* pada pipa komposit berbahan serat kaca anyam dan acak berlapis kain mori?
3. Bagaimana hasil dari pengujian tarik pada spesimen komposit berbahan serat kaca anyam dan acak berlapis kain mori?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini dibuat beberapa batasan masalah agar penyusunannya tidak menyimpang dari topik yang akan dikaji serta pembahasan yang terarah. Maka batasan masalah pada tugas akhir ini yaitu:

1. Komposit ini menggunakan serat kaca anyam, serat gelas acak dan kain mori.
2. Tidak melakukan perhitungan secara teoritis.
3. Membahas kekuatan dari spesimen atas pengujian yang dilakukan.
4. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian tarik dan pengujian *bending*.
5. Spesimen pada pengujian *bending* berbentuk pipa dengan diameter pipa 1 inch.
6. Dimensi pada spesimen pengujian tarik sesuai dengan ASTM D 638 dengan tipe I.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Mengetahui proses dan membuat pipa komposit berbahan serat anyam dan acak berlapis kain mori.
2. Mengetahui hasil dari pengujian *bending* pada pipa komposit berbahan serat anyam dan acak berlapis kain mori.
3. Mengetahui hasil dari pengujian tarik pada spesimen komposit berbahan serat anyam dan acak berlapis kain mori.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui proses dan membuat pipa komposit berbahan serat kaca anyam dan acak berlapis kain mori.
2. Mengetahui kekuatan *bending* material serat kaca anyam dan acak berlapis kain mori.
3. Mengetahui kekuatan tarik pada spesimen komposit serat kaca anyam dan acak berlapis kain mori.

1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan penelitian tugas akhir ini disusun dari beberapa bab dan subba. Penulisan laporan akhir ini terdiri dari lima bab yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang ditulisnya penelitian ini, rumusan masalah, tujuan penelitian dan manfaat dari penelitian ini.

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini merupakan bagian yang menjadi dasar teori dilaksanakannya penelitian. Seluruh teori atau materi dari penelitian ini dijelaskan pada bab 2 ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Alur urutan penelitian dibahas di dalam bagian ini. Bagaimana proses perancangan, pembuatan dan observasi mengenai topik penelitian dijelaskan di dalam bab 3.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan tentang hasil dan pembahasan penelitian dan perancangan yang telah dilakukan oleh peneliti.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Material komposit telah banyak diaplikasikan pada beberapa sektor industri baik dalam skala besar maupun kecil seperti halnya pada pipa komposit. Pipa komposit merupakan salah satu inovasi terbesar dan terbaru yang dibuat dalam beberapa tahun belakangan ini pada dunia perpipaan.

Serat batang pisang merupakan salah satu material yang menjadi alternatif pembuatan pipa komposit. Penelitian yang berkaitan dengan analisis pipa komposit dengan serat batang pisang *polyester* dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dan foto makro patahan spesimen sebab temperatur ruang uji. Hasil dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa kekuatan tertinggi terjadi pada temperature 35°C sebesar 0,7618 N/mm^2 dan pada suhu tersebut terjadi *pull-out fiber* dilihat dari hasil foto makro (Ngafwan & Effendi, 2015).

Jenis material komposit lain yang sering digunakan pada penelitian maupun pembuatan produk komposit yaitu fiber atau serat kaca. Pada proses pembuatan bodi komposit dan analisa kekuatan material komposit mobil listrik yacaranda menggunakan material fiber. Proses pembuatan dilakukan dengan metode *hand lay up*. Berdasarkan hasil penelitian, serat jenis *fiber cloth sw* memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 47,06 MPa. Sedangkan pada serat fiber jenis anyam memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi 26,31 MPa (Andriyanto et al., 2018).

Penelitian tentang sifat mekanik pipa komposit serat gelas, karbon dan karbon kevlar yang dibuat dengan metode *bladder compression molding* dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik material tersebut pada tekanan 7 bar, temperatur 120°C dan temperatur ruangan. Penelitian tersebut menggunakan variasi serat gelas, karbon dan karbon kevlar dengan lapisan serat pipa komposit sebanyak 6 lapis. Hasil pengujian tarik pada pipa komposit serat karbon, karbon kevlar dan gelas dengan proses *natural curing* memiliki kekuatan tertinggi dengan nilai kekuatan tarik berturut-turut sebesar 375, 281 dan 156 MPa. Sedangkan pada hasil pengujian *bending*, nilai kekuatan *bending* tertinggi dengan proses *curing* 120° C

pada pipa komposit serat karbon, karbon kevlar dan serat gelas berturut-turut sebesar 268, 131 dan 85 MPa (Amirudin et al., 2021).

Alternatif material komposit lain yang digunakan untuk pembuatan pipa komposit yaitu dengan menggunakan penguat anyaman karung goni. Penelitian uji *bending* pipa komposit *jute-epoxy* pada perlakuan rendaman air panas bertujuan untuk mengetahui kekuatan *bending* dari pipa komposit ketika diberi perlakuan panas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa regangan meningkat ketika diberi perlakuan panas sebesar 0,007 MPa dari pada spesimen yang tidak diberi perlakuan panas. Nilai tegangan dan modulus elastisitas pada pipa komposit spesimen kontrol berturut-turut sebesar 67,946 MPa dan 10,398 GPa. Sedangkan pada pipa komposit dengan perlakuan panas memiliki nilai tegangan *bending* sebesar 28,613 MPa dan modulus elastisitas sebesar 2,225 GPa. (Wirama, I dkk, 2021).

Pada perancangan rancang bangun pembuatan bodi motor menggunakan *FRP (Fiberglass Reinforced Plastic)* bercorak batik memiliki tujuan untuk menambah wawasan tentang komposit dan dapat menerapkannya pada pembuatan bodi motor. Pembuatan bodi motor tersebut menambahkan unsur batik dengan menempelkan kain batik langsung pada bodi setelah dilakukan pengujian pada bodi. Penempelan dilakukan dengan cara mengoleskan campuran resin dan katalis agar kain batik melekat pada bodi (Saptono et al., 2014).

Kain mori merupakan salah satu bahan penguat yang memiliki kekuatan tarik dan ketahanan sobek yang tinggi. Berdasarkan penelitian pengaruh bahan penguat terhadap sifat kekuatan tarik dan ketahanan sobek kulit imitasi untuk atasan sepatu, bahan penguat kain mori memiliki nilai lebih tinggi daripada bahan penguat lainnya seperti kain flanel, kaos katun, kaos k&p1 dan kaos k&p2. Hasil tersebut diperoleh berdasarkan pengujian fisis yang dilakukan dengan hasil kekuatan tarik dan sobek pada kain flanel dan mori berturut-turut sebesar 17,37 dan 6,87 serta 25,24 dan 12,71 (Nadilah, 1994).

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, perbedaan dengan penelitian ini yaitu penelitian pipa komposit ini dilakukan dengan menggunakan serat kaca anyam 1 lapis, serat kaca acak 1 lapis dan 1 lapis kain mori.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Komposit

Komposit berasal dari kata “*to compose*” yang artinya menyusun atau menghubungkan. Secara sederhana komposit berarti penggabungan atas dua atau lebih bahan yang dikombinasikan menjadi satu dalam skala makroskopis, sehingga menjadi satu kesatuan (Kaw, 1997).

Komposit merupakan kombinasi dari dua atau lebih bahan yang menghasilkan sifat yang lebih baik daripada komponen individu yang digunakan masing-masing. Berbeda dengan paduan logam, setiap bahan mempertahankan sifat kimia, fisik dan mekaniknya yang terpisah. Kedua komponen tersebut adalah penguat dan matriks (Campbell, 2010). Penggabungan dari dua bahan menjadi satu memiliki tujuan yaitu untuk menghasilkan material baru yang memiliki sifat kimia maupun mekanik yang lebih baik dari material penyusunnya.

Keunggulan yang terdapat pada komposit dibandingkan bahan logam (Jones, 1999). Diantaranya:

1. Bahan komposit memiliki kekuatan dan kekakuan tinggi melebihi sifat logam.
2. Sifat kekakuan dan kekuatan yang baik.
3. Memiliki daya redam yang baik
4. Terhindar dari korosi.
5. Komposit memiliki permukaan yang halus.

2.2.2 Unsur Utama Penyusun Komposit

Pada material komposit terdapat penggabungan dua unsur atau lebih yang menjadi satu. Pada umumnya komposit memiliki dua unsur utama yaitu penguat dan matriks.

1. Matriks

Unsur pertama yang ada pada komposit yaitu matriks. Matriks merupakan salah satu fasa dalam komposit yang memiliki bagian terbesar dan rigiditas yang lebih rendah. Ketentuan matriks yang digunakan pada komposit yaitu matriks dapat meneruskan beban, sehingga serat dapat melekat pada matriks dan kompatibel antara matriks dan serat, artinya tidak ada reaksi yang mengganggu (Kristanto, 2018).

Berdasarkan jenis matriks yang digunakan, komposit terbagi menjadi tiga jenis (Syahrafi, 2016) sebagai berikut:

- a. *Ceramic Matrix Composite* (CMC) yaitu matriks komposit berbahan keramik. Diantaranya: Alumina, *aluminium titanite* dan *silicon carbide*.
- b. *Polimer Matrix Composite* (PMC) yaitu matriks komposit berbahan polimer. Diantaranya: Thermoplastik dan thermosetting.
- c. *Metal Matrix Composite* (MMC) yaitu matriks komposit berbahan logam. Diantaranya: Aluminium, magnesium dan titanium.

2. Penguat (*Reinforcement*)

Unsur kedua yang ada pada komposit yaitu penguat (*reinforcement*). Penguat yang digunakan pada penelitian ini yaitu serat. Karakteristik bahan komposit seperti kekakuan, kekuatan dan sifat-sifat mekanis lainnya ditentukan oleh serat yang digunakan dan perbandingan antara serat dengan matriksnya.

Berdasarkan penguat yang digunakan, komposit terbagi menjadi 3 jenis (Pradana, 2014) yaitu:

- a. *Fibrous Composites* (Komposit serat)

Komposit serat adalah salah satu jenis komposit yang menjadikan serat atau *fiber* sebagai penguatnya. *Fiber* yang digunakan pada komposit ini dapat berupa *carbon fiber*, *glass fiber*, *aramid fiber (poly aramide)* dan lainnya. Komposit serat tersebut dapat dilihat pada gambar 2 – 1 berikut ini:

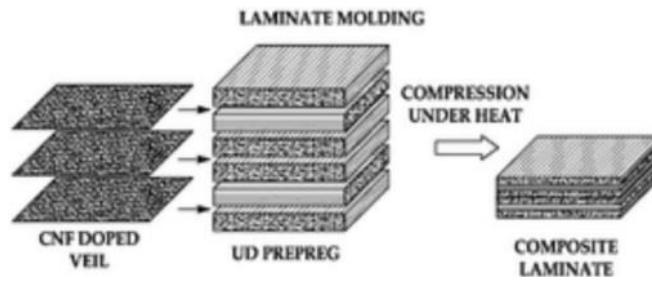


Gambar 2 - 1 Komposit Serat

Sumber: (Statistianto, 2016)

- b. *Laminated Composites* (Komposit laminasi)

Komposit laminasi terdiri atas dua atau lebih lapisan yang memiliki karakteristik tersendiri dan digabung menjadi satu. Komposit lamina dapat dilihat pada gambar 2 – 2 berikut ini:

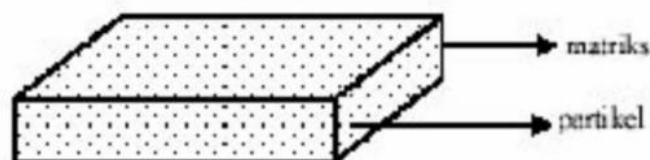


Gambar 2 - 2 Komposit lamina

Sumber: (Arimatea, 2021)

c. *Particulate Composites* (Komposit Partikel)

Komposit partikel adalah komposit yang penguatnya berasal dari partikel dan tersebar secara merata pada matriksnya. Sifat dari komposit ini adalah seragam atau isotropik karena partikel yang ada pada matriks acak tersebar secara merata. Komposit partikel dapat dilihat pada gambar 2 – 3 berikut ini:



Gambar 2 - 3 Komposit partikel

Sumber: (Arimatea, 2021)

2.2.3 Jenis-Jenis Serat

Serat merupakan salah satu unsur utama penyusun komposit yang memiliki fungsi untuk menahan beban, sehingga besar atau kecil kekuatan dari suatu komposit bergantung pada serat pembentuknya. Diameter serat yang kecil akan menjadikan bahan tersebut kuat dan meminimalisir adanya kecacatan (Kristanto, 2018).

Serat terbagi menjadi 2 jenis yaitu serat alam dan sintetis. Serat alam adalah serat yang diperoleh langsung dari alam, biasanya berupa serat organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Beberapa serat alam banyak digunakan oleh manusia seperti serat rami, ijuk, aren, goni dan sebagainya. Sedangkan serat sintetis yang sering digunakan yaitu *fiberglass*, *carbon*, *nylon*, *graphite* dan *aluminium* (Bismarck', et al., 2002).

Pada umumnya serat yang sering dipakai adalah serat kaca atau *fiberglass*. Serat kaca terbagi menjadi tiga berdasarkan karakteristik dan fungsinya (Syahrafi, 2016) sebagai berikut:

1. *S-glass*

Modulus elastisitas yang dimiliki pada serat *S glass* tinggi dan umumnya diaplikasikan kapal dan pesawat terbang.

2. *E-glass*

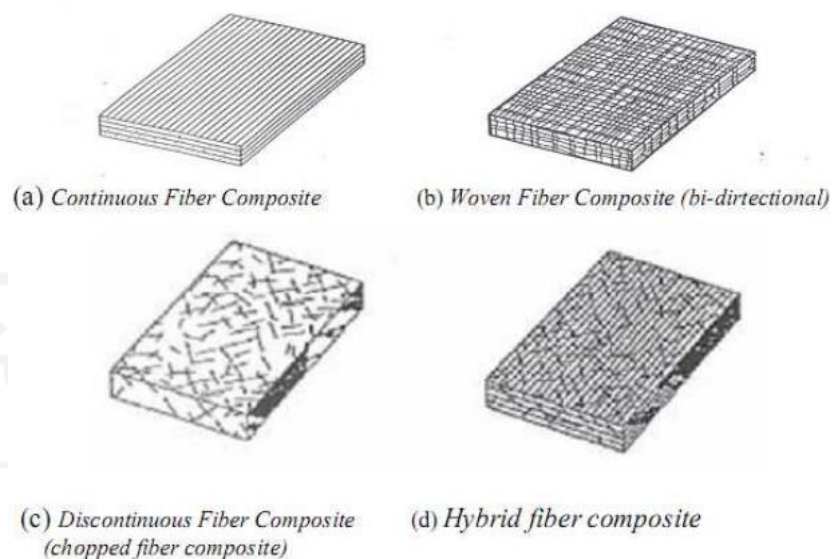
Serat *E-glass* memiliki kekuatan yang cukup tinggi sehingga banyak diaplikasikan pada proses manufaktur yang membutuhkan isolator dan konduktivitas thermal yang rendah.

3. *C-glass*

Serat *C-glass* banyak diaplikasikan pada pabrik kimia sebagai pelapis peralatan karena memiliki ketahanan terhadap korosi yang tinggi.

Pada penelitian ini jenis serat yang digunakan yaitu serat *s-glass* atau disebut sebagai *structural glass* yang biasa digunakan untuk keperluan mekanis.

Berdasarkan penempatan serat, terdapat beberapa jenis serat (Yani & Lubis, 2018) yaitu:



Gambar 2 - 4 Jenis serat berdasarkan penempatan serat

Sumber: (Nayiroh, 2013)

1. *Continues Fiber Composite*

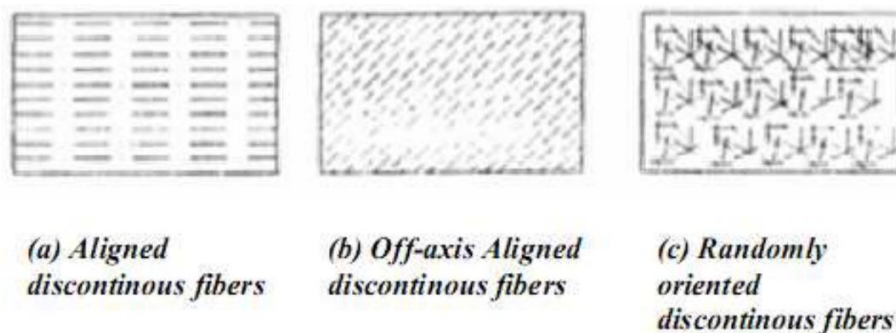
Serat jenis ini memiliki susunan serat yang panjang dan lurus membentuk lamina antara matriksnya. Kelemahan pada serat ini yaitu pemisahan antar lapisan karena kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya.

2. *Woven Fiber Composite*

Komposit dengan serat *woven* tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan sebab susunan seratnya mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekauan akan melemah.

3. *Discontinues Fiber Composite*

Jenis serat *Discontinuous fiber composite* memiliki serat yang pendek. Diantaranya *aligned*, *off-axis* dan *randomly*. Serat tersebut dapat dilihat pada gambar 2 – 5 di bawah ini:



Gambar 2 - 5 Jenis serat *Discontinuous fiber composite*

Sumber: (Nayiroh, 2013)

4. *Hybrid Fiber Composite*

Komposit serat jenis *hybrid* ini adalah gabungan dari serat lurus dengan acak. *Hybrid fiber* digunakan agar dapat mengganti kekurangan dari sifat kedua serat tersebut dan menggabungkan kelebihanannya.

Pada penelitian ini serat yang digunakan yaitu serat kaca anyam (*woven fiber composite*) dan serat kaca acak (*discontinues fiber composite*). Pemilihan serat tersebut dengan tujuan agar mendapatkan kelebihan dari masing-masing jenis serat dan saling melengkapi.

2.3 Kain Mori

Menurut SNI 08-0281-2004, kain mori yaitu kain tenun polos katun tebal, sudah dikelantang dan tanpa atau diberi penyempurnaan kanji, digunakan pada bahan batik. Sedangkan kain mori primisima adalah kain mori halus yang berasal dari benang nomor Tex 10,2-9,0 (SNI 08-0280-2004) (Rumiyati, 2022). Pemilihan kain mori pada penelitian ini dikarenakan pada umumnya kain yang digunakan untuk pembuatan batik adalah kain katun salah satunya dengan jenis mori (Apriliana & Syamwil, 2014). Selain itu, kekuatan tarik dan ketahanan sobek kain mori memiliki nilai terbaik dari jenis kain lain yaitu kain flannel dan kain kaos karena kain mori tersusun dari serat kapas dan poliester (Nadilah, 1994).

Pemilihan kain mori pada penelitian ini terutama kain mori jenis primisima yaitu untuk memberikan corak batik pada pipa komposit ini ketika telah menjadi suatu produk. Kain primisima dipilih karena merupakan salah satu jenis kain mori yang memiliki kualitas baik dan sering digunakan untuk pembuatan batik.

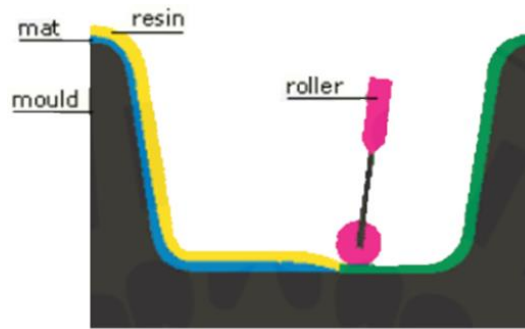
2.4 Metode Pembuatan Komposit

Pada pembuatan komposit terdapat dua metode yang digunakan yaitu metode dengan menggunakan cetakan terbuka (*open mold*) dan metode dengan cetakan tertutup (*close mold*).

Metode dengan cetakan terbuka sebagai berikut (Muchtar, 2018):

1. *Hand lay up*

Metode *hand layup* adalah metode yang paling sederhana dan sering digunakan pada produk komposit dengan jumlah produksi kecil maupun besar. Keuntungan menggunakan metode ini yaitu prosesnya yang sederhana dan biaya yang dikeluarkan relatif murah karena peralatan yang digunakan sederhana serta desain yang digunakan mudah dibuat. Selain itu metode *hand lay up* sangat cocok digunakan untuk spesimen atau produk yang berukuran besar. Proses *hand lay up* dapat dilihat pada gambar 2 – 6 metode *hand lay up*:

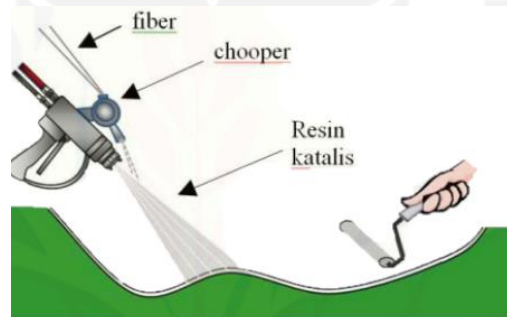


Gambar 2 - 6 Metode *hand lay up*

Sumber: (Statistianto, 2016)

2. *Spray up*

Metode *spray up* adalah metode yang digunakan untuk spesimen atau produk yang memiliki bagian-bagian yang lebih kompleks dibandingkan dengan metode *hand lay up*. Metode ini umumnya digunakan pada pembuatan badan kapal, tanki, komponen transportasi lainnya yang memiliki dimensi bermacam-macam. Proses *spray up* dapat dilihat pada gambar 2 – 7 metode *spray up*:



Gambar 2 - 7 Metode *Spray up*

Sumber: (Statistianto, 2016)

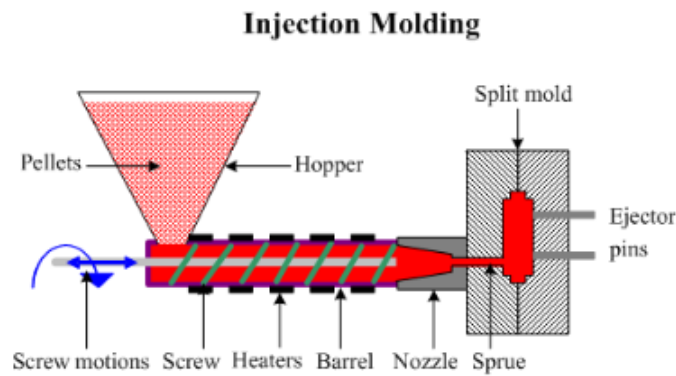
Metode dengan cetakan tertutup sebagai berikut:

1. *Vacuum bag*

Pada metode *vacuum bag* prosesnya menggunakan pompa *vacuum* untuk menghisap udara yang ada pada suatu wadah yang berisi komposit. Umumnya pada proses ini memerlukan bahan-bahan tertentu dan volume material yang besar. Jika dibandingkan dengan metode *hand lay up*, *vacuum bag* menghasilkan penguatan konsentrasi yang lebih tinggi, kontrol pada resin atau rasio kaca yang baik dan memiliki *adhesi* yang lebih baik antar lapisan.

2. *Injection Mold*

Metode *injection mold* disebut juga dengan reaksi pencetakan cairan atau pelapisan tekanan tinggi. *Fiber* dan resin dimasukkan kedalam rongga cetakan yang ada pada bagian atas, lalu resin akan mencair karena kondisi temperatur yang terjaga. Lalu kedua bahan tersebut mengalir kebawah dan dilakukan injeksi oleh mandrel kearah nozel cetakan. Umumnya metode ini digunakan untuk bumper otomotif, komponen fender dan panel, peralatan rumah serta komponen mebel. Proses *injection molding* dapat dilihat pada gambar 2 – 8 berikut ini:



Gambar 2 - 8 Metode injection molding

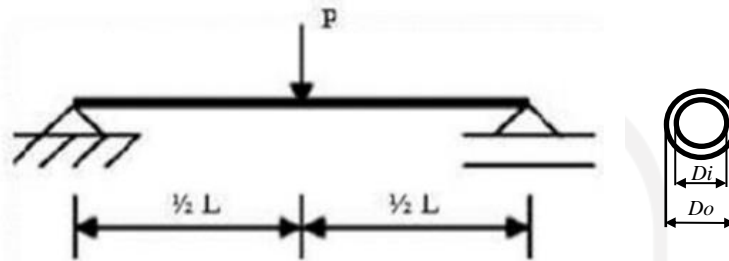
Sumber: <http://www.substech.com/>

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *hand lay up* karena proses yang dilakukan dan peralatan yang digunakan sederhana. Selain itu, pipa memiliki dimensi yang besar sehingga mudah dilakukan dengan metode *hand lay up*.

2.5 Pengujian *Bending*

Pengujian *bending* adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik mekanik dari suatu material yang akan di uji. Besar kecilnya kekuatan bending tergantung pada jenis material yang digunakan dan pembebanannya. Pada pengujian *bending*, bagian atas spesimen yang di uji akan mengalami tekanan, sebaliknya pada bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Istilah *point bending* dalam pengujian *bending* memiliki fungsi sebagai tumpuan benda uji dan sebagai penerus gaya tekan yang dikeluarkan oleh alat tekan.

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian *three point bending* untuk mengetahui kekuatan lentur (*flexural stiffness*) komposit. Pengujian dilakukan dengan cara spesimen disangga pada kedua sisi dan diberikan beban diantara dua penyangga tersebut sampai spesimen rusak. Pengujian bending dilakukan berdasarkan standar ASTM D-790. Berikut gambar 2 – 9 *three point bending*:



Gambar 2 - 9 Three point bending

Sumber: (*Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials 1*, n.d.)

Persamaan yang digunakan pada penelitian ini yaitu (Wirama, 2021) :

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

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

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

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

Keterangan:

M = Momen bending (Nmm)

Z = Section modulus (mm^3)

L = Jarak tumpuan (mm)

F = Gaya yang bekerja (N)

Strain = Regangan

Do = Diameter luar spesimen (mm)

Di = Diameter dalam spesimen (mm)

DL = Deflection in bending

2.6 Pengujian Tarik

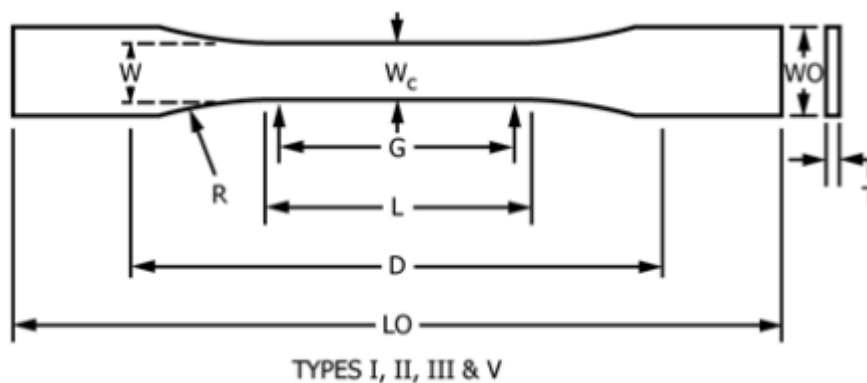
Pengujian tarik merupakan salah satu pengujian yang dilakukan dengan tujuan untuk menguji kekuatan suatu material dengan cara memberikan beban gaya dengan arah vertikal. Spesimen yang akan di uji tarik diberi pembebanan pada kedua arah sumbunya. Besarnya beban pada kedua sumbu sama besarnya. Dimensi spesimen yang akan di uji disesuaikan dengan standar yang telah ditentukan. Pada penelitian ini, standar yang digunakan yaitu ASTM D-638.

Pengujian tarik dengan standar ASTM D-638 merupakan pengujian tarik dengan material plastik yang diperkuat dengan serat maupun tidak. Pengujian ini dapat diterapkan untuk material plastik sampai dengan ketebalan 14 mm atau 0,5 inci.

Dimensi pada spesimen pengujian tarik ASTM D-638 dapat dilihat pada tabel 2 – 1 dan untuk tipe pengujian tarik dapat dilihat pada gambar 2 – 10:

Tabel 2 - 1 Dimensi spesimen pengujian tarik ASTM D-638

Dimensions (see drawings)	Specimen Dimensions for Thickness, T , mm (in.) ^A					Tolerances
	7 (0.28) or under		Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), incl	4 (0.16) or under		
	Type I	Type II	Type III	Type IV ^B	Type V ^{C,D}	
W —Width of narrow section ^{E,F}	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)	± 0.5 (± 0.02) ^{R,C}
L —Length of narrow section	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)	± 0.5 (± 0.02) ^C
WO —Width overall, min ^G	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	...	+ 6.4 (+ 0.25)
WO —Width overall, min ^G	...	...	...	...	9.53 (0.375)	+ 3.18 (+ 0.125)
LO —Length overall, min ^H	165 (6.5)	183 (7.2)	246 (9.7)	115 (4.5)	63.5 (2.5)	no max (no max)
G —Gage length ^I	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	...	7.62 (0.300)	± 0.25 (± 0.010) ^C
G —Gage length ^I	...	...	...	25 (1.00)	...	± 0.13 (± 0.005)
D —Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	65 (2.5) ^J	25.4 (1.0)	± 5 (± 0.2)
R —Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)	± 1 (± 0.04) ^C
RO —Outer radius (Type IV)	...	...	...	25 (1.00)	...	± 1 (± 0.04)



Gambar 2 - 10 Tipe pengujian tarik

Sumber: (*Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics 1*, n.d.)

Hasil yang diperoleh dari pengujian tarik yaitu berupa grafik hubungan beban dan pertambahan panjang. Persamaan yang dibutuhkan untuk mengolah data hasil pengujian agar mendapatkan nilai kekuatan tarik dan regangan dari pengujian tersebut yaitu:

1. Kekuatan tarik atau *tensile strength* adalah gaya tarik persatuan luas permukaan yang diterima. Persamaannya sebagai berikut:

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

Keterangan:

σ = Kekuatan tarik (MPa)

F = Gaya yang bekerja (N)

A = Luas penampang (mm^2)

2. Regangan tarik atau *tensile strain* didefinisikan sebagai perubahan panjang setelah dilakukannya pengujian tarik pada suatu material. Untuk mencari nilainya digunakan persamaan berikut:

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

Keterangan:

ε = Regangan

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L_0 = Panjang awal (mm)

3. Modulus elastisitas yaitu perbandingan antara regangan atau *strain* dengan tegangan atau *stress* yang diperoleh dari persamaan berikut:

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

Keterangan:

E = Modulus elastisitas (Gpa)

σ = Tegangan (MPa)

ε = Regangan

(Callister, 2010)

2.6.1 Grafik Tegangan – Regangan

Berdasarkan grafik tegangan – regangan pengujian tarik dapat diketahui karakteristik dari suatu material. Grafik tersebut diperoleh dari pengujian tarik

yang telah dilakukan (Sastranegara, 2009). Grafik tegangan – regangan dapat dilihat pada gambar 2 – 11 berikut ini:



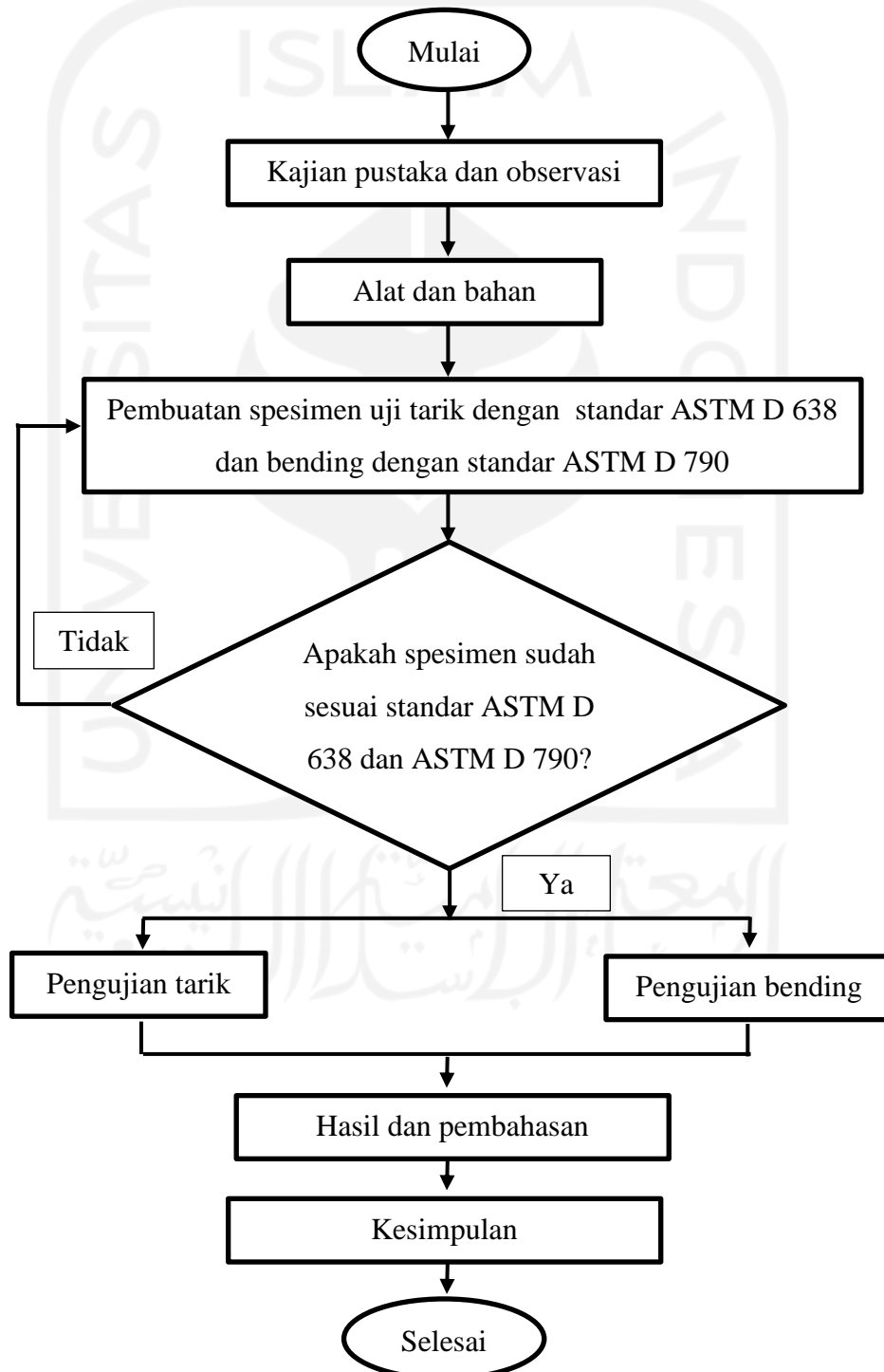
Gambar 2 - 11 Grafik tegangan – regangan
(Sumber: Sunaryo, adhitya dkk., 2014)

1. Daerah linier
Daerah linier adalah daerah yang jika material diberikan beban kemudian beban tersebut dihilangkan, maka material akan kembali ke bentuk semula.
2. Titik luluh
Titik luluh adalah titik batas kemampuan material mengalami peralihan dari daerah elastis menjadi plastis. Tegangan luluh dalam grafik tegangan – regangan biasanya dihitung dari 0,2% dari garis koordinat regangan atau garis pertambahan panjang.
3. Tegangan Tarik Maksimum
Tegangan tarik maksimum adalah kemampuan material menahan beban tertinggi atau maksimal dan dapat diketahui dengan grafik tegangan – regangan, yaitu pada grafik puncak.
4. Titik putus
Titik putus terjadi ketika tegangan putus dari material setelah melewati tegangan maksimum.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada *flowchart* dibawah ini:



3.2 Peralatan dan Bahan


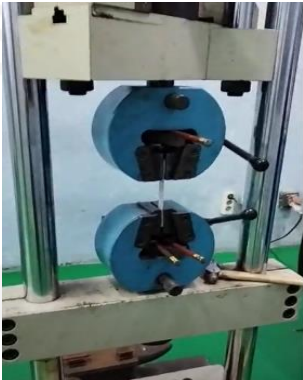

Berikut adalah peralatan dan bahan yang digunakan dalam proses pembuatan spesimen pipa komposit seperti pada tabel 3 - 1:

Tabel 3 - 1 Alat dan bahan

No	Alat dan Bahan	Foto Alat dan Bahan	Keterangan
1	Serat kaca	<p>1. Serat kaca anyam</p>  <p>2. Serat kaca acak</p> 	Sebagai penguat (<i>reinforcement</i>) pada pipa komposit
2	Kain mori		Sebagai penguat (<i>reinforcement</i>) pada pipa komposit

3	Resin		<p>Sebagai matriks atau pengikat pada serat kaca agar menjadi kaku</p>
4	Katalis		<p>Sebagai bahan campuran resin untuk mempercepat proses reaksi</p>
5	Wax release		<p>Untuk mencegah produk menempel pada permukaan cetakan dan mempermudah pelepasan produk</p>
6	Kuas		<p>Sebagai alat bantu untuk meratakan resin ke serat kaca dan kain mori</p>

7	Gelas plastik		<p>Sebagai wadah untuk meletakkan resin dan katalis serta mencampur keduanya</p>
8	Suntikan		<p>Sebagai alat bantu untuk mengambil katalis dari tempatnya</p>
9	Pipa pvc $\frac{3}{4}$ inch		<p>Sebagai cetakan untuk spesimen pengujian bending</p>
10	Alat bantu putar spesimen pengujian bending		<p>Sebagai alat bantu untuk mempermudah proses pembuatan spesimen untuk pengujian bending</p>

11	Cetakan kaca spesimen pengujian tarik		Sebagai alat bantu mencetak spesimen untuk pengujian tarik
12	Alat uji tarik		Alat untuk menguji spesimen tarik
13	Alat uji <i>bending</i>		Alat untuk menguji spesimen <i>bending</i>

3.3 Pembuatan komposit

Dalam proses pembuatan spesimen untuk pengujian *bending* maupun tarik, spesimen terdiri atas 3 lapisan yaitu serat kaca anyam pada lapisan pertama, serat kaca acak pada lapisan kedua dan kain mori pada lapisan ketiga atau lapisan paling luar. Skema dari 3 lapisan tersebut dapat dilihat pada gambar 3 – 1 berikut ini:



Gambar 3 - 1 Skema pelapisan spesimen

3.3.1 Proses persiapan

Pada proses ini hal-hal yang perlu dipersiapkan diantaranya: alat dan bahan yang akan digunakan, tempat untuk membuat komposit, cetakan yang akan digunakan dan lokasi untuk melakukan pengujian. Persiapan lain yang harus dilakukan yaitu pemotongan serat kaca dan kain mori yang akan digunakan. Serat kaca dan kain mori dipotong sesuai dengan ukuran yang mengacu pada standar yang digunakan pada pengujian bending dan tarik. Dalam proses persiapan ini, ketika menentukan tempat untuk membuat komposit terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan. Diantaranya:

1. Menggunakan masker dan sarung tangan untuk melindungi diri dari aroma yang menyengat yang berasal dari resin agar tidak merusak saluran pernafasan dan dari bahan-bahan keras lainnya.
2. Pembuatan pipa komposit dilakukan pada tempat yang kering dan tidak lembab.
3. Memiliki sirkulasi udara yang baik.

3.3.2 Proses Pembuatan Spesimen Pengujian *Bending*

Proses pembuatan spesimen untuk pengujian *bending* sebagai berikut:

1. Pemotongan cetakan yang berupa pipa pvc dengan ukuran $\frac{3}{4}$ inch.
2. Pembuatan alat bantu putar untuk memudahkan dalam pembuatan spesimen pipa komposit.
3. Pemotongan serat kaca anyam dan acak.
4. Pemotongan kain mori.
5. Pelapisan cetakan dengan *wax release*.
6. Proses pencampuran resin dan katalis.
7. Proses pelapisan serat kaca anyam pada lapisan pertama.
8. Proses pelapisan serat kaca acak pada lapisan kedua.
9. Proses pelapisan kain mori pada lapisan ketiga.
10. Pelepasan spesimen.

3.3.3 Proses Pembuatan Spesimen Pengujian Tarik

Proses pembuatan spesimen untuk pengujian tarik sebagai berikut:

1. Pembuatan desain untuk memotong spesimen agar sesuai dengan standar.
2. Pembuatan cetakan dari kaca.
3. Pemotongan serat kaca anyam dan acak serta kain mori.
4. Pelapisan cetakan dengan *wax release*.
5. Proses pencampuran resin dan katalis.
6. Proses *hand lay-up* serat kaca anyam pada lapisan pertama.
7. Proses *hand lay-up* serat kaca acak pada lapisan kedua.
8. Proses *hand lay up* kain mori pada lapisan ketiga.
9. Pelepasan spesimen dari cetakan.
10. Pemotongan dan merapikan spesimen sesuai dengan standar yang digunakan.

3.4 Pelaksanaan Pengujian Spesimen

Pengujian pada penelitian ini dilakukan di laboratorium bahan teknik sekolah vokasi Universitas Gadjah Mada (UGM) dengan jumlah spesimen pada masing-masing pengujian sebanyak 5 spesimen. Pengujian menggunakan *Universal Testing Machine (TNM 20 MD)*.

3.4.1 Proses Pengujian *Bending*

Spesimen yang akan diuji pada pengujian *bending* mengacu pada standar ASTM D 790. Pengujian dilakukan dengan cara spesimen diletakkan pada dua titik tumpu dengan panjang diantara titik tumpu 150 mm kemudian ditekan pada titik tengah sehingga spesimen mengalami tekanan. Data hasil pengujian diperoleh dengan cara membaca dan mencatat hasil pengujian *bending* dan grafik pengujian akan muncul dari alat uji tersebut untuk mengetahui kekuatan *bending* dari 5 spesimen yang diuji.

3.4.2 Proses Pengujian Tarik

Spesimen yang akan diuji pada pengujian tarik mengacu pada standar ASTM D 638. Proses pengujian tarik dilakukan dengan cara spesimen yang akan diuji diletakkan pada alat uji tarik lalu dijepit dan ditarik secara perlahan sampai spesimen patah dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan dari spesimen tersebut. Data yang diperoleh dari pengujian tarik didapatkan dengan cara membaca dan mencatat hasil pengujian tarik dan grafik pengujian akan muncul dari alat uji tersebut untuk mengetahui kekuatan tarik dari lima spesimen yang diuji.



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pembuatan Pipa Komposit

4.1.1 Pembuatan Spesimen Pengujian *Bending*

Pembuatan spesimen pada pengujian *bending* berdasarkan standar ASTM D 790. Spesimen yang digunakan untuk pengujian *bending* berupa pipa yang dalam proses pembuatannya dibantu dengan menggunakan alat sederhana untuk menggulung serat agar menjadi sebuah pipa. Berikut merupakan langkah pembuatan spesimen pengujian *bending*:

1. Pemotongan cetakan yang berupa pipa pvc dengan ukuran $\frac{3}{4}$ inch. Pemotongan pipa tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 1 dibawah ini:



Gambar 4 - 1 Pemotongan pipa pvc

Pemilihan pipa pvc dengan diameter $\frac{3}{4}$ inch sebagai cetakan yaitu untuk mendapatkan diameter dalam pada spesimen pipa komposit 1 inch.

2. Pembuatan alat bantu putar untuk memudahkan dalam pembuatan spesimen pipa komposit pada pengujian *bending*. Alat tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 2 dibawah ini:



Gambar 4 - 2 Alat bantu putar

Alat tersebut dibuat dengan menggunakan bahan yang ada dengan bentuk yang sederhana. Cara menggunakan alat tersebut yaitu dengan memasukkan cetakan pipa pada salah satu sisi besi lalu diputar dengan menggerakkan sisi besi yang satunya.

3. Pemotongan serat kaca anyam dan acak. Hasil pemotongan dapat dilihat pada gambar 4 – 3 dan gambar 4 – 4 dibawah ini:



Gambar 4 - 3 Serat kaca anyam

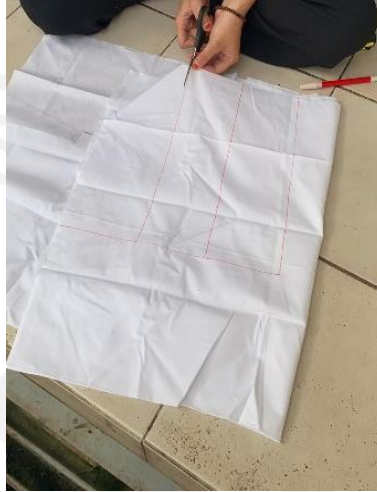


Gambar 4 - 4 Serat kaca acak

Pada proses ini, serat kaca dipotong sesuai dengan ukuran keliling lingkaran untuk serat kaca anyam dan acak yaitu 32 cm x 10 cm. Ukuran tersebut

dilebihkan 1 cm untuk panjang dan lebar. Hal tersebut dilakukan untuk mengantisipasi hal-hal yang tidak diinginkan terjadi. Serat kaca anyam dan acak yang digunakan masing-masing 1 lembar.

4. Pemotongan kain mori. Hasil pemotongan kain mori dapat dilihat pada gambar 4 – 5 dibawah ini:



Gambar 4 - 5 Kain mori

Pada pemotongan kain mori, ukuran yang digunakan sama dengan ukuran serat anyam dan acak yaitu 32 cm x 10 cm sebanyak 1 lembar.

5. Pelapisan cetakan dengan *wax release* dapat dilihat pada gambar 4 – 6 dibawah ini:



Gambar 4 - 6 Pelapisan *wax release*

Cetakan yang akan digunakan dilapisi *wax release* terlebih dahulu kemudian ditunggu beberapa saat hingga sedikit mengering, kemudian dimasukkan pada alat putar untuk proses selanjutnya.

6. Proses pencampuran resin dan katalis.

Resin dan katalis yang digunakan memiliki perbandingan 100:1. Pemilihan perbandingan tersebut berdasarkan penelitian yang menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik pada perbandingan tersebut tinggi (Iskandar, 2021). Setelah mencampur kedua bahan tersebut dioleskan pada cetakan sedikit demi sedikit bersamaan dengan dipasangnya serat. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 7 pencampuran resin dan katalis dibawah ini:



Gambar 4 - 7 Pencampuran resin dan katalis

7. Proses pemasangan serat kaca anyam.

Proses ini dilakukan dengan metode *hand lay up*. Serat dipasang pada cetakan disertai dengan pengolesan campuran resin dan katalis. Serat pada lapisan pertama yang digunakan yaitu serat kaca anyam. Pada proses ini, serat digulung dengan alat bantu putar hingga serat menutupi cetakan satu putaran penuh. Setelah itu dibiarkan selama 5 menit dengan tujuan agar resin tidak menggumpal sehingga menjadikan salah satu sisi dari pipa memiliki ketebalan yang tidak sama. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 8 pemasangan serat kaca anyam berikut ini:



Gambar 4 - 8 Pemasangan serat kaca anyam

8. Proses pemasangan serat kaca acak.

Lapisan kedua pada pipa komposit dalam penelitian ini yaitu serat kaca acak. Serat acak dipasang setelah lapisan pertama mengering. Cara pemasangan seperti pada lapisan pertama yaitu serat ditempelkan pada ujung serat pertama disertai dengan pemberian campuran resin dan katalis. Proses tersebut dilakukan sampai satu putaran penuh. Setelah itu didiamkan selama 5 menit agar resin tidak menggumpal sehingga menjadikan salah satu sisi dari pipa memiliki ketebalan yang tidak sama. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 9 pemasangan serat kaca acak berikut ini:

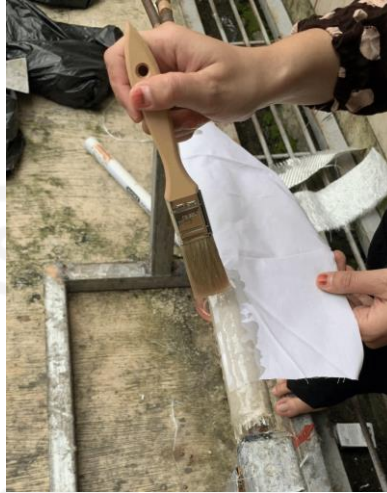


Gambar 4 - 9 Pemasangan serat kaca acak

9. Proses pemasangan kain mori

Kain mori dipasang setelah lapisan kedua belum mengering sempurna. Pemasangan kain mori disertai dengan pengolesan campuran resin dan katalis.

Proses ini dilakukan sampai satu putaran penuh. Setelah pemasangan kain mori selesai, spesimen dibiarkan selama 24 jam hingga mengering. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 10 pemasangan kain mori berikut ini:



Gambar 4 - 10 Pemasangan kain mori

10. Pelepasan spesimen.

Spesimen yang sudah mengering kemudian dilepas dari cetaknya menggunakan tang. Spesimen siap untuk dilakukan pengujian. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 11 pelepasan spesimen dari cetakan berikut ini:

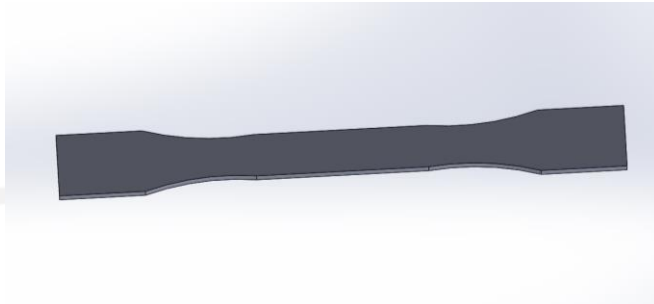


Gambar 4 - 11 Pelepasan spesimen dari cetakan

4.1.2 Pembuatan Spesimen Pengujian Tarik

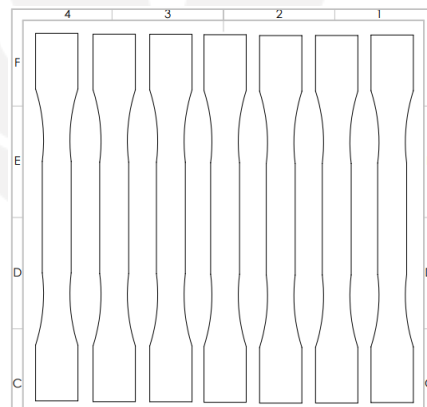
Spesimen yang digunakan untuk pengujian tarik berupa lembaran sesuai dengan standar ASTM D 638 tipe 1. Berikut merupakan langkah pembuatan spesimen pengujian tarik:

1. Pembuatan desain yang kemudian dijadikan pola untuk memotong spesimen agar sesuai dengan standar. Desain tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 12 desain spesimen pengujian tarik sebagai berikut:



Gambar 4 - 12 Desain spesimen pengujian tarik

Setelah desain tersebut diatas dibuat, kemudian dijadikan *drawing* dan dicetak dengan tujuan sebagai pola untuk pemotongan spesimen pengujian tarik. Pola tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 13 sebagai berikut:



Gambar 4 - 13 Pola spesimen pengujian tarik

2. Pembuatan cetakan dari kaca.

Cetakan pada pembuatan spesimen untuk pengujian tarik memiliki ukuran 20 cm x 21 cm. Cetakan tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 14 sebagai berikut:



Gambar 4 - 14 Cetakan kaca

3. Pemotongan serat kaca dan kain mori.

Serat dan kain mori dipotong dengan ukuran 20 cm x 21 cm masing-masing 1 lembar. Dalam 1 lembar serat kaca dan kain tersebut menghasilkan 7 spesimen uji tarik. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 15 pemotongan serat acak, 4 – 16 pemotongan serat anyam dan 4 – 17 pemotongan kain mori berikut ini:



Gambar 4 - 15 Pemotongan serat kaca acak



Gambar 4 - 16 Pemotongan serat kaca anyam



Gambar 4 - 17 Pemotongan kain mori

4. Pelapisan cetakan dengan *wax release*.

Cetakan kaca yang sudah disiapkan, sebelum digunakan dioles terlebih dahulu dengan *wax release* kemudian ditunggu beberapa saat hingga sedikit

mengering. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 18 pelapisan *wax release* berikut ini:



Gambar 4 - 18 Pelapisan *wax release*

5. Proses pencampuran resin dan katalis.

Resin dan katalis yang digunakan memiliki perbandingan 100:1. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 19 pencampuran resin dan katalis berikut ini:



Gambar 4 - 19 Pencampuran resin dan katalis

6. Proses *hand lay-up* serat kaca anyam pada cetakan.

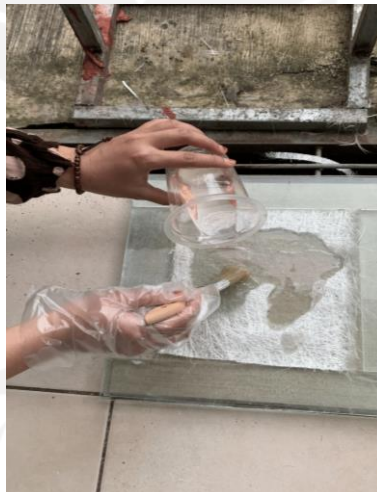
Serat kaca anyam dimasukkan kedalam cetakan yang sudah siap setelah adanya campuran resin dan katalis yang dituangkan kedalam cetakan. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 20 proses *hand lay up* serat kaca anyam berikut ini:



Gambar 4 - 20 Proses *hand lay up* serat kaca anyam

7. Proses *hand lay-up* serat kaca acak pada cetakan.

Serat acak diletakkan setelah proses sebelumnya selesai. Pemasangan serat kaca acak disertai dengan penuangan campuran resin dan katalis. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 21 proses *hand lay up* serat kaca acak berikut ini:



Gambar 4 - 21 Proses *hand lay up* serat kaca acak

8. Proses *hand lay up* kain mori pada cetakan.

Kain mori dipasang pada lapisan terakhir atau paling atas bersamaan dengan pemberian campuran resin dan katalis. Kemudian dibiarkan selama 24 jam. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 22 proses *hand lay up* kain mori berikut ini:



Gambar 4 - 22 Proses *hand lay up* kain mori

9. Pelepasan spesimen dari cetakan.
Spesimen dilepaskan dari cetakan setelah didiamkan selama 24 jam.
10. Proses pemotongan dan merapikan spesimen sesuai dengan pola yang telah dicetak. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 23 pemotongan spesimen uji tarik berikut ini:



Gambar 4 - 23 Pemotongan spesimen uji tarik

4.1.3 Kendala yang Dihadapi Ketika Proses Pembuatan Spesimen

1. Kendala pada pembuatan spesimen pengujian *bending*.
Pada proses pembuatan spesimen pengujian *bending* terdapat beberapa hal yang menjadi kendala yaitu:
 - a. Serat kaca anyam yang digunakan pada penelitian ini yang diletakkan pada lapisan pertama mengalami kendala tidak dapat menutup/menempel secara sempurna pada ujung serat ketika sudah memenuhi keliling pipa karena

seratnya yang kaku. Untuk mengatasi hal tersebut, ujung serat anyam ditambahi dengan serat kaca acak selebar 2 cm agar serat kaca anyam dapat menutup secara sempurna. Spesimen yang memiliki kendala tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 24 spesimen serat kaca anyam yang terbuka berikut ini:



Gambar 4 - 24 Spesimen serat kaca anyam yang terbuka

- b. Ketika proses penggulangan serat atau pemasangan serat pada cetakan pipa dan pemberian resin, pemutaran alat harus dilakukan dengan stabil ritme pemutaran alatnya karena ritme pemutaran yang tidak stabil menyebabkan spesimen bergelombang dan tidak rata. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, ritme pemutaran alat dilakukan secara stabil. Kendala tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 25 spesimen bergelombang berikut ini:



Gambar 4 - 25 Spesimen bergelombang

- c. Spesimen yang terlalu lama tidak dilepaskan dari cetakan atau melebihi 24 jam maka spesimen akan sulit dilepaskan dari cetakan. Hal tersebut dapat diatasi dengan pemberian *wax release* secara merata pada cetakan yang akan digunakan. Kendala tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 26 spesimen yang sulit dilepaskan dibawah ini:



Gambar 4 - 26 Spesimen yang sulit dilepaskan

2. Kendala pada pembuatan spesimen pengujian tarik.

Kendala yang terjadi pada proses pembuatan spesimen untuk pengujian tarik yaitu:

- a. Adanya lubang di permukaan spesimen yang disebabkan oleh penuangan resin yang tidak merata dan cetakan yang tidak tertutup rapat sehingga udara dapat masuk. Hal tersebut dapat diatasi dengan penuangan resin yang merata dan pemberian beban yang menyeluruh pada tutup kaca agar kaca tertutup secara rapat. Kendala tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 27 spesimen yang permukaannya berlubang dibawah ini:



Gambar 4 - 27 Spesimen yang permukaannya berlubang

- b. Adanya lubang pada tengah spesimen yang disebabkan oleh terperangkapnya udara pada proses pembuatan spesimen pengujian tarik. Hal tersebut dapat diatasi dengan pemberian resin yang merata dengan bantuan kuas atau alat bantu lain dan memastikan jika serat dan kain mori tidak menggelembung sebelum ditungkan resin lagi. Kendala tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 28 spesimen yang berlubang berikut ini:



Gambar 4 - 28 Spesimen yang berlubang

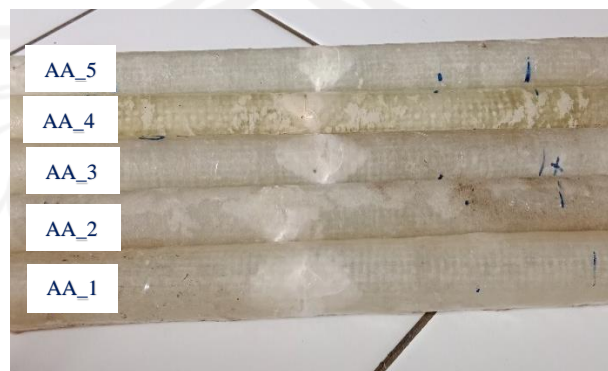
4.2 Hasil Pengujian

4.2.1 Hasil Pengujian *Bending*

Spesimen pipa komposit serat kaca anyam dan acak berlapis kain mori diberi kode spesimen terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian yaitu AA_1 untuk spesimen pertama dan seterusnya hingga spesimen kelima. Spesimen sebelum dan setelah pengujian *bending* dapat dilihat pada gambar 4 – 29 dan 4 – 30 dibawah ini:



Gambar 4 - 29 Spesimen sebelum pengujian *bending*



Gambar 4 - 30 Spesimen setelah pengujian *bending*

Pengukuran dimensi pada spesimen *bending* dilakukan terlebih dahulu sebelum pengujian dimulai. Pengukuran dilakukan menggunakan jangka sorong sehingga diperoleh hasil pada tabel 4 – 1 sebagai berikut:

Tabel 4 - 1 Dimensi spesimen pengujian *bending*

No	Kode spesimen	L	T	Do	Di
1	AA_1	300	3,7	33,25	25,9
2	AA_2		3,3	32,47	
3	AA_3		3,3	32,44	
4	AA_4		3,2	32,30	
5	AA_5		3,3	32,40	
Rata-rata			3,36	32,57	25,9

Tabel 4 – 2 menunjukkan hasil pengujian *bending* diatas dan data pengujian yang diperoleh dari laboratorium bahan teknik UGM sebagai berikut:

Tabel 4 – 2 Data hasil pengujian *bending*

No	Kode Spesimen	Pmax (N)	Defleksi (mm)	M	Z	Tegangan <i>Bending</i> (MPa)	Regangan <i>Bending</i> (%)
1	AA_1	1.640	8,83	123.000	2.279,1	53,97	0,43
2	AA_2	1.660	7,11	124.500	1.999,3	62,27	0,31
3	AA_3	1.920	10,68	144.000	1.988,7	72,41	0,47
4	AA_4	1.360	8,5	102.000	1.939,6	52,59	0,36
5	AA_5	1.230	10,64	92.250	1.974,6	46,72	0,46

4.2.2 Hasil Pengujian Tarik

Spesimen pipa komposit serat kaca anyam dan acak berlapis kain mori sebelum dan setelah pengujian tarik dapat dilihat pada gambar 4 – 31 dan 4 – 32 dibawah ini:



Gambar 4 - 31 Spesimen sebelum pengujian tarik



Gambar 4 - 32 Spesimen setelah pengujian tarik

Tabel 4 – 3 dibawah ini merupakan hasil pengujian tarik diatas adalah data pengujian yang diperoleh dari laboratorium bahan teknik UGM.

Tabel 4 - 3 Data hasil pengujian tarik

No	Kode Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Pmax (KN)	ΔL (mm)	Tegangan (MPa)	Regangan (%)
1	AA_1	5,01	13,69	3,07	4,50	44,76	9,00
2	AA_2	4,93	13,44	3,19	4,63	48,14	9,26
3	AA_3	4,87	13,38	3,28	5,09	50,34	10,18
4	AA_4	4,87	13,43	3,39	4,01	51,83	8,02
5	AA_5	4,85	13,65	3,16	3,86	47,73	7,72

Beban maksimal pada pengujian tersebut yaitu 3,39 KN. Beban maksimal adalah gaya yang menarik spesimen dari kedua arah secara bersamaan.

4.3 Analisis dan Pembahasan

4.3.1 Analisis Pengujian *Bending*

Pada pengujian *bending* dilakukan pengujian spesimen sebanyak 5 spesimen. Berdasarkan hasil pengujian *bending* didapatkan sifat-sifat mekanik yaitu tegangan *bending* dan regangan.

Berikut merupakan perhitungan yang digunakan untuk memperoleh hasil pada pengujian *bending* ini:

1. Menghitung momen *bending*

Perhitungan momen *bending* dilakukan dengan menggunakan rumus persamaan (2.1) berikut ini:

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

Sebagai contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai momen *bending* data yang digunakan menggunakan data kode AA_1. Berikut perhitungannya:

$$M = \frac{(1.640 \cdot 300)}{4}$$
$$M = 123.000 \text{ (Nmm)}$$

2. Menghitung *modulus section* atau modulus tampang

Modulus tampang pada pengujian *bending* ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan (2.2) dibawah ini:

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

Sebagai contoh perhitungan untuk menghitung regangan, digunakan data dengan kode AA_1 berikut ini:

$$Z = \frac{3,14 (33,25^4 - 25,9^4)}{32 \cdot 33,25}$$
$$Z = 2.279,1 \text{ (mm}^3\text{)}$$

3. Menghitung nilai tegangan *bending*

Nilai dari tegangan *bending* dapat diketahui dengan menggunakan rumus persamaan (2.3) dibawah ini:

$$\text{Tegangan } bending = \frac{(8 \cdot F \cdot L \cdot Do)}{\pi (Do^4 - Di^4)}$$

Sebagai contoh perhitungan untuk menghitung tegangan, digunakan data AA_1 berikut ini:

$$\text{Tegangan } bending = \frac{(8 \cdot 1.640 \cdot 300 \cdot 33,25)}{3,14 (33,25^4 - 25,9^4)}$$

$$\text{Tegangan } bending = 53,97 \text{ MPa}$$

4. Menghitung nilai regangan *bending*

Nilai dari regangan dapat diketahui dengan menggunakan rumus persamaan (2.4) dibawah ini

$$\text{Regangan} = \frac{(6 \cdot (D_o - D_i) \cdot DL)}{(L^2)}$$

Sebagai contoh perhitungan untuk menghitung regangan, digunakan data kode AA_1 berikut ini:

$$\text{Regangan} = \frac{(6 \cdot (33,25 - 25,9) \cdot 8,83)}{(30^2)}$$

$$\text{Regangan} = 0,43 \%$$

4.3.2 Analisis Pengujian Tarik

Pada pengujian tarik spesimen yang diuji yaitu spesimen serat kaca anyam dan acak berlapis kain mori sebanyak 5 spesimen. Berdasarkan hasil pengujian tarik didapatkan sifat-sifat mekanik yaitu kekuatan tarik, regangan dan modulus elastisitas. Berikut merupakan perhitungan yang digunakan untuk memperoleh hasil pada pengujian tarik ini:

1. Menghitung luas penampang

Perhitungan luas penampang dibutuhkan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik. Hasil perhitungan luas penampang dapat dilihat pada tabel 4 – 4 dibawah ini:

Tabel 4 - 4 Hasil perhitungan luas penampang

No	Kode Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Luas penampang (mm ²)
1	AA_1	5,01	13,69	68,58
2	AA_2	4,93	13,44	66,26
3	AA_3	4,87	13,38	65,16
4	AA_4	4,87	13,43	65,40
5	AA_5	4,85	13,65	66,20
Rata-rata				66,31

Luas penampang spesimen untuk pengujian tarik memiliki rata-rata 66,31 mm^2 . Pada spesimen dengan kode AA_1 memiliki nilai selisih luas penampang yang lebih besar dibandingkan dengan variasi spesimen lainnya karena spesimen tersebut memiliki ketebalan yang lebih dari rata-rata. Hal tersebut terjadi pada saat proses pembuatan spesimen meja yang dijadikan untuk alas meletakkan cetakan tidak rata sehingga spesimen tersebut lebih tebal dibandingkan spesimen yang lain.

2. Menghitung kekuatan tarik

Nilai kekuatan tarik dapat diketahui setelah diperoleh nilai luas penampang. dengan kode spesimen AA_1 digunakan sebagai contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus persamaan (2.5) berikut contoh perhitungannya:

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{F}{A} \\ \sigma &= \frac{3.070}{68,58} \\ \sigma &= 44,76 \text{ MPa}\end{aligned}$$

3. Menghitung regangan

Nilai regangan dapat diketahui dengan menggunakan rumus persamaan (2.6) dibawah ini:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Sebagai contoh perhitungan untuk menghitung regangan, digunakan data dengan kode spesimen AA_1 berikut ini:

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{4,50}{50} \\ \varepsilon &= 0,09 \times 100\% \\ \varepsilon &= 9,00 \%\end{aligned}$$

4. Menghitung modulus elastisitas

Modulus elastisitas dapat diketahui setelah mendapatkan nilai kekuatan tarik dan regangan. Berikut contoh perhitungan dengan rumus persamaan (2.7) yang digunakan:

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

$$E = \frac{44,76}{0,09}$$

$$E = 0,497 \text{ GPa}$$

4.3.3 Pembahasan

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian *bending* dengan standar ASTM D 790 dan pengujian tarik dengan standar ASTM D 638. Spesimen yang digunakan untuk pengujian masing-masing sebanyak lima spesimen. Berikut pembahasan dari hasil pengujian yang telah dilakukan:

4.3.3.1 Pembahasan Hasil Pengujian *Bending*

1. Kekuatan *bending*

Pengujian *bending* yang telah dilakukan mendapatkan hasil kekuatan *bending* pada setiap spesimennya. Kekuatan *bending* pada penelitian ini memiliki nilai rata-rata 57,59 MPa, nilai terendah 46,72 MPa dan tertinggi 72,41 MPa. Hasil kekuatan bending dapat dilihat pada tabel 4 – 5 di bawah ini:

Tabel 4 - 5 Kekuatan *bending*

No	Spesimen	Tegangan (MPa)
1	AA_1	53,97
2	AA_2	62,27
3	AA_3	72,41
4	AA_4	52,59
5	AA_5	46,72
Rata-rata		57,59

2. Regangan

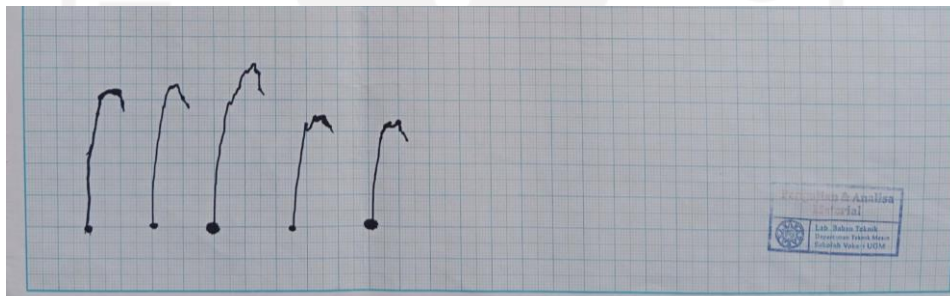
Nilai regangan dapat diketahui setelah dilakukan perhitungan pada pembahasan sebelumnya. Regangan rata-rata yang diperoleh dari hasil pengujian bending yaitu 0,40 %, regangan terendah 0,31% dan regangan tertinggi 0,47%. Hasil regangan dapat dilihat pada tabel 4 – 6 berikut ini:

Tabel 4 - 6 Regangan

No	Spesimen	Regangan (%)
1	AA_1	0,43
2	AA_2	0,31
3	AA_3	0,47
4	AA_4	0,36
5	AA_5	0,46
Rata-rata		0,40 %

3. Grafik hasil pengujian *bending*

Berdasarkan pengujian tarik yang telah dilakukan, grafik tegangan regangan yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 4 – 33 grafik hasil pengujian tarik di bawah ini:



Gambar 4 - 33 Grafik hasil pengujian *bending*

Setelah dilakukan pengujian pada spesimen, terdapat kerusakan pada spesimen yang disebabkan oleh gaya atau tekanan yang bekerja pada spesimen ketika pengujian berlangsung. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 34 di bawah ini:



Gambar 4 - 34 Hasil spesimen setelah pengujian

4.3.3.2 Pembahasan Hasil Pengujian Tarik

1. Kekuatan Tarik

Pengujian tarik yang telah dilakukan mendapatkan hasil kekuatan tarik pada setiap spesimennya. Nilai kekuatan tarik memiliki rata-rata 48,56 MPa, kekuatan terendah 44,76 MPa dan kekuatan tertinggi 51,83 MPa. Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 4 – 7 berikut ini:

Tabel 4 - 7 Kekuatan tarik

No	Spesimen	Tegangan (MPa)
1	AA_1	44,76
2	AA_2	48,14
3	AA_3	50,34
4	AA_4	51,83
5	AA_5	47,73
Rata-rata		48,56

2. Regangan

Nilai regangan dapat diketahui setelah dilakukan perhitungan pada pembahasan sebelumnya. Regangan rata-rata diperoleh 8,84 %, regangan terendah 7,72 % dan regangan tertinggi 9,26 %. Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 4 – 8 berikut ini:

Tabel 4 - 8 Regangan

No	Spesimen	Regangan (%)
1	AA_1	9,00
2	AA_2	9,26
3	AA_3	10,18
4	AA_4	8,02
5	AA_5	7,72
Rata-rata		8,84

3. Modulus elastisitas

Nilai modulus elastisitas dapat diketahui setelah dilakukan perhitungan pada pembahasan. Rata-rata modulus elastisitas yang diperoleh yaitu 0,554 GPa, terendah 0,494 GPa dan tertinggi 0,646 GPa. Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 4 – 9 berikut ini:

Tabel 4 - 9 Modulus elastisitas

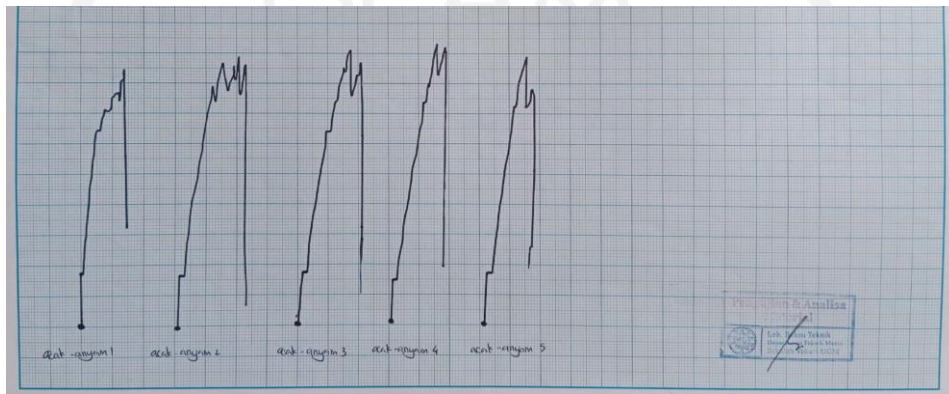
No	Spesimen	Modulus elastisitas (GPa)
1	AA_1	0,497
2	AA_2	0,520
3	AA_3	0,494
4	AA_4	0,646
5	AA_5	0,618
Rata-rata		0,554

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, jika dibandingkan dengan hasil pengujian komposit widuri dengan perlakuan NaOH 5% selama 1 jam. Hasil tegangan tarik tertinggi pada komposit widuri pada panjang serat 5 cm sebesar 43,0809 MPa dengan regangan tarik tertinggi sebesar 0,0204 % (Belieu et al., 2016), hasil tersebut memiliki tegangan dan regangan lebih rendah serta memiliki sifat getas daripada hasil pengujian pada penelitian ini. Jika dibandingkan dengan material aluminium 6063 untuk pembuatan sepeda tanpa proses perlakuan

panas yang menghasilkan tegangan sebesar 99 MPa dan regangan 1,357 % (Paksi et al., 2021). Berdasarkan hasil tersebut, penelitian ini memiliki selisih kekuatan tarik yang jauh. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan terhadap material pada penelitian ini.

4. Grafik hasil pengujian tarik

Berdasarkan pengujian tarik yang telah dilakukan, grafik tegangan regangan yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 4 – 35 grafik hasil pengujian tarik di bawah ini:



Gambar 4 - 35 Grafik hasil pengujian tarik

Setelah dilakukan pengujian tarik, dihasilkan kerusakan atau patahan pada spesimen ketika pengujian berlangsung. Jenis patahan yang terjadi pada spesimen pengujian tarik dapat dilihat pada gambar 4 – 36 di bawah ini:



Gambar 4 - 36 Jenis patahan pada pengujian tarik

Berdasarkan gambar diatas, jenis patahan yang terjadi yaitu LGT (*Lateral Gage Top*). Patahan tersebut terjadi pada bagian atas, posisi ketika dilakukan pengujian. Modus kegagalan terjadi pada spesimen AA_5 berupa *fiber pull out* karena ikatan antara serat dan matriks melemah apabila beban yang diberikan terus bertambah. Kegagalan tersebut dapat dilihat pada gambar 4 – 37 di bawah ini:



Gambar 4 - 37 Bentuk patahan AA_5

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan penelitian, maka dapat diketahui bagaimana proses pembuatan spesimen untuk pengujian *bending* dan pengujian tarik berbahan serat kaca anyam dan acak dengan lapisan kain mori sesuai dengan standar ASTM D 790 dan ASTM D 638 tipe 1.
2. Hasil uji bending pada spesimen anyam dan acak berlapis kain mori memiliki nilai tertinggi sebesar 72,41 MPa, nilai rata-rata 57,59 MPa dan nilai terendah 46,72 MPa. Nilai regangan memiliki rata-rata sebesar 0,40 %.
3. Hasil uji tarik pada spesimen anyam dan acak berlapis kain mori memiliki nilai tertinggi sebesar 51,83 MPa, nilai rata-rata 48,56 MPa dan nilai terendah 44,76 MPa. Nilai regangan rata-rata sebesar 8,84 % dan nilai modulus elastisitas sebesar 0,554 GPa.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Adapun beberapa hal yang disarankan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan metode yang lain seperti *vacuum bag* agar tidak terdapat udara yang terjebak sehingga menyebabkan spesimen berlubang.
2. Melakukan penelitian dengan menggunakan material lain yang dikombinasikan dengan kain mori.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirudin, M. U., Nugroho, G., & Artikel, I. (2021). Sifat Mekanik Pipa Komposit Serat Gelas, Karbon Dan Karbon Kevlar Yang Dibuat Dengan Metode Bladder Compression Molding. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(3).
- Andriyanto, O., Krisnaputra, R., & Eng, M. (2018). *Proses Pembuatan Bodi Komposit dan Analisa Kekuatan Material Komposit Mobil Listrik Yacaranda*. <http://etd.repository.ugm.ac.id/>
- Apriliana, S. S., & Syamwil, R. (2014). *Pengaruh Konstruksi Kain Terhadap Kualitas Batik Dengan Teknik Wet On Wet (Wow)*. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ffe>
- Arimatea, M. T. (2021). *Analisis Kekuatan Mekanis Material Komposit dengan Matriks Epoxy Berpenguat Serat Ijuk*.
- Beliu, H. N., Pell, Y. M., Jasron, J. U., Jurusan,), & Mesin, T. (2016). *Analisa Kekuatan Tarik dan Bending pada Komposit Widuri-Polyester*. <http://ejournal-fst-unc.com/index.php/LJTMU>
- Bismarck', A., Aranbefwi-Askargorta2, I., Springer, J., Lampkfc, T., Wielage, B., Shenderovich, I., & Limbach, H.-H. (2002). *Surface Characterization of Flax, Hemp and Cellulose Fibers; Surface Properties and the Water Uptake Behavior*.
- Callister, W. D. (2010). *Materials Science and Engineering: An Introduction*. John Wiley & Sons, Inc.
- Campbell, F. C. (2010). *Structural Composite Materials*. www.asminternational.org
- F.L. Matthews and R.D. Rawlings. (1999). *Composite materials: Engineering and Science*. In *Woodhead Publishing Limited* (Vol. 1). www.woodheadpublishingindia.com
- Iskandar, A. N. dkk. (2021). Pengaruh Perbandingan Resin dan Katalis Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Fiberglass-Polyester untuk Bahan Pembuat Kapal. *Inovasi Sains Dan Teknologi Kelautan* , 2.
- Jones, R. M. (1999). *Mechanics of Composite Materials Second Editions*. Taylor & Francis.

- https://www.google.co.id/books/edition/_/oMph2kNG3yAC?hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwiw08uIjbL6AhUz1XMBHW__BogQre8FegQIEhAG
- Kaw, A. K. (1997). *Mechanics of Composite Materials*. CRC.Press.
https://www.google.co.id/books/edition/Mechanics_of_Composite_Materials/PycY-zwscOMC?hl=en&gbpv=0
- Kristanto, L. (2018). *Pengaruh Persentase Serat Fiberglass Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Matriks Polimer Polyester*.
- Muchtar, A. dkk. (2018). *Pra Rancangan Pabrik Komposit Tempat Sampah Dengan Penguat Serat Kaca (Fiberglass) Kapasitas Produksi 5.451 Pcs/Tahun Pra Rancangan Pabrik*.
- Nadilah, S. (1994). *Penelitian Pengaruh Bahan Penguat Terhadap Sifat Kekuatan Tarik dan Ketahanan Sobek Kulit Imitasi Untuk Atasan Sepatu*.
- Ngafwan, & Effendi, E. (2015). Analisa Kekuatan Pipa Komposit Serat Batang Pisang Polyester Yang Disusun Dua Lapis Serat 25° /-25° Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Pada Temperatur Ruang Uji 35 °C, 45 °C Dan 55 °C. *Simposium Nasional RAPI*.
- Paksi, J. G. A., Cristian, I. A., Indriansyah, R., Studi Teknik Mesin ITI, P., Raya Puspipetek Serpong, J., & Selatan-Banten, T. (2021). *Perancangan Struktur Road Bike Frame Menggunakan Alumunium 6063 Melalui Proses Optimalisasi Perlakuan Panas*. 5(2).
- Pradana, A. Wahyu. (2014). *Pengaruh Variasi Panjang Serat Dan Variasi Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Mekanik Material Komposit Polyester Dengan Penguat Serat Daun Nanas*.
- Rumiyati, et al. (2022). Identifikasi Konstruksi dan Kualitas Kain Mori Sebagai Bahan Baku Pembuatan Batik. *JUTE*, 5.
- Saptono, H., Ariyono, S., & Najib, M. F. (2014). *Rancang Bangun Pembuatan Bodi Motor Menggunakan FRP Bercorak Batik*.
- Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics 1*. (n.d.).
<https://doi.org/10.1520/D0638-14>
- Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials 1*. (n.d.).
<https://doi.org/10.1520/D0790-10>

- Statistiano, I. T. (2016). *Fabrikasi dan Pengujian Tarik Pipa Komposit Berpenguat Serat Wol denan Aditif Partikel Montmoriillonite*.
- Syahrafi, W. (2016). *Effect of Variation Addition Total Layer Fiber Glass with the Comparasion of Fixed Volume Fraction on Epoxy-Hollow Glass Microspheres Composite on Bending Characteristic*.
- Wirama, I. wayan dkk. (2021). 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>
- Yani, M., & Lubis, F. (2018). Pembuatan dan Penyelidikan Perilaku Mekanik Komposit Diperkuat Serat Limbah Plastik Akibat Beban Lendutan. In *Teknik Mesin ITM* (Vol. 4, Issue 2).



LAMPIRAN

1. Hasil pengujian bending *three point bending*



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 Anyam+Acak	1640	8.83	53.97	0.43
2		1660	7.1	62.27	0.31
3		1920	10.68	72.41	0.47
4		1360	8.5	52.59	0.36
5		1230	10.64	46.72	0.46

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

Pengujian & Analisa
Materi

Dr. Lilik Dwi Setyana, S.T., M.T.
NIP. 197703312002121002

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281

2. Hasil pengujian tarik



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

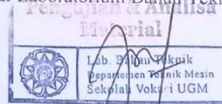
Lembar asli, tidak untuk digandakan

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

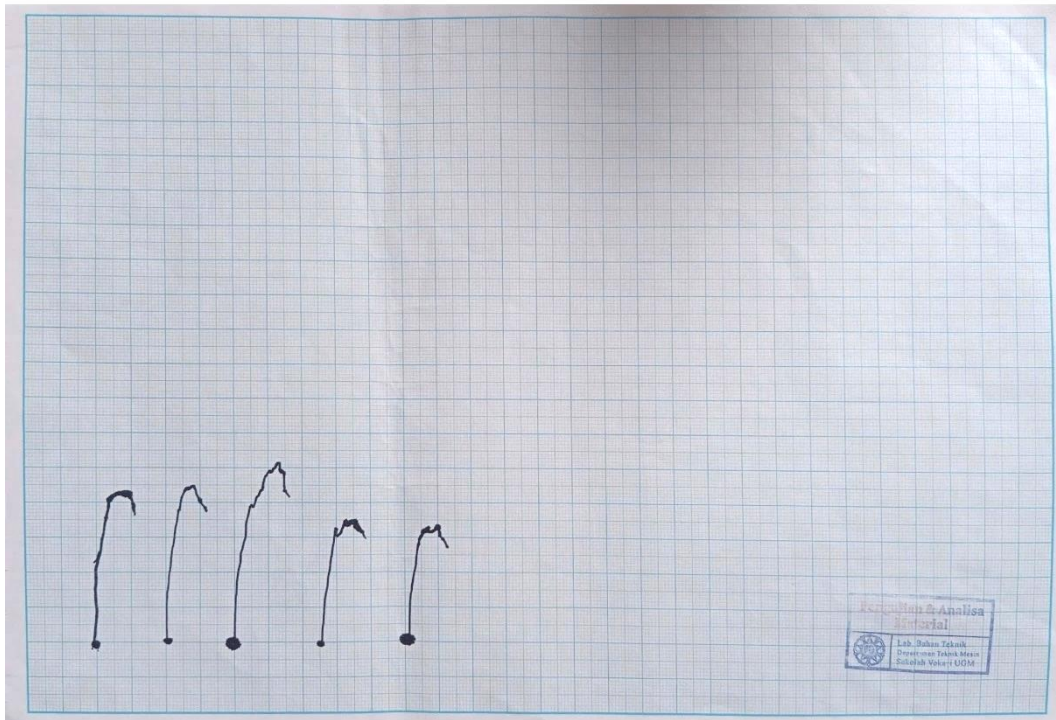
Staf Laboratorium Bahan Teknik



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

NIP. 197703312002121002

3. Grafik pengujian *bending*



4. Grafik pengujian tarik

