

ARTIKEL ILMIAH

**SIFAT MEKANIK KOMPOSIT EPOXY DENGAN BAHAN TAMBAH
LAPISAN *POLYPROPYLENE* DARI MASKER**

Mechanical Properties of Epoxy Composites with Additional Polypropylene Mask Layer

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh:

**TRYANDI ADI MUHLIS
F1A 019 184**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2024**

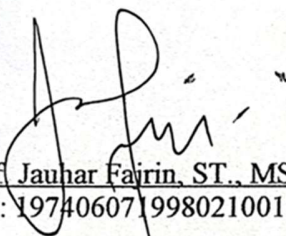
ARTIKEL ILMIAH

**SIFAT MEKANIK KOMPOSIT EPOXY DENGAN BAHAN TAMBAH
LAPISAN *POLYPROPYLENE* DARI MASKER**

Mechanical Properties of Epoxy Composites with Additional Polypropylene Mask Layer


Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing :

1. Pembimbing Utama


Prof. Jauhar Fajrin, ST., MSc(Eng.), Ph.D.
NIP: 197406071998021001

Tanggal: 28 Januari 2024

2. Pembimbing Pendamping


Pathurrahman, ST., MT.
NIP: 196612311994031018

Tanggal: 28 Januari 2024

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Hariyadi, ST., MSc(Eng.), Dr.Eng.
NIP: 197310271998021001

ARTIKEL ILMIAH

**SIFAT MEKANIK KOMPOSIT EPOXY DENGAN BAHAN TAMBAH
LAPISAN *POLYPROPYLENE* DARI MASKER**

Oleh:

**TRYANDI ADI MUHLIS
F1A019184**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 18 Januari 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat Sarjana S-1
Jurusan Teknik Sipil

Susunan Tim Penguji

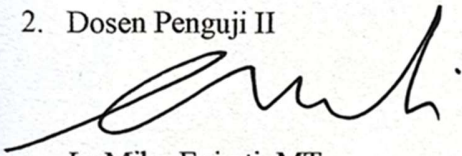
1. Dosen Penguji I



Prof. Ni Nyoman Kencanawati, ST., MT., Ph.D.
NIP: 197608042000032001

Tanggal: 29 Januari 2024

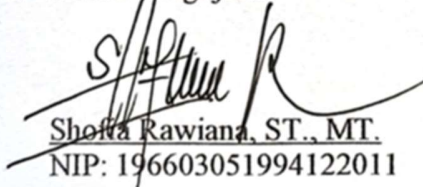
2. Dosen Penguji II



Ir. Miko Eniarti, MT.
NIP: 196503151991032002

Tanggal: 29 Januari 2024

3. Dosen Penguji III




Shofia Rawiana, ST., MT.
NIP: 196603051994122011

Tanggal: 29 Januari 2024

Mataram, Januari 2024
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram




Ir. Muhamad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D.
NIP: 197202221999031002

SIFAT MEKANIK KOMPOSIT EPOXY DENGAN BAHAN TAMBAH LAPISAN *POLYPROPYLENE* DARI MASKER

Tryandi Adi Muhlis¹, Jauhar Fajrin², Pathurahman²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

²Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

ABSTRACT

Masks are personal protective equipment made of cloth, paper, cotton or other types of fibres that function to cover the mouth and nose from exposure to small harmful particles. The mask itself consists of 3 or more layers, where each layer has different constituent materials, one of which is Polypropylene which is in the middle layer of the mask. The purpose of this study is to determine the behaviour of tensile strength and flexural strength of epoxy composites with polypropylene layer added material derived from masks. Where the masks used in this study are Surgical masks, Duckbill masks, and KF94 masks. This research uses ASTM D 3039 test standards for tensile tests and ASTM D 790 tests in bending tests. The method used in this research is the hand lay up method with a random fibre distribution pattern with a ratio of 75% epoxy resin and 25% polypropylene layer in the mask for composite specimens and 100% epoxy resin for control specimens. Based on the tensile strength test results, the results of composite specimens with additional polypropylene layers from Surgical masks, Duckbill masks, KF94 masks and controls were 21.672 MPa, 20.614 MPa, 20.435 Mpa, and 23.288 MPa, respectively. While in the flexural strength test results, the values for composites with an additional layer of polypropylene from Surgical masks, duckbill masks, KF94 masks and controls are 35.250 MPa, 46.879 MPa, 40.135 MPa, and 55.540 MPa, respectively. From the tensile strength and flexural strength test results, it can be seen that the addition of a polypropylene layer to the mask does not have a significant impact. After observing the test specimens using a digital microscope with 1600x magnification. In the test specimens with the addition of polypropylene layers, voids were found which made the test specimens experience a decrease in strength and made the cross-sectional size of the test specimens decrease. Therefore, it can be concluded that the presence of voids in the test specimen makes the strength value of the test specimen decrease because it makes the test specimen experience premature failure.

Keywords: mask, polypropylene, composite, epoxy

ABSTRAK

Masker merupakan alat perlindungan diri yang terbuat dari kain, kertas, katun ataupun jenis serat lainnya yang berfungsi untuk menutupi bagian mulut dan hidung dari paparan partikel kecil berbahaya. Masker sendiri terdiri dari 3 lapisan atau lebih, di mana setiap lapisan memiliki bahan penyusun yang berbeda salah satunya *Polypropylene* yang berada pada lapisan tengah masker. Tujuan penelitian ini yaitu Untuk mengetahui perilaku kuat tarik dan kuat lentur komposit *epoxy* dengan bahan tambah lapisan *polypropylene* dari masker. Dimana masker yang digunakan dalam penelitian ini adalah masker Bedah, masker Duckbill, dan masker KF94. Penelitian ini menggunakan standar uji ASTM D 3039 untuk uji tarik dan uji ASTM D 790 pada uji lentur. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *hand lay up* dengan pola sebaran serat acak dengan perbandingan 75% resin epoxy dan 25% lapisan *polypropylene* dari masker untuk benda uji komposit dan 100% resin epoxy untuk benda uji kontrol. Berdasarkan hasil uji kekuatan tarik, didapatkan nilai hasil benda uji komposit dengan tambahan lapisan *polypropylene* dari masker Bedah, masker *Duckbill*, masker KF94 dan kontrol sendiri berturut-turut adalah 21.672 MPa, 20.614 MPa, 20.435 Mpa, dan 23.288 MPa. Sedangkan pada hasil uji kekuatan lentur didapatkan nilai untuk komposit dengan tambahan lapisan *polypropylene* dari masker Bedah, masker *Duckbill*, masker KF94 dan kontrol berturut-turut adalah 35.250 MPa, 46.879 MPa, 40.135 MPa, dan 55.540 MPa. Dari pengujian kuat tarik dan kuat lentur dapat dilihat bahwa penambahan lapisan *polypropylene* dari masker tidak memiliki dampak yang signifikan. Setelah dilakukan pengamatan terhadap benda uji menggunakan digital microscope dengan perbesaran 1600x. Pada benda uji dengan tambahan lapisan

polypropylene ditemukan adanya lubang (*void*) yang membuat benda uji mengalami penurunan kekuatan dan membuat ukuran penampang benda uji berkurang. Oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan bahwa *void* pada benda uji membuat nilai kekuatan dari benda uji berkurang karena hal tersebut membuat benda uji mengalami patah awal (*early failure*).

Kata kunci : *masker, polypropylene, komposit, epoxy.*

PENDAHULUAN

Masker merupakan alat perlindungan diri yang terbuat dari kain, kertas, katun maupun bahan lainnya yang berfungsi untuk menutupi bagian mulut dan hidung dari paparan partikel kecil berbahaya. Meskipun saat ini masker sudah bukan lagi hal yang wajib untuk digunakan tapi masih ada beberapa orang atau pekerjaan tertentu yang mewajibkan penggunaan masker. Menurut standar penggunaannya sendiri masker hanya digunakan untuk sekali pakai agar tetap efisien. Hal itu membuat angka jumlah limbah masker terus meningkat, sedangkan untuk pengolahan limbahnya sendiri masih tergolong sulit. Octariani dkk (2021) berpendapat bahwa kombinasi untuk bahan masker yang ideal ialah: (1) lapisan dalam terbuat dari bahan hidrofilik (contohnya seperti katun atau campuran katun); (2) lapisan terluar terbuat dari bahan hidrofobik (contohnya seperti polipropilena, poliester atau campuran keduanya); (3) lapisan tengah ialah hidrofobik yang terbuat dari bahan tenun sintesis seperti polipropilena atau lapisan katun. Pada penelitian yang dilakukan oleh Nurul, dkk (2022), menggunakan bagian tengah masker dikarenakan bagian tersebut mengandung lebih banyak *polypropylene*. Polipropilena (*polypropylene*) sendiri merupakan polimer jenis termoplastik yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Budiman dkk, 2016).

Dalam penelitian ini menggunakan teknik material komposit, dimana komposit adalah sistem material multi fasa yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material dengan sifat yang berbeda. Komposit terdiri dari serat dan matriks. Serat berfungsi sebagai material rangka yang menyusun komposit. Sedangkan matriks berfungsi untuk merekatkan serat dan menjaganya agar tidak berubah posisi (Diana dkk, 2020). Komposit sendiri dapat digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain: *body* mobil, *body* motor, bilah turbin angin, dinding peredam suara, serta sebagai material penyimpanan panas dan dingin.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Rahman & Farid (2016) dan Fajri dkk (2013), mengenai komposit alam telah dilakukan untuk

mengetahui sifat mekanik material. Beberapa serat alam yang pernah diteliti antara lain: serat kelapa Maryanti dkk (2013), kulit waru oleh (Wirawan, dkk, 2017) , serat bambu (Djamil dkk, 2014), serat batang pisang (Apriani, 2017), dan serat pandan (Muhammad & Putra, 2017). Berdasarkan uraian diatas, maka pada tugas akhir ini diusulkan penelitian eksperimental dengan judul “Sifat Mekanik Komposit Epoxy yang Diperkuat dengan Limbah Masker *polypropylene*”.

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

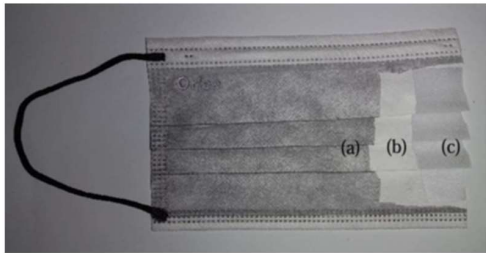
1. Untuk mengetahui perilaku kuat tarik dan lentur komposit *epoxy* dengan bahan tambah lapisan *Polypropylene* dari masker.
2. Untuk mengetahui perbandingan kuat Tarik dan kuat lentur antara beberapa jenis sampel masker.

DASAR TEORI

1. Masker

Masker medis adalah alat pelindung yang dirancang untuk menutupi hidung dan mulut serta membantu melindungi pemakainya dari semprotan, tetesan, dan partikel di udara yang mungkin mengandung kuman atau zat berbahaya. Masker medis dipakai oleh tenaga medis, pasien yang sakit, atau orang yang berada dalam situasi di mana mereka mungkin bersentuhan dengan cairan tubuh atau partikel di udara yang dapat menyebabkan penyakit. Masker medis memiliki 3 lapisan, dimana terdiri dari lapisan luar (a), lapisan tengah (b), dan lapisan dalam (c) seperti terlampir pada gambar 2.1. Untuk memisahkan lapisan masker cukup mudah dengan cara menggunting bagian jahitan di pinggir yang memisahkan antar lapisan masker. Dimana lapisan luar dan tengah merupakan lapisan yang terbuat dari bahan *polypropylene* dengan unsur senyawa yang terkandung karbon (C), Hidrogen (H), dan Propilena (C₃H₆). Pada penelitian ini digunakan lapisan tengah masker, karena pada lapisan tengah masker memiliki kandungan *polypropylene* yang

paling banyak sehingga sangat cocok sebagai bahan pembuatan komposit (Rebia et al., 2022).



Gambar 1. Spesimen Masker Medis
(Sumber: Nurul dkk., 2022)

2. Polypropylene

Plastik PP (*Polypropylene*) adalah polimer termoplastik yang terbuat dari kombinasi monomer propilena yang diperoleh dari pemurnian minyak bumi. Dalam penggunaannya, plastik jenis PP digunakan sebanyak 30% dalam industri kemasan, 13% pada manufaktur peralatan, 13% pada listrik, 10% untuk peranti rumah tangga, 10% pada industri otomotif, 5% pasar, dan 5% bahan bangunan (Yustika, 2017). Dimana *Polypropylene* (PP) memiliki sifat-sifat sebagai berikut a) tidak berwarna, b) tahan panas, c) dapat larut dalam senyawa organik, d) mempunyai daya renggang tinggi, e) tidak beracun, f) tahan terhadap bahan kimia

3. Komposit

Komposit adalah penggabungan dari dua atau lebih material ke dalam satu unit struktur yang mempunyai sifat-sifat yang tidak dapat dipenuhi apabila material-material tersebut masih berdiri sendiri atau sebelum digabung (Gibson, 1994) yang dikutip oleh (Beliu dkk, 2016). Berdasarkan bentuk penguatnya, secara garis besar komposit diklasifikasikan menjadi tiga macam, yaitu :

- Komposit partikel (*Particulate Composites*)
- Komposit serat (*Fiber Composites*)
- Komposit lapis (*laminates composites*)

Tujuan dari dibentuknya komposit, yaitu sebagai berikut :

- Memperbaiki sifat mekanik atau sifat spesifik tertentu.
- Mempermudah desain yang sulit pada manufaktur.
- Keleluasan dalam bentuk atau desain yang dapat menghemat biaya.

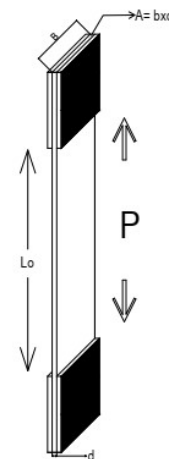
4. Resin Epoxy

Resin epoksi adalah sejenis polimer yang berbahan dasar senyawa organik dengan berat molekul rendah. Memiliki nilai viskositas yang tinggi dan dapat

dikeringkan menggunakan *curing agent* atau *hardener* pada suhu rendah dan tinggi. Karena beragam manfaatnya, epoxy menjadi material yang paling sering digunakan. Keunggulan ini mencakup berbagai kemampuan, penyusutan minimal selama proses pengawetan, ketahanan terhadap bahan kimia, sifat perekat yang kuat terhadap serat dan pengisi, serta ketahanan terhadap fiber dan filler (Ghozali dkk, 2014)

5. Uji Kuat Tarik

Uji kuat tarik adalah pemberian gaya atau tegangan tarik kepada material dengan maksud untuk mengetahui atau mendeteksi kekuatan dari suatu material (Salindeho dkk, 2018). Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan uji dengan gaya tarik secara terus-menerus, sehingga bahan (perpajangannya) terus menerus meningkat dan teratur sampai putus, dengan tujuan menentukan nilai tarik. Pada penelitian ini uji tarik menggunakan standar ASTM D 3039. Pengujian tarik dilakukan dengan menarik kedua ujung benda uji sampai mengalami kerusakan seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Gambar Skema Grafik hasil uji kekuatan tarik

Besarnya nilai kekuatan tarik komposit dapat dihitung dengan persamaan 1:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dimana:

σ = Tegangan (Pa)

P = Beban yang bekerja dalam arah tegal lurus (N)

A = luas penampang awal spesimen sebelum dibeban (m^2)

Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang akibat pembebanan dibanding

dengan panjang awal dan dinyatakan dalam persamaan 2:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2)$$

Dimana:

ϵ = Regangan (%)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L_0 = Panjang mula-mula spesimen sebelum dibebani (mm)

Besarnya nilai modulus elastisitas komposit merupakan perbandingan antara tegangan dengan regangan pada daerah proporsionalnya, yang dinyatakan dengan persamaan 3:

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} \quad (3)$$

Dimana:

E = Modulus elastisitas (MPa)

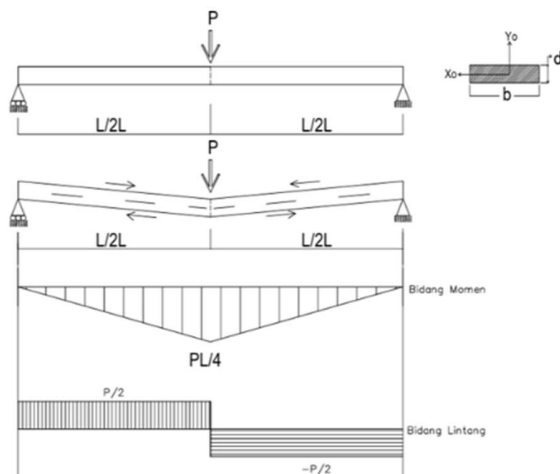
$\Delta \sigma$ = Selisih Tegangan pada daerah elastis linier, (MPa)

$\Delta \epsilon$ = Selisih Regangan pada daerah elastis linier

6. UJI KUAT LENTUR

Uji lentur dilakukan untuk mengetahui kemampuan bahan terhadap beban lentur (Hadi dkk, 2016). Prosedur uji lentur melibatkan pemberian beban pada suatu sampel atau bahan pada suatu titik atau dua titik yang mendukung, sehingga menyebabkan deformasi atau lenturan pada bahan tersebut.

Uji lentur pada penelitian ini mengacu pada standar ASTM D 790. Adapaun skema pengujian lentur 3 titik dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Gambar Skema Grafik hasil uji kekuatan lentur

Menentukan kekuatan *stress bending* menggunakan persamaan 4 dari standar ASTM D 790:

$$\sigma_b = \frac{3.P.L}{2.b.d^2} \quad (4)$$

Dimana:

σ = Kekuatan Lentur (Mpa)

P = Beban Uji Maksimum (N)

L = Rentang Antar Titik Beban (mm)

B = Lebar *Sampel* (mm)

D = Ketebalan *Sampel* (mm)

Sedangkan untuk menentukan regangan *bending* menggunakan persamaan 5 sebagai berikut:

$$\epsilon = \frac{6Dd}{L^2} \times 100\% \quad (5)$$

Dimana:

ϵ = Kekuatan Tarik (%)

D = Perpanjangan (mm)

d = Ketebalan *Sampel* (mm)

L = Bentang Antar Titik Beban (mm)

Sedangkan untuk menentukan modulus elastisitas *bending* menggunakan persamaan 6 sebagai berikut:

$$E = \frac{L^3.m}{4b.d^3} \quad (6)$$

Dimana:

L = Panjang span (mm)

P = Gaya (n)

E = Modulus elastisitas (Mpa)

d = Tebal (mm)

b = Lebar (mm)

m = Hubungan tangensial dari kurva defleksi (N/mm)

7. UJI T

Uji ini dalam regresi berganda digunakan untuk mengetahui apakah model regresi variabel independen secara parsial berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen (Mardiatmoko, 2020).

Untuk menentukan apakah H_0 diterima atau ditolak adalah dengan membandingkan antara nilai t_0 atau t-hitung dengan nilai t yang diperoleh dari tabel (t-tabel). Apabila $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka terdapat pengaruh, dan apabila $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka tidak terdapat pengaruh. Cara lain dengan menggunakan nilai-P. Pengambilan keputusan:

- Jika P-Value $< \alpha$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima
- Jika P-Value $\geq \alpha$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak

8. UJI ANOVA

Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah variabel independen secara bersama-sama berpengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen (Mardiatmoko, 2020).

Untuk menentukan apakah H_0 diterima atau ditolak adalah dengan membandingkan antara nilai F-hitung dengan nilai F yang diperoleh dari tabel (F-tabel).

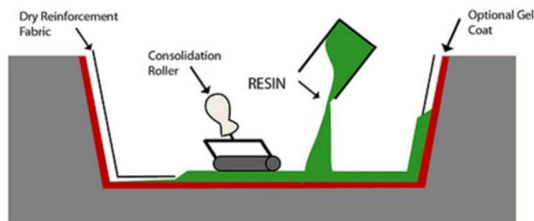
Pengambilan keputusan:

- Jika $P\text{-Value} < \alpha$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima
- Jika $P\text{-Value} \geq \alpha$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak

9. Hand Lay Up

Metode *Hand Lay Up* adalah metode pembuatan yang melibatkan penuangan resin ke serat tenunan, rajutan, atau kain, menekannya, dan meratakannya dengan kuas atau *roller*. Sampai ketebalan yang dibutuhkan tercapai, proses ini diulangi. Proses pencetakan biasanya dilakukan pada suhu kamar, dan resin bersentuhan langsung dengan udara selama prosedur ini.

Selain dengan menggunakan metode *hand lay up*, pada pencetakan terbuka juga terdapat metode *vacuum bag*, *spray-up*, *pressure bag*, *filament winding*. Pada proses cetakan tertutup ada metode proses cetakan tekan, *injection molding*, dan *continuous pultrusion*.



Gambar 4. *Hand Lay Up*
(Sumber: Gibson, 1994)

METODE PENELITIAN

1. Metode Penelitian

Pengertian metode penelitian eksperimen secara umum, dimana penelitian kuantitatif yang digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel independen (perlakuan atau *treatment*) terhadap variabel dependen (hasil) dalam kondisi terkendali.

2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian untuk proses persiapan sampel pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas Teknik Sipil Univeristas Mataram,

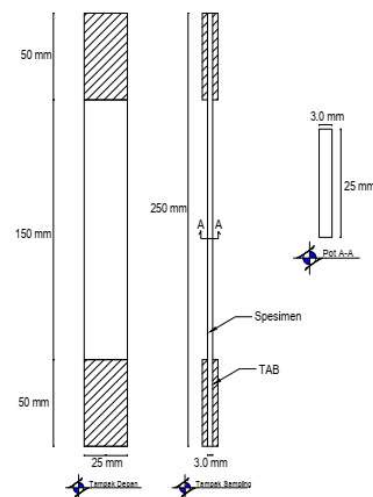
sedangkan untuk pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Univeristas Mataram.

3. Persiapan Penelitian

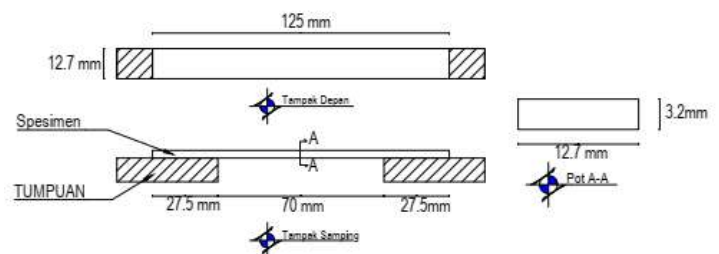
Hal yang paling pertama dilakukan sebelum memulai penelitian yaitu mempersiapkan lokasi penelitian, Alat (Cetakan, Timbangan digital, dan sebagainya), Bahan (Masker, Epoxy, dan sebagainya), serta Mesin Uji (*Electromechanical Universal Testing Machine*)

4. Benda Uji

Mengacu pada standar yang digunakan dalam penelitian ini yaitu untuk uji kuat tarik menggunakan standar ASTM D 3039 berukuran 25mm x 250mm x 3mm. Seperti pada gambar 3.1. Sedangkan Uji kuat lentur dengan mengacu pada standar ASTM D 790 berukuran 125mm x 12,7mm x 3,2 mm seperti pada gambar 3.2.



Gambar 5. Standar Ukuran Spesimen Uji Kuat Tarik



Gambar 6. Standar Ukuran Spesimen Uji Kuat Lentur

Dimana MTA (Masker Bedah), MTN (Masker Duckbill), dan MTC (Masker KF94).

Berikut Perbandingan tiap masker dalam penelitian ini :

Tabel 1. Benda Uji Pada Uji Kuat Tarik

Kode	Spesifikasi		Jumlah
	Epoksi (%)	Polypropylene (%)	
CTR-T	100	0	3
MTA	75	25	3
MTB	75	25	3
MTC	75	25	3
Jumlah Sample			12

Keterangan: MT = Masker Tarik

Kode	Spesifikasi		Jumlah
	Epoksi (%)	Polypropylene (%)	
CTR-L	100	0	3
MLA	75	25	3
MLB	75	25	3
MLC	75	25	3
Jumlah Sample			12

Tabel 2. Benda Uji Pada Uji Kuat Lentur

Keterangan: ML = Masker Lentur

5. Bahan Penelitian

Bahan-bahan dalam penelitian ini yaitu: masker, terdapat tiga jenis, masker tipe a (masker bedah), masker tipe b (masker duckbill), masker tipe c (masker kf94), epoxy, release agent, dan *double tape*.

6. Alat Penelitian

Alat dalam penelitian ini yaitu: cetakan uji tarik (25mm x 250mm x 3mm), cetakan uji lentur (125mm x 12,7mm x 3,2mm), gunting, timbangan digital, amplas, wadah plastik, penggaris, kapi besi, sarungan tangan, jangka sorong, *electromechanical universal testing machine*, gelas ukur, digital mikroskop, dan handphone.

7. Proses Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dibagi menjadi tiga proses yaitu, proses sebelum pencetakan, proses pencetakan, dan proses setelah pencetakan.

Proses Sebelum pencetakan Ada beberapa hal yang harus dipersiapkan sebelum proses pencetakan yaitu:

- Menyiapkan cetakan dengan dua ukuran karena terdapat dua uji yaitu uji tarik dan uji lentur. Uji tarik mengacu pada ASTM D 3039 sehingga benda uji yang dibuat berukuran 25mm x 250mm x 3mm dan untuk cetakan pada penelitian ini berukuran 60 mm x 260 mm x 3 mm. Pada uji lentur mengacu

pada ASTM D 7079 maka benda uji berukuran 125 mm x 12,7 mm x 3,2 mm dan untuk cetakan pada penelitian ini yaitu 150 mm x 50 mm x 3,2 mm. Ukuran cetakan benda uji yang dibuat lebih besar dari ukuran aslinya, untuk menghindari *human eror* atau kesalahan ukuran benda uji yang tidak sesuai. Cetakan yang digunakan adalah cetakan dengan alas kaca yang di keliling dengan *double tape*.

- Menyiapkan bahan utama yaitu masker dengan 3 jenis (bedah, *duckbill*, dan KF94), *release agent*, *hardener*, dan *epoxy*. Dalam persiapan pembuatan sampel komposit masker, yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu bagian tengah masker yang mana terdapat persentase kandungan *polypropylene* (PP) yang paling banyak. Dalam proses pelepasan lapisan masker sangat mudah karena tinggal memotong bagian jahitan masker itu sendiri. Kemudian setelah memisahkan lapisan masker, masker dipotong lebih kecil agar seragam dan dapat menyesuaikan bentuk cetakan.
- Menentukan jumlah *polypropylene* dan resin epoxy sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan menggunakan perhitungan masa jenis.

Proses Pencetakan Ada beberapa hal yang harus dipersiapkan saat proses pencetakan yaitu:

- Menentukan perbandingan fraksi komposit sesuai yang diinginkan.
- Menimbang berat bahan sesuai dengan hasil perhitungan berdasarkan massa jenis dan komposisi yang telah ditentukan.
- Mengoleskan *mirror glaze* pada cetakan supaya benda uji mudah dilepaskan saat sudah kering.
- Menuangkan resin *epoxy* terlebih dahulu pada permukaan cetakan, lalu dilapisi menggunakan serat masker yang sudah dipotong lebih kecil menyesuaikan bentuk cetakan dan lapis lagi dengan *epoxy* hingga mencapai ketebalan yang diinginkan.
- Letakkan penutup cetakan lalu tekan dan tambahkan pemberat agar permukaan di atas merata.
- Diamkan pada temperatur ruangan untuk proses pengeringan kurang lebih 24 jam.

Proses Pencetakan Ada beberapa hal yang harus dilakukan saat proses setelah pencetakan yaitu:

- Mendiamkan benda uji yang telah dicetak tadi hingga mengering.
- Setelah kurang lebih 24 jam benda uji sudah dapat dilepaskan dari cetakan dengan menggunakan alat bantu kapi besi.

c. Amplas bagian samping atau bagian yang tidak rata dari benda uji agar halus dan benda uji pun siap untuk dilakukan pengujian.

8. Pengujian Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik dengan mengacu pada standar ASTM D 3039, yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik (*tensile strength*), rengangan patah (*stain-to-failure*), dan modulus elastis (*lastic modulus*). Prinsip kerja metode uji tarik ini adalah mesin akan menarik material yang diuji hingga putus, kemudian data akan muncul pada layar mesin.

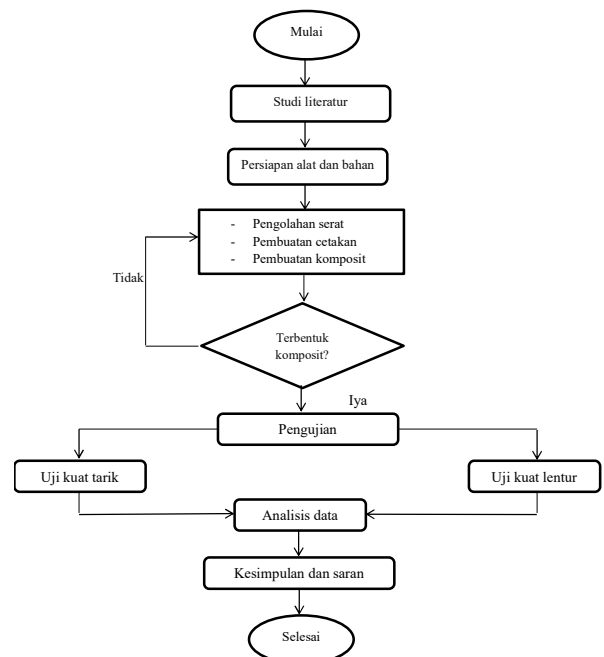
9. Pengujian Kuat Lentur

Pengujian Lentur mengacu pada ASTM D 790, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan lentur. Pengujian menggunakan *Electormechanical Universal Testing Machine*. Dilakukan untuk mengetahui kekuatan lapisan pada benda uji. Pengujian lentur dilakukan menggunakan metode *three-point bending* yang menggunakan tiga titik pembebanan, yaitu dua titik tumpuan yang ada di pinggir dan satu ditengah benda uji.

10. Teknik Analisis Data

Pada penelitian ini digunakan metode statistik inferensial menggunakan statistik *software* Minitab. Analisis Statistik adalah suatu metode yang digunakan untuk menyajikan, menginterpretasi, menganalisis, dan menyimpulkan suatu data agar bisa mendapatkan suatu informasi yang digunakan untuk penarikan kesimpulan dan pengabilan suatu keputusan. Dalam penelitian ini ada dua teknik yang digunakan dalam menganalisis data eksperimen, yakni; uji perbandingan sederhana (*simple comparative analysis*) dimana pengujian yang digunakan adalah ujian T-statistik dan uji faktor tunggal (*single factor analysis*) pengujian yang dilakukan adalah uji F-statistik atau yang biasa disebut juga *one way ANOVA*.

11. Bagan Diagram Alir Penelitian



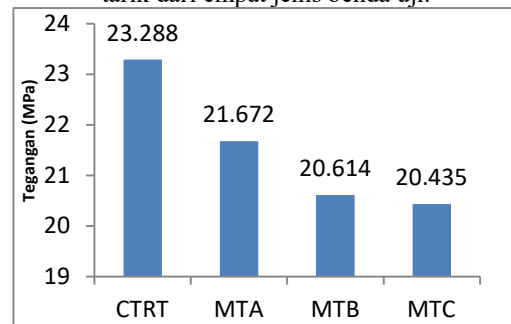
HASIL DAN PEMBAHASAN

1 PENGUJIAN BENDA UJI

1.1 Uji Kuat Tarik

a. Nilai Tegangan dan Regangan Uji Kuat Tarik

Gambar 7 merupakan hasil pengujian uji kuat tarik yang menampilkan nilai maksimum tegangan tarik dari empat jenis benda uji.

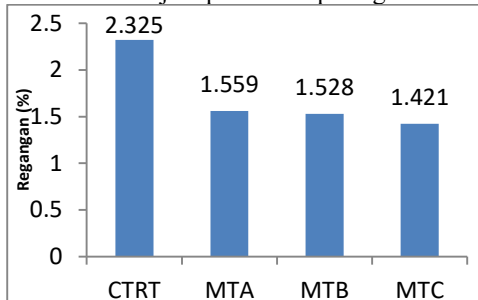


Gambar 7. Tegangan Uji Kuat Tarik

Nilai pada gambar 7 diketahui bahwa CTRT memiliki nilai tegangan yang paling tinggi yaitu 23.288 MPa, kemudian MTA 21.672 MPa, kemudian MTB 20.614 MPa, dan tegangan yang paling rendah MTC 20.435 MPa. Dari diagram Gambar 7. dapat dilihat bahwa terjadi penurunan pada tiap sampel nya. CTRT terhadap MTA mengalami penurunan sebanyak 7.188%, CTRT terhadap nilai MTB mengalami penurunan 12.181%, dan CTRT terhadap MTC mengalami penurunan terbanyak yaitu 13.050%. Penurunan nilai tegangan paling jauh yaitu CTRT terhadap MTC.

Perbedaan CTRT dan ketiga sampel lainnya yaitu spesifikasi kandungannya, dimana CTRT mengandung *epoxy* sebanyak 100% tanpa ada campuran serat lain yang menyebabkan terjadinya perbedaan hasil nilai tegangan yang signifikan. Kandungan resin *epoxy* mempengaruhi kuat tarik suatu spesimen, semakin banyak kandungan maka kuat tarik semakin besar, dan kandungan serat yang digunakan juga berpengaruh. Sebab salah satu faktor penting yang berkontribusi signifikan dalam menentukan kekuatan tarik material adalah arah seratnya; kekuatan tarik yang tinggi dapat dicapai apabila arah serat penguatnya sejajar dengan arah pembebanan (Djunaedi dan Setiawan, 2018), sedangkan pada penelitian ini menggunakan arah serat acak.

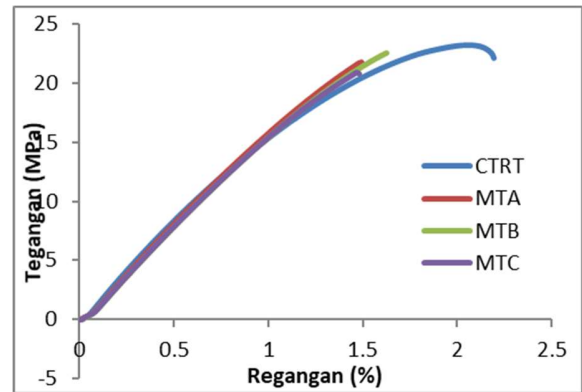
Selain terdapat nilai tegangan, pada pengujian kuat tarik juga terdapat nilai regangan yang terjadi akibat dari gaya yang diberikan. Nilai regangan yang dihasilkan benda uji dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Regangan Uji Kuat Tarik

Pada gambar 8 diketahui nilai regangan yang paling tinggi yaitu pada CTRT 2.325%, kemudian MTA 1.559%, MTB 1.528%, dan nilai regangan paling rendah yaitu pada MTC 1.421%. Diagram regangan terus mengalami penurunan, nilai CTRT terhadap MTA yaitu 39.443%, CTRT terhadap MTB 41.370%, dan CTRT terhadap MTC 48.198%. Penurunan terjadi paling tinggi dari CTRT terhadap MTC.

Berikut bentuk grafik hubungan dari masing-masing benda uji masing-masing variasi dapat dilihat pada gambar 9.

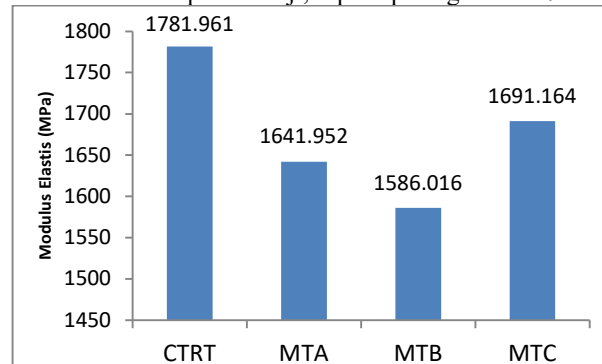


Gambar 9. Grafik Komparasi Uji Kuat Tarik

Dari grafik 9 diketahui bahwa CTRT dengan kandungan epoxy 100% tanpa kandungan serat memiliki nilai regangan dan tegangan yang paling tinggi. Sedangkan benda uji yang memiliki nilai tegangan dan regangan yang paling rendah adalah MTC dengan kandungan epoxy 75% dan serat jenis masker KF94 25%. Berdasarkan gambar 9 keempat benda uji hanya mengalami *elastic deformation* yang artinya semua benda uji memiliki sifat *brittle material* (bahan getas), hal ini dikarenakan regangan yang dihasilkan tidak lebih dari 5%.

b. Nilai Modulus Elastis Uji Kuat Tarik

Dari data tegangan dan regangan didapatkan nilai modulus tiap benda uji, seperti pada gambar 10

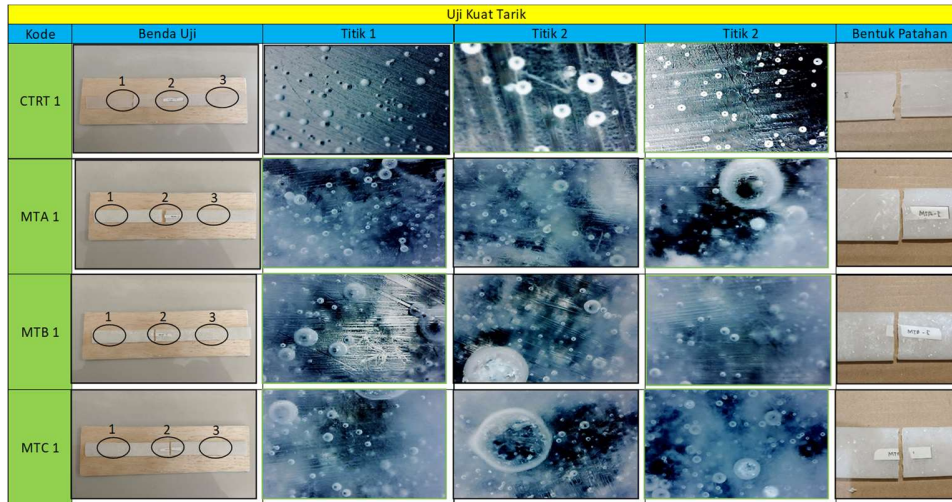


Gambar 10. Modulus Elastis Uji Kuat Tarik

Berdasarkan gambar 10 dapat dilihat bahwa nilai modulus elastis memiliki nilai yang tidak stabil atau naik dan turun. CTRT memiliki nilai yang paling tinggi yaitu 1781.916 MPa, kemudian MTC memiliki nilai 1691.164 MPa, kemudian MTA 1641.952 MPa, dan MTB memiliki nilai yang paling rendah 1586.016 MPa. Nilai penurunan modulus elastis CTRT terhadap MTA yaitu 8.178%, penurunan nilai modulus elastis CTRT terhadap MTB yaitu 11.635%, dan penurunan nilai modulus elastis CTRT terhadap MTC yaitu 5.228%. Benda uji tanpa kandungan serat memiliki nilai modulus elastis paling optimal, dibandingkan

benda uji yang mengandung serat masker bedah, masker duckbill, dan masker KF94. Salah satu temuan dari penelitian ini, pada benda uji ditemukan bahwa

benda uji memiliki cacat berupa lubang (*void*) yang dapat dilihat pada gambar 11.



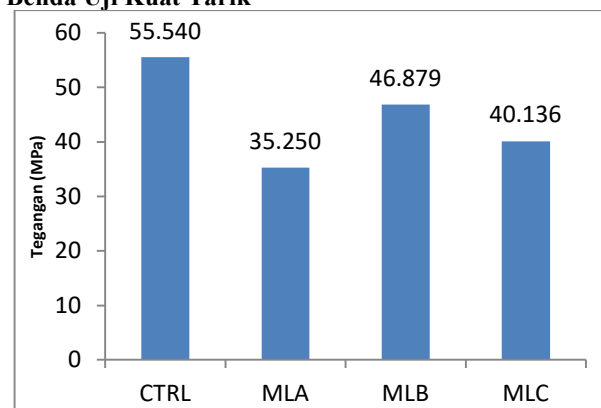
Gambar 11. Void Pada Tiap Benda Uji Kuat Tarik

Dengan meneliti pada 3 titik bagian benda uji menggunakan digital mikroskop perbesaran 1600x, dapat dilihat secara jelas lubang-lubang (*void*) yang ada pada sample benda uji. *Void* terbentuk karena resin tidak mampu mengisi celah kosong sehingga mengakibatkan timbulnya gelembung udara yang kemudian terjebak di dalam komposit (Rahmawaty, 2021). Diketahui bahwa benda uji CTRT terlihat terdapat sedikit *void* atau gelembung kecil-kecil pada bagian cetakan. Sedangkan Pada MTA, MTB, MTC terlihat pada gambar ditemukan bahwa pada sample tersebut ditemukan lubang (*void*) serta adanya rongga serat yang tidak merata. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak lubang (*void*) pada sebuah benda uji, maka akan berpengaruh pada nilai kekuatan benda uji tersebut. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Wahyudi dan Ningsih (2018) pada pembuatan spesimen, patahan juga bisa terjadi seperti adanya *void* pada suatu spesimen sehingga kekuatan yang terjadi *void* tersebut berkurang. Adanya *void* sendiri dipengaruhi beberapa faktor seperti proses pengadukan resin dan katalis karena adanya udara yang masuk dalam campuran dan membentuk gelembung udara dan juga pada saat proses pencetakan khususnya perataan benda uji pada metode *hand-lay up*.

1.2 Pengujian Uji Kuat Lentur

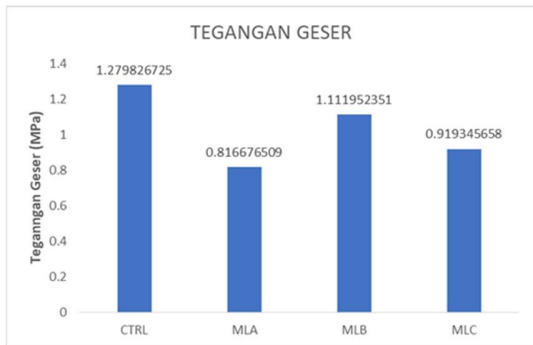
a. Nilai Tegangan Lentur dan Tegangan Geser Uji Kuat Lentur

Gambar 12 merupakan hasil pengujian uji kuat lentur yang menampilkan nilai maksimum tegangan lentur dari empat jenis benda uji



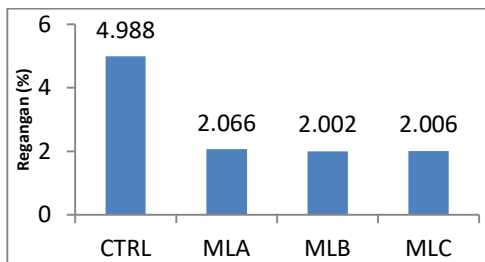
Gambar 12. Nilai Tegangan Lentur Uji Kuat Lentur

Nilai dari gambar 12 didapatkan dari nilai *maximal* tiap *sampel* yang kemudian diambil rata-ratanya. Sehingga diketahui CTRL memiliki nilai tegangan yang paling tinggi yaitu 55.540 MPa, kemudian MLB 46.879 MPa, MLC 40.136 MPa, dan MLA memiliki nilai tegangan paling rendah 35.250 MPa. Dari gambar 12 dapat dilihat bahwa nilai tegangan mengalami naik dan turun. Penurunan dari CTRL terhadap MLA yaitu 44.696%, penurunan CTRL terhadap MLB 16.912%, dan penurunan CTRL terhadap MLC 32.200%.



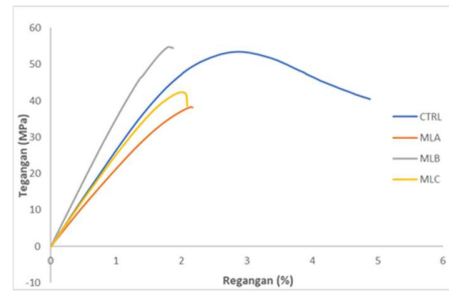
Gambar 13. Nilai Tegangan Geser Uji Kuat Lentur

Pada Gambar 13 diketahui nilai tegangan geser yang paling tinggi yaitu pada CTRL sebesar 1,279 Mpa, kemudian MLB dengan nilai 1.111 Mpa, MLC dengan nilai 0.919 Mpa, dan yang paling kecil pada MLA bernilai 0.816 Mpa. Berdasarkan presentase CTRL terhadap MLA mengalami penurunan 44.183%, CTRL terhadap MLB mengalami penurunan sebesar 14.037%, dan CTRL terhadap MLC mengalami penurunan sebesar 32.783%.



Gambar 14. Nilai Regangan Uji Kuat Lentur

Pada gambar 14 diketahui nilai regangan yang paling tinggi yaitu pada CTRL 4.988 %, kemudian MLA 2.066 %, MLC 2.006 %, dan yang paling rendah nilai regangan padan MLB 2.002 %. Adanya perbedaan nilai regangan ini dikarenakan penambahan panjang dari keempat spesimen ini berbeda. Pada CTRL terjadi penurunan terhadap MLA sebanyak 82.846%, CTRL mengalami penurunan sebanyak 85.436% terhadap MLB, dan CTRL mengalami penurunan sebanyak 85.273% terhadap MLC. Diketahui bahwa CTRL mengalami penurunan yang paling tinggi pada MLB.

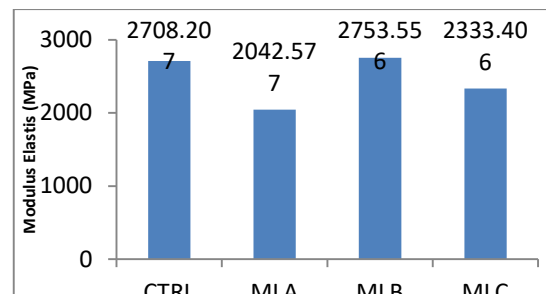


Gambar 15. Grafik Komparasi Uji Kuat Lentur

Gambar 15 di atas didapat dari data *curve* masing-masing benda uji. pada CTRL-3 memiliki nilai regangan dan tegangan yang paling tinggi. Pada MLA-3 memiliki nilai tegangan dan regangan yang paling tinggi. Kemudian pada MLB-1 memiliki nilai tegangan yang tinggi namun memiliki regangan yang paling rendah. Sedangkan pada MLC-2 memiliki nilai regangan dan tegangan yang tinggi. Berdasarkan pola patahan benda uji CTRL, MLA, MLB, dan MLC memiliki patahan pada bagian tengah.

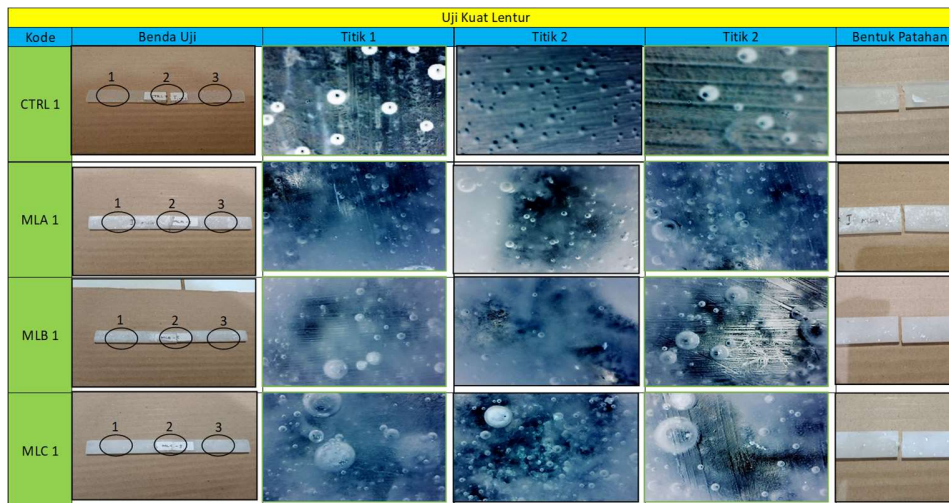
b. Nilai Modulus Elastis Uji Kuat Lentur

Dari data tegangan dan regangan didapatkan nilai modulus seperti pada gambar 16.



Gambar 16. Nilai Modulus Elastis Uji Kuat Lentur

Pada gambar 16 data yang digunakan adalah rata-rata dari 3 data sampel benda uji dari 4 jenis benda uji masing-masing varian. Dapat dilihat pada grafik bahwa modulus elastis memiliki nilai yang tidak stabil, pada MLB memiliki nilai modulus elastis 2753.556 GPa, kemudian pada CTRL 2708.207 GPa, pada MLC memiliki nilai modulus 2333.406 GPa, dan pada MLA memiliki nilai modulus elastis terendah 2042.577 GPa. Nilai penurunan CTRL terhadap MLA yaitu 28.021%, nilai kenaikan CTRL terhadap MLB yaitu 1.660%, dan nilai penurunan CTRL terhadap MLC yaitu 14.868%. Dengan nilai modulus elastis yang paling tinggi, menunjukkan bahwa sampel MLB memiliki material komposit yang lebih optimal. Artinya serat masker *duckbill* merupakan serat komposit yang memiliki material paling optimal daripada serat masker bedah dan masker KF94.



Gambar 16. Void Pada Benda Uji Kuat Lentur

Dengan meneliti pada 3 titik bagian benda uji menggunakan digital mikroskop perbesaran 1600x, dapat dilihat secara jelas lubang-lubang (*void*) yang ada pada sample benda uji. *Void* terbentuk karena resin tidak mampu mengisi celah kosong sehingga mengakibatkan timbulnya gelembung udara yang kemudian terjebak di dalam komposit (Rahmawaty, 2021). Pada benda uji CTRL terdapat gelembung udara kecil-kecil yang hanya bisa dilihat dengan menggunakan digital mikroskop dengan perbesaran 1600x. Hal tersebut disebabkan karena selama pembuatan benda uji, serat masker tidak tersebar secara merata pada seluruh bagian cetakan. Pada benda uji MLB, MLA dan MLC terlihat *void* (lubang) pada 3 titik pengamatan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak *void* (lubang) atau cacat pada bagian benda uji, akan mempengaruhi nilai kekuatan dari benda uji itu sendiri karena hal ini bisa menyebabkan terjadinya patah awal (*early failure*). Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Nurhidayah (2016). Penurunan kekuatan komposit juga dapat dikarenakan oleh adanya *void* atau lubang pada komposit, yang menyebabkan kerusakan lebih dahulu sebelum terjadi pengujian. Selain itu dapat dipengaruhi oleh posisi serat yang tidak saling berkaitan yang menyebabkan mudah retaknya komposit pada matrik. Dalam teori panjang serat juga mempengaruhi kekuatannya, serat pendek kekuatannya lebih kecil dibanding serat panjang.

2 ANALISIS STATISTIK

Pada bagian ini, semua data yang telah diulas pada bagian sebelumnya, dianalisis kembali menggunakan metode statistik. Hasil pengujian tarik

dan lentur pada komposit dianalisis menggunakan metode Uji T dan Analysis of Variance (ANOVA) atau Uji-F untuk mengetahui tingkat signifikansi perbedaannya satu dengan yang lain untuk mengambil keputusan material mana yang akan dipergunakan pada tahap penelitian berikutnya.

a. Pengaruh Serat Polypropylene Berdasarkan Uji T

Hasil pengujian t-test pada kuat tarik didapatkan hasil pada CTRL dan MTA 1.48, t-hitung CTRL dan MTB yaitu 2.07, dan T-hitung CTRL dan MTC yaitu 2.06 dimana ketiga nilai tersebut lebih kecil dari nilai T-tabel yaitu 2.776 yang artinya H_0 ditolak dan H_1 diterima maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara resin epoxy dan serat masker terhadap kuat tarik suatu benda. Pada P-value dari CTRL dan MTA yaitu 0.213, P-value CTRL dan MTB yaitu 0.108, dan P-value CTRL dan MTC yaitu 0.108. Berdasarkan pengambilan keputusan jika P-value > 0.05 maka H_0 diterima artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara resin epoxy dan serat masker terhadap kuat tarik suatu benda.

Hasil pengujian t-test pada kuat lentur dengan software minitab yang ditampilkan pada gambar 4.13, berdasarkan T-hitung kuat lentur didapatkan hasil pada CTRL dan MLA 9.69, t-hitung CTRL dan MLB yaitu 2.06, dan T-hitung CTRL dan MLC yaitu 8.61. Berdasarkan nilai t-hitung MLA dan MLC memiliki nilai lebih dari 2.776 yang artinya H_0 ditolak dan H_1 diterima, sehingga terdapat perbedaan signifikan antara resin epoxy dan serat masker terhadap kuat tarik suatu benda. Kemudian pada MLB memiliki nilai t hitung lebih kecil dari nilai T-tabel yaitu 2.776 yang artinya H_0 ditolak dan H_1 diterima maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara resin epoxy dan serat masker terhadap kuat tarik suatu benda didapatkan

hasil bahwa P-value dari CTRL dan MLA yaitu 0.001, P-value CTRL dan MLB yaitu 0.109, dan P-value CTRL dan MLC yaitu 0.001. Berdasarkan pengambilan keputusan jika P-value < 0.05 maka ada pengaruh yang signifikan antara resin epoxy dan serat masker (MLA dan MLC) terhadap kuat lentur suatu benda. Sebaliknya, jika P-value > 0.05 maka tidak ada perbedaan yang signifikan antara resin epoxy dan serat masker (MLB) terhadap kuat lentur suatu benda.

b. Pengaruh Serat Polypropylene Berdasarkan Uji F

Hasil pengujian F-test dengan software minitab untuk hasil uji tarik dan hasil uji lentur, dua hal penting yang perlu di perhatikan dalam pengambilan keputusan yaitu F-value (T hitung). Terdapat nilai F-value untuk kuat tarik sebesar $1.44 < 4.07$ artinya H_0 diterima dan H_1 ditolak sehingga tidak ada pengaruh antara epoxy dan serat masker terhadap kuat tarik. Sedangkan pada F-Value kuat lentur $14.53 > 4.07$ artinya H_0 ditolak dan H_1 diterima sehingga terdapat pengaruh antara epoxy dan serat masker terhadap kuat lentur.

KESIMPULAN DAN SARAN

1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan terhadap komposit epoxy yang diperkuat dengan limbah masker *polypropylene*, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Dari hasil pengujian kuat tarik didapatkan benda uji CTRL dengan komposisi 100% epoxy mendapatkan nilai paling optimal dalam menahan deformasi. Dari pengujian kuat lentur didapatkan benda uji MLB dengan komposisi 25% lapisan *polypropylene* dan 75% resin epoxy mendapatkan nilai paling optimal dalam menahan deformasi.
- b. Setelah dilakukan pengamatan pada benda uji kuat tarik dan kuat lentur menggunakan digital microscope dengan perbesaran 1600 kali didapatkan kesimpulan bahwa dibebberapa bagian benda uji ditemukan adanya lubang (void) yang mengakibatkan penurunan nilai kekuatan benda uji, karena lubang (void) menyebabkan benda uji mengalami patah awal (*early failure*).
- c. Dari hasil uji-T yang dilakukan pada uji kuat tarik didapatkan hasil bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan terhadap penambahan lapisan *polypropylene* pada komposit. Sedangkan hasil uji-T yang dilakukan pada uji kuat lentur di dapatkan hasil bahwa ada pengaruh yang signifikan terhadap penambahan lapisan *polypropylene* pada komposit

- d. Pada uji-F kuat tarik didapatkan hasil bahwa tidak ada pengaruh antara penambahan lapisan *polypropylene* pada komposit. Sedangkan Pada uji-F kuat lentur didapatkan hasil bahwa ada pengaruh antara penambahan lapisan *polypropylene* pada komposit.

2. Saran

Penelitian tentang perilaku tarik dan lentur komposit epoxy yang diperkuat dengan limbah masker *polypropylene*, namun masih mempunyai kekurangan, oleh karena itu, peneliti memberikan saran sebagai berikut :

- a. Melakukan penelitian serupa tetapi adanya komposisi perbandingan yang berbeda, untuk melihat perbandingan hasil yang berbeda.
- b. Melakukan pengujian dengan menggunakan pola sebar yang seragam agar bisa mendapatkan kemungkinan yang lebih banyak.
- c. Perlunya Teknik atau alat yang lengkap saat melakukan pencetakan agar bisa menghindari sesuatu yang tidak diinginkan seperti void atau gelembungan udara.
- d. Melakukan penelitian serupa dengan memanfaatkan pengaruh lingkungan dapat dilakukan untuk melihat ketahanan komposit terhadap keadaan sekitar, misal nya suhu.
- e. Melakukan pengujian dengan menggunakan Metode pembuatan komposit yang lain agar bisa mendapatkan hasil yang bervariasi atau menghindari kegagalan benda uji atau cacad benda uji.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, E. (2017). Analisa Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Limbah Dari Serat Kelapa Muda, Batang Pisang Dan Kertas Bekas Terhadap Kekuatan Bending Sebagai Papan Komposit. *Jurnal Engine*, 1(2), 38–46.
- Arisona, R. D. (2018). Pengelolaan Sampah 3r (Reduce, Reuse, Recycle) Pada Pembelajaran Ips Untuk Menumbuhkan Karakter Peduli Lingkungan. *Al Ulya: Jurnal Pendidikan Islam*, 3(1), 39–51.
- Beliu, H. N., Pelle, Y. M., & Jarson, J. U. (2016). Analisa kekuatan tarik dan bending pada komposit widuri - polyester. *Lontar*, 03(02), 11–20.
- Diana, L., Safitra, A. G., & Ariansyah, M. N. (2020). Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 4(2), 59–67.

- Djamil, S., Lubis, S. Y., & Hartono. (2014). Kekuatan Tarik Komposit Matrik Polimer Berpenguat Serat Alam Bambu Gigantochloa Apus Jenis Anyaman Diamond Braid dan Plain Weave. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 7(1), 1–8.
- Djunaedi, T., & Setiawan, B. (2018). Pengujian Kekuatan Tarik Komposit Variasi Arah Serat Roving – Resin Polyester Bqtn R157 Yang Diproduksi Dengan Metode Vacuum Bagging Untuk Aplikasi Pesawat Tanpa Awak. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 1–10.
- Fajri, R. I., Tarkono, & Sugiyanto. (2013). Studi Sifat Mekanik Komposit Serat Sansevieria Cylindrica Dengan Variasi Fraksi Volume. *Jurnal Fema*, 1(April), 85–93.
- Furqon, M., Erviantono, T., & Pramana, G. I. (2021). Politik Pengelolaan Limbah Medis Covid-19 Di Kota Mataram Ntb Pada Tahun 2020-2021. *Jurnal Untuk Masyarakat*, 2(1), 1–15.
- Ghozali, M., Saputra, A. H., Triwulandari, E., & Haryono, A. (2014). Modifikasi Epoksi Dengan Poliuretan Tanpa Melalui Tahap Prepolimer Poliuretan. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 15(4), 208–213.
- Gibson, R. F. (1994). *Principles of Composite Material Mechanics*. Mc Graw Hill International Book Company.
- Hadi, S., Takwin, R. N. A., & Dani, A. (2016). Uji Kekuatan Tekan dan Kekuatan Lentur Pipa Air Pvc. *Jurnal Logic, Volume 16*(Nomor 1), 7–13.
- Kusnaedi, I. (2018). *Eksplorasi Sampah Plastik Menggunakan Metode 'Heating' Untuk Produk Pakai B-11 B-12*.
- Mardiatmoko, G. (2020). Pentingnya Uji Asumsi Klasik Pada Analisis Regresi Linier Berganda. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 14(3), 333–342. <https://doi.org/10.30598/barekengvol14iss3pp333-342>
- Maryanti, B., Sonief, A. A. A., & Wahyudi, S. (2013). Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 2(2), 123–129.
- Muhammad, & Putra, R. (2017). Uji Mekanik Komposit Berpenguat Serat Pandan Duri dan Resin. *Jurnal Teknik Kimia Unanimal*, 2(November), 63–72.
- Nurhidayah, N. (2016). *Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat Daun Lontar (Borassus Flabelifer) Terhadap Sifat Fisik Dan Sifat Mekanik Komposit Polyester*. Universitas Airlangga Surabaya.
- Nurul, F., Ricky, M., & Aulia, D. (2022). Composite Manufacturing of Recycled Polypropylene Fiber-Reinforced Epoxy Made of Medical Mask Waste. *Jurnal Material Dan Proses Manufaktur*, 6(2), 29–35.
- Pratama, A., Ameridya, A., Pudi, R. A., & Absyar, S. F. (2021). Limbah Masker Di Era Pandemi: Kejahatan Meningkat Atau Menurun? *Jurnal Green Growth Dan Manajemen Lingkungan*, 10(1), 51–58. <https://doi.org/10.21009/jgg.101.05>
- Putri, R. N. (2020). Indonesia dalam Menghadapi Pandemi Covid-19. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 20(2), 705. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v20i2.1010>
- Rahman, A., & Farid, M. (2016). Pengaruh Komposisi Material Komposit Dengan Matriks Polypropylene Berpenguat Serat Alam Terhadap Morfologi dan Kekuatan Sifat Fisik. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 2–4.
- Rahmawaty, S. A. (2021). Analisa Kekuatan Tarik dan Tekuk pada Komposit Fibreglas-Polyester Berpenguat Serat Gelas dengan Variasi Fraksi Volume Serat. *JTM-ITI (Jurnal Teknik Mesin ITI)*, 5(3), 146. <https://doi.org/10.31543/jtm.v5i3.685>
- Rebia, A. R., Budiman, A. S., Hidayah, F. N., Septiyani, W. D., & Isla, S. A. (2022). Preparasi dan Karakteristik Lembaran Plastik Limbah Masker Berdasarkan Variasi Lapisan Luar, Tengah, dan Dalam. *Jurnal Serambi Engineering, VII*(4), 4151–4158.
- Salindeho, R. D., Soukoto, J., & Poeng, R. (2018). Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material. *Jurnal J-Ensitec*, 3(1), 1–11.
- Wahyudi, D. T., & Ningsih, H. T. (2018). Pengaruh Fraksi Volume Serat Kulit Kersen Terhadap Kekuatan Tekuk Dan Tarik Komposit Dengan Matrik Epoksi. *Jtm*, 6(2), 7–14.
- Yustika, G. I. S. J. C. (2017). Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP (POLYPROPYLENE) Sebagai Material Pada Tas Laundry. *E-Proceeding of Art & Design*, 4(3), 873–887.