

**PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT DAN PERSENTASE
KATALIS TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT
POLYESTER BERPENGUAT SERAT IJUK DENGAN
METODE *VACUUM BAG***

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh:

Siti Nurfadilah
3334190029

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT DAN PERSENTASE
KATALIS TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT
POLYESTER BERPENGUAT SERAT IJUK DENGAN
METODE *VACUUM BAG***

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

Pembimbing I



Tri Partuti, S.Si., M.Si
NIP. 198011282012122003

Pembimbing II



Prof. Dr. Dra. Erlina Yustanti, M.Si
NIP. 196803262002122001

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT DAN PERSENTASE
KATALIS TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT
POLYESTER BERPENGUAT SERAT IJUK DENGAN
METODE *VACUUM BAG*
SKRIPSI**

Disusun dan diajukan oleh:

Siti Nurfadilah

3334190029

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal 30 Januari 2024

Susunan Dewan Penguji

- Penguji I : Tri Partuti, S.Si., M.Si
Penguji II : Prof. Dr. Dra. Erlina Yustanti, M.Si.
Penguji III : Dr. Eng. Abdul Aziz, S.T., M.T.

Tanda Tangan



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi



Dr. Eng. Abdul Aziz, S.T., M.T.

NIP. 198003072005011002

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan sebagai penulis skripsi berikut:

Judul : Pengaruh Fraksi Volume Serat dan Persentase Katalis terhadap Sifat Mekanik Komposit *Polyester* Berpenguat Serat Ijuk dengan Metode *Vacuum Bag*

Nama Mahasiswa : Siti Nurfadilah

NIM : 3334190029

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini

Cilegon, 29 Januari 2024



SITI NURFADILAH

NIM. 3334190029

ABSTRAK

Komposit merupakan hasil rekayasa material yang terdiri dari dua atau lebih bahan dengan sifat masing-masing bahan berbeda guna saling melengkapi masing-masing material penyusunnya. Komposit banyak digunakan dalam bidang kedirgantaraan, otomotif, dan industri lainnya. Material komposit terdiri dari matriks dan penguat. Penguat yang digunakan adalah serat alam. Serat alam memiliki massa jenis yang rendah, mudah didaur ulang, murah, memiliki sifat mekanik yang baik dan dapat diperbaharui serta tidak mencemari lingkungan. Pada penelitian ini matriks yang digunakan adalah resin *polyester*, berpenguat serat alam yaitu serat ijuk dengan rasio antara matriks dan serat yaitu 95% : 5%, 90% : 10% dan 85% : 15%. Sedangkan rasio antara matriks dan katalis sebesar 10 : 0,5, 10 : 1, dan 10 : 1,5. Serat ijuk dilakukan *pretreatment* terlebih dahulu dengan larutan NaOH 5% selama 2 jam. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode *vacuum bag* sesuai dengan cetakan yang digunakan. Sampel yang diperoleh dilakukan uji tarik berdasarkan standar ASTM D3039 dan uji tekan berdasarkan standar ASTM D695. Hasil dari penelitian ini yaitu alat *vacuum bag* yang sudah dirancang dan sampel komposit serat alam yang terbuat dengan menggunakan metode *vacuum bag*. Nilai kuat tarik tertinggi diperoleh komposit dengan fraksi serat 10% sebesar 17,61 MPa, dengan rasio antara resin dan katalis sebesar 10 : 0,5. Nilai kuat tekan tertinggi diperoleh komposit dengan fraksi serat 5% sebesar 80,47 MPa, dengan rasio antara resin dan katalis sebesar 10 : 0,5. Hasil uji statistik pada nilai kuat tarik nilai uji normalitas sig. Sebesar 0,600 > 0,05 artinya data hasil uji tarik terdistribusi normal, hasil uji homogenitas sig. 0,346 > 0,05 artinya data hasil uji tarik bersifat homogen dan hasil ANOVA sig. 0,006 < 0,05 artinya variasi katalis mempengaruhi hasil uji tarik. Sedangkan hasil statistik pada nilai kuat tekan uji normalitas sig. Sebesar 0,635 > 0,05 artinya data hasil uji tekan terdistribusi normal, hasil uji homogenitas sig. 0,037 < 0,05 artinya data hasil uji tekan bersifat tidak homogen dan hasil ANOVA sig. 0,032 < 0,05 artinya variasi katalis mempengaruhi hasil uji tekan.

Kata kunci: Komposit, Resin *Polyester*, Serat ijuk, *Vacuum bag*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena telah melimpahkan berkah serta rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Fraksi Volume Serat dan Persentase Katalis terhadap Sifat Mekanik Komposit *Polyester* berpenguat Serat Ijuk dengan Metode *Vacuum Bag*” ini dengan baik, yang merupakan salah satu syarat kelulusan sebagai Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Metalurgi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak lepas dari kerjasama dan bantuan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Abdul Aziz, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Metalurgi
2. Bapak Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc. selaku Koordinator Skripsi
3. Ibu Tri Partuti, S.Si. M.Si. selaku pembimbing I dan Ibu Prof. Dr. Dra. Erlina Yustanti, M.Si. selaku pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktunya, memberikan bimbingan dan masukan sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini.
4. Kedua Orang Tua dan keluarga serta orang terdekat penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan dari awal perkuliahan hingga saat ini.
5. Teman-teman kontrakan metalurgi 2019 yang telah memberikan motivasi, masukan dan menemani penulis hingga akhir penyusunan skripsi.
6. Waldi Ihsanjapar yang telah bersedia menjadi *partner* tugas akhir penulis.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih terdapat kekurangan, sehingga kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak diharapkan. Penulis berharap agar Skripsi ini bermanfaat khususnya bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya.

Cilegon, 18 Januari 2024

Siti Nurfadilah

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Hipotesis.....	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Komposit	6
2.2 Matriks Polimer	8
2.3 Serat Ijuk	11

2.4	Katalis (<i>Hardener</i>).....	14
2.5	Komposisi Percampuran Bahan Komposit	16
2.6	Proses Manufaktur Metode <i>Vacuum Bag</i>	17
2.7	Karakterisasi dan Pengujian Spesimen	20
2.8	Pengujian Statistik	24
2.9	Aplikasi Material Komposit Serat Alam.....	28
 BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Diagram Alir.....	30
3.2	Alat dan Bahan	31
3.2.1	Alat	31
3.2.2	Bahan	34
3.3	Prosedur Penelitian	35
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Perancangan Alat <i>Vacuum Bag</i>	37
4.2	Hasil Sampel Komposit Metode <i>Vacuum Bag</i>	39
4.3	Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Sifat Mekanik.....	40
4.3.1	Hasil Pengujian Tarik Variasi Fraksi Volume Serat	41
4.3.2	Hasil Pengujian Tekan Variasi Fraksi Volume Serat	44
4.4	Pengaruh Variasi Katalis terhadap Sifat Mekanik.....	45
4.4.1	Hasil Pengujian Tarik Variasi Katalis	46
4.4.2	Hasil Pengujian Tekan Variasi Katalis.....	50
4.5	Hasil Uji Statistik.....	54
4.5.1	Hasil Uji Statistik Kuat Tarik Variasi Katalis.....	54

4.5.2 Hasil Uji Statistik Kuat Tekan Variasi Katalis	56
--	----

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran	61

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Lampiran A. Contoh Perhitungan.....	67
Lampiran B. Data Hasil Penelitian	73
Lampiran C. Gambar Alat dan Bahan.....	95

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Mekanik Resin <i>Polyester</i>	10
Tabel 2.2 Sifat Fisik dan Mekanik Serat Ijuk	14
Tabel 2.3 Nilai Kuat Tarik dan Kuat Tekan Produk Komposit.....	29
Tabel 4.1 Simbol Variasi Fraksi Serat dan Perbandingan Katalis	39
Tabel 4.2 Hasil Uji Tarik Resin 10 : Katalis 0,5.....	41
Tabel 4.3 Modulus elastisitas Resin 10 : Katalis 0,5	42
Tabel 4.4 Hasil Uji Tekan Resin 10 : Katalis 0,5	44
Tabel 4.5 Hasil Uji Tarik Variasi Katalis.....	46
Tabel 4.6 Modulus Elastisitas Fraksi Variasi Katalis	49
Tabel 4.7 Hasil Uji Tekan Variasi Katalis.....	50
Tabel 4.8 Hasil Uji Normalitas Kuat Tarik	54
Tabel 4.9 Hasil Uji Homogenitas Kuat Tarik.....	55
Tabel 4.10 Hasil Uji <i>Analysis of Variance</i> Kuat Tarik	55
Tabel 4.11 Hasil Uji Normalitas Kuat Tekan	56
Tabel 4.12 Hasil Uji Homogenitas Kuat Tekan.....	57
Tabel 4.13 Hasil Uji <i>Analysis of Variance</i> Kuat Tekan	58
Tabel B.1 Data Komposisi Komposisi Uji Tarik	79
Tabel B.2 Data Komposisi Komposisi Uji Tekan.....	79
Tabel B.3 Hasil Uji Tarik.....	80
Tabel B.4 Hasil Uji Normalitas Kuat Tarik Variasi Katalis.....	85

Tabel B.5 Hasil Uji Homogenitas Kuat Tarik Variasi Katalis	86
Tabel B.6 Deskripsi ANOVA Kuat Tarik Variasi Katalis	86
Tabel B.7 Hasil Uji ANOVA Kuat Tarik Variasi Katalis	86
Tabel B.8 Hasil Uji Tekan.....	87
Tabel B.9 Hasil Uji Normalitas Kuat Tekan Variasi Katalis.....	92
Tabel B.10 Hasil Uji Homogenitas Kuat Tekan Variasi Katalis	93
Tabel B.11 Deskripsi ANOVA Kuat Tekan Variasi Katalis	93
Tabel B.12 Hasil Uji ANOVA Kuat Tekan Variasi Katalis.....	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Bagian-bagian komposit	8
Gambar 2.2 Serat Ijuk.....	13
Gambar 2.3 <i>Vacuum Bagging</i>	19
Gambar 2.4 Spesimen Uji Tarik	21
Gambar 2.5 Spesimen Uji Tekan	23
Gambar 3.1 Diagram Alir	31
Gambar 4.1 Desain Alat <i>Vacuum Bag</i>	37
Gambar 4.2 Hasil Rancangan Alat <i>Vacuum Bag</i>	38
Gambar 4.3 (a) Sampel Uji Tarik dan (b) Sampel Uji Tekan.....	40
Gambar 4.4 Nilai Kuat Tarik Fraksi Volume Serat	41
Gambar 4.5 Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas Fraksi Volume Serat	43
Gambar 4.6 Nilai Kuat Tekan Fraksi Volume Serat	45
Gambar 4.7 Nilai Kuat Tarik Variasi Katalis dengan 5% Serat	46
Gambar 4.8 Nilai Kuat Tarik Variasi Katalis dengan 10% Serat	47
Gambar 4.9 Nilai Kuat Tarik Variasi Katalis dengan 15% Serat	48
Gambar 4.10 Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas Fraksi Variasi Katalis.....	50
Gambar 4.11 Nilai Kuat Tekan Variasi Katalis dengan 5% Serat	51
Gambar 4.12 Nilai Kuat Tekan Variasi Katalis dengan 10% Serat	52
Gambar 4.13 Nilai Kuat Tekan Variasi Katalis dengan 15% Serat	53
Gambar B.1 Sampel Uji Tarik A.....	74

Gambar B.2 Sampel Uji Tarik B.....	74
Gambar B.3 Sampel Uji Tarik C.....	74
Gambar B.4 Sampel Uji Tarik D.....	75
Gambar B.5 Sampel Uji Tarik E.....	75
Gambar B.6 Sampel Uji Tarik F.....	75
Gambar B.7 Sampel Uji Tarik G.....	76
Gambar B.8 Sampel Uji Tarik H.....	76
Gambar B.9 Sampel Uji Tarik I.....	76
Gambar B.10 Sampel Uji Tekan A	77
Gambar B.11 Sampel Uji Tekan B.....	77
Gambar B.12 Sampel Uji Tekan C.....	77
Gambar B.13 Sampel Uji Tekan D	77
Gambar B.14 Sampel Uji Tekan E.....	78
Gambar B.15 Sampel Uji Tekan F.....	78
Gambar B.16 Sampel Uji Tekan G	78
Gambar B.17 Sampel Uji Tekan H	78
Gambar B.18 Sampel Uji Tekan I.....	79
Gambar B.19 Uji Tarik Spesimen A	81
Gambar B.20 Uji Tarik Spesimen B	81
Gambar B.21 Uji Tarik Spesimen C	82
Gambar B.22 Uji Tarik Spesimen D	82
Gambar B.23 Uji Tarik Spesimen E.....	83
Gambar B.24 Uji Tarik Spesimen F.....	83

Gambar B.25 Uji Tarik Spesimen G	84
Gambar B.26 Uji Tarik Spesimen H	84
Gambar B.27 Uji Tarik Spesimen I.....	85
Gambar B.28 Uji Tekan Spesimen A	88
Gambar B.29 Uji Tekan Spesimen B	89
Gambar B.30 Uji Tekan Spesimen C	89
Gambar B.31 Uji Tekan Spesimen D.....	90
Gambar B.32 Uji Tekan Spesimen E	90
Gambar B.33 Uji Tekan Spesimen F.....	91
Gambar B.34 Uji Tekan Spesimen G.....	91
Gambar B.35 Uji Tekan Spesimen H.....	92
Gambar B.36 Uji Tekan Spesimen I	92
Gambar C.1 Alas Cetakan	97
Gambar C.2 <i>Bagging Film</i>	97
Gambar C.3 Cetakan Master.....	97
Gambar C.4 <i>Connection T</i>	97
Gambar C.5 Gunting	97
Gambar C.6 Kape.....	98
Gambar C.7 Kuas.....	98
Gambar C.8 Mesin Uji Tarik.....	98
Gambar C.9 Mesin Uji Tekan.....	98
Gambar C.10 <i>Opp Tape</i>	98
Gambar C.11 <i>Peel Ply</i>	98

Gambar C.12 pengaduk	99
Gambar C.13 Penggaris.....	99
Gambar C.14 Pompa Vakum.....	99
Gambar C.15 <i>Resin Trap</i>	99
Gambar C.16 Sarung Tangan	99
Gambar C.17 <i>Sealant Tape</i>	99
Gambar C.18 Selang	100
Gambar C.19 Timbangan Digital.....	100
Gambar C.20 Tempat <i>Gelcoat</i>	100
Gambar C.21 Wadah.....	100
Gambar C.22 Katalis.....	100
Gambar C.23 Larutan NaOH.....	100
Gambar C.24 Resin Polyester.....	101
Gambar C.25 Serat Ijuk.....	101
Gambar C.25 <i>Wax</i>	101

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era semakin berkembangnya teknologi, mendorong berbagai industri terutama di Indonesia untuk mencari alternatif yang lebih mudah untuk dapat dimanfaatkan sehingga mampu meningkatkan nilai ekonomis dari proses produksi. Hal tersebut disesuaikan dengan keadaan alam yang mendukung untuk pemanfaatannya. Namun, yang menjadi permasalahan terbesar saat ini di dunia industri adalah dengan sumber daya alam yang melimpah tetapi kurangnya pemanfaatan dan pelestarian lingkungan hidup. Tidak sedikit, industri saat ini banyak yang menggunakan material berasal dari serat sintetis sehingga perlu peningkatan upaya untuk mengeksplorasi lebih bahan alam yang mampu menanggulangi bahan sintesis. Pada dasarnya bahan sintetis memiliki sifat yang sulit untuk terurai sehingga hal tersebut dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Upaya yang mampu dilakukan untuk menanggulangi permasalahan tersebut adalah dengan menjadikan serat alam sebagai pengganti serat sintetis. Sehingga perlu mengeksplorasi bahan-bahan alami yang tidak dapat diperbaharui harus ditingkatkan dan terus berkembang. Dalam penggunaannya, proses pemilihan bahan alam terlebih dahulu perlu diteliti agar dapat diketahui sifat mekaniknya sesuai dengan kebutuhan pengaplikasian bahan tersebut, sehingga serat alam mampu menggantikan serat sintetis sebagai material yang sudah lama digunakan. Pembuatan komposit dengan menggunakan serat alam merupakan salah satu pengujian serat alam umumnya dilakukan.

Terdiri dari dua atau lebih dari hasil rekayasa material dengan sifat masing-masing yang berbeda untuk saling melengkapi satu sama lain material penyusunnya disebut juga sebagai komposit. Gabungan dua material tersebut terdiri pengikat yang merupakan fungsi dari matriks, dan penguat yang merupakan fungsi dari serat. Banyak jenis serat yang bisa digunakan sebagai material komposit, seperti saat ini dikembangkan serat yang berasal dari alam. Penggunaan serat alam memberikan

keuntungan yakni memiliki massa jenis yang rendah sekitar $0 - 1,5 \text{ g/cm}^3$, mudah didaur ulang, murah berkisar Rp. 5000-10000/meter, dapat diperbaharui dan tidak mencemari lingkungan. Pada penelitian ini jenis serat alam yang dapat digunakan adalah serat yang berasal dari pohon aren (*arenga pinnata*) disebut sebagai serat ijuk, pada pohon aren semua bagian dari pohon tersebut terutama ijuknya dapat dimanfaatkan sehingga dikenal pohon yang serba guna. Produksi ijuk secara nasional semakin lama semakin bertambah dapat mencapai 14.000 ton per bulan atau setara dengan 165.000 ton per tahun (Sukoco, dkk., 2016). Pemanfaatan serat ijuk di Indonesia terbilang masih cukup minim yang hanya dimanfaatkan sebatas keperluan rumah tangga dan bahkan diekspor masih dalam kondisi mentah. Ijuk sebagai material dasar komposit diharapkan mampu meningkatkan pemanfaatan serat ijuk sehingga mempunyai nilai tambah lebih tinggi. Selain itu, keutamaan sifat mekanik dari penggunaan serat ijuk sebagai serat alam ditunjukkan pada nilai kuat tarik maksimum sebesar 20,094 MPa dengan fraksi volume serat 15%, dan nilai kuat tekan maksimum sebesar 94,76 MPa pada fraksi volume serat 5% (Fariyan, 2021). Sedangkan pada serat palem menunjukkan nilai kuat tarik maksimum pada fraksi volume serat 3% sebesar 10,4 MPa (Manurung, dkk., 2013), dan nilai kuat tekan maksimum dengan serat pohon sagu pada fraksi serat 2% sebesar 18,47 MPa (Rifa'i, dkk., 2021).

Selain karena fraksi volume serat, sifat mekanik komposit juga dipengaruhi oleh komposisi penggunaan perbandingan antara resin dan katalis. Pada proses laminasi pembuatan komposit dapat berjalan dengan cepat dan menghasilkan material yang baik, disebabkan oleh matriks dengan tambahan katalis yang mampu mempercepat proses pengeringan. Resin sebagai bahan pengikat pada material komposit dapat menyatukan serat-serat yang digunakan sebagai penguat. Hal tersebut mampu meningkatkan nilai kekuatan tarik komposit. Sedangkan katalis yang berperan sebagai tambahan pada resin, mampu mempercepat proses pengerasan resin. Oleh karena itu, variasi katalis yang digunakan pada pembuatan komposit dapat memengaruhi reaksi kimia yang pada akhirnya juga mempengaruhi sifat mekanik pada komposit. Nilai kuat tarik tertinggi diperoleh pada variasi katalis 1,5 sebesar 108,65 MPa (Milya, dkk., 2022), nilai modulus elastisitas tertinggi

sebesar 0,33 MPa pada komposisi katalis 2,5 (Rusly, dkk., 2023). Sedangkan nilai kuat tekan tertinggi pada komposisi katalis 1 yang diperoleh sebesar 1726,19 MPa (Taufik dan Astuti, 2014). Selain pengujian sifat mekanik, dilakukan juga pengujian statistik. Uji statistik memiliki peranan penting dalam penelitian ini, untuk membuktikan analisis data dari hasil pengujian mekanik pada variasi katalis. Hasil uji statistik memberikan penjelasan adanya faktor yang mempengaruhi terhadap hasil pengujian. Penjelasan yang diberikan dari hasil uji statistik adalah menyatakan perbedaan yang diberikan dari hasil pengujian diperoleh karena adanya faktor yang mempengaruhi secara signifikan.

Proses pembuatan komposit terdiri dari berbagai macam metode, termasuk dengan metode *vacuum bag*. Proses pencetakan komposit dengan metode *Vacuum bag* ini merupakan metode pembuatan spesimen komposit yang dilakukan dengan cara memberikan penekanan pada laminasi. Metode *vacuum bag* ini diharapkan mampu menghilangkan udara yang terperangkap pada laminasi yang terdiri dari serat dan *gelcoat*, serta lapisan lainnya pada cetakan hingga lapisannya menjadi satu kesatuan material komposit yang struktural. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik pada komposit serat ijuk menggunakan metode *vacuum bag* dengan variasi fraksi volume serat 5%, 10% dan 15% dan membuktikan adanya pengaruh variasi katalis dengan uji statistika pada perbandingan komposisi antara resin dengan katalis 10:0,5; 10:1; 10:1,5.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas permasalahan yang dapat dirumuskan untuk dijadikan sebagai bahasan sebagai berikut.

1. Bagaimana alat *vacuum bag* efisien digunakan untuk membuat sampel komposit?
2. Bagaimana pengaruh komposisi fraksi volume serat ijuk antara 5%, 10% dan 15% dan perbandingan antara resin dengan katalis 10:0,5; 10:1; 10:1,5, terhadap sifat mekanis terbaik dari komposit?
3. Bagaimana kekuatan mekanik material komposit dengan metode *vacuum bag*?

4. Bagaimana cara membuktikan pengaruh variasi katalis terhadap sifat mekanik dengan menggunakan uji statistik?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yakni menjawab permasalahan yang telah dirumuskan di atas yaitu sebagai berikut:

1. Menghasilkan alat *vacuum bag* yang layak untuk digunakan dalam membuat sampel komposit
2. Mengetahui komposisi terbaik fraksi volume serat ijuk 5%, 10% dan 15% serta perbandingan antara resin dengan katalis 10:0,5; 10:1; 10:1,5, pada metode *vacuum bag*.
3. Memperoleh sampel komposit dengan sifat mekanik terbaik.
4. Mengetahui adanya pengaruh variasi katalis terhadap sifat mekanik komposit dari hasil uji statistik.

1.4 Hipotesis

Hipotesis awal dilakukannya penelitian ini adalah dengan semakin besar fraksi volume serat, sifat mekanik komposit semakin meningkat. Penggunaan katalis yang sedikit dapat meningkatkan sifat mekanik yang diperoleh sampel komposit.

1.5 Batasan Masalah

Adapun yang termasuk dalam ruang pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan dengan pembuatan alat *vacuum bag* dilanjutkan dengan pembuatan spesimen komposit.
2. Spesimen terbuat dari serat ijuk dengan fraksi 5%, 10% dan 15% serta perbandingan antara resin *polyester* dengan katalis 10:0,5; 10:1; dan 10:1,5.
3. Spesimen dibentuk sesuai standar ASTM D3039 untuk uji tarik dan ASTM D695 untuk uji tekan.

4. Uji statistik dilakukan untuk membuktikan pengaruh katalis terhadap sifat mekanik.

1.6 Sistematika Penulisan

Skripsi ini tersusun dengan sistematika penulisan secara urut agar mempermudah dalam pembahasan yang terdiri dari lima bab. Pada Bab I berisi tentang pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, hipotesis, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Bab II berisi mengenai tinjauan pustaka yang menjelaskan tentang teori yang mendukung dan dapat dijadikan sebagai acuan baik dalam pengolahan data, analisis maupun pembahasan pada penelitian ini. Bab III menjelaskan tentang metode yang digunakan pada penelitian ini yang terdiri dari diagram alir, alat, bahan dan prosedur penelitian. Pada Bab IV menjelaskan mengenai hasil yang diperoleh dari penelitian serta hasil analisis yang berkaitan dengan data yang diperoleh dari hasil pengujian. Bab V menjelaskan mengenai penutup yang berisi kesimpulan dari hasil yang diperoleh pada penelitian ini dan saran yang dapat diberikan untuk perbaikan serta aspek lainnya yang perlu ditingkatkan untuk penelitian selanjutnya. Sedangkan pada Daftar pustaka berisi tentang referensi yang digunakan pada penelitian dan penyusunan skripsi ini. Lampiran berisi mengenai data sekunder yang mendukung penelitian dan penyusunan skripsi ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit adalah suatu material gabungan atau kombinasi yang terdiri dari dua atau lebih material yang memiliki sifat, bentuk dan komposisi kimia yang berbeda baik secara mikro maupun makro. Kombinasi tersebut bertujuan untuk menggabungkan kelebihan dan mengurangi keterbatasan yang dimiliki masing-masing material penyusunnya. Pengertian komposit lainnya menyebutkan sebagai material yang berasal dari kombinasi dua atau lebih material berfase padat dalam skala makroskopis sehingga mempunyai kualitas lebih baik dari material pembentuknya (Samlawi, dkk., 2017). Sedangkan pendapat lain menyatakan material komposit tersusun dari gabungan dua material yaitu serat sebagai penguat dan matriks sebagai pengikat bahan penguat satu dengan lainnya sehingga menghasilkan material baru yang ringan dan kuat (Purkoncoro, 2017). Tujuan utama dari pembuatan komposit ini adalah untuk mampu memperbaiki sifat mekanik dari masing-masing material penyusunnya, selain itu juga bertujuan agar mampu mempermudah proses manufaktur pada bentuk geometri yang kompleks. Material komposit juga dapat memberikan berat yang lebih ringan dengan sifat mekanik yang lebih baik. (Hazhari, dkk., 2022)

Pada komposit awalnya beban yang diperoleh diterima matriks selanjutnya diteruskan ke serat. Sehingga jika dibandingkan dengan matriks, serat harus mempunyai kekuatan tarik dan elastisitas lebih tinggi. Material yang dapat digunakan sebagai matriks dapat berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Fungsi matriks secara umum adalah untuk mengikat serat menjadi satu kesatuan pada komposit. Adapun fungsi matriks sebagai berikut.

- a. Mengikat serat menjadi satu kesatuan utuh.
- b. Melindungi serat dari kondisi lingkungan yang dapat menyebabkan kerusakan.
- c. Mentransfer dan mendistribusikan beban ke serat.

- d. Memberikan sifat kekakuan, ketangguhan dan ketahanan listrik. (Iswan, dkk, 2018)

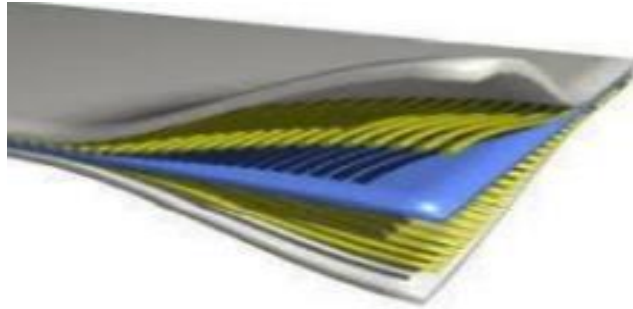
Berdasarkan material matriksnya, komposit terbagi ke dalam 3 macam diantaranya yaitu sebagai berikut.

- a. Komposit matriks polimer (*polimer matrix composite*) juga disebut dengan FRP (*Fiber Reinforced Polymer or Plastics*). Jenis komposit ini menggunakan matriks jenis resin dan serat gelas, aramid atau karbon sebagai penguatnya.
- b. Komposit matriks logam (*metal matrix composite*), jenis matriks yang digunakan yaitu material metal atau logam seperti aluminium dan sebagainya yang diperkuat dengan serat seperti silikon karbida.
- c. Komposit matriks keramik (*Ceramic matrix composite*) jenis matriks yang digunakan berbahan dasar keramik, biasa dipakai untuk lingkungan yang memiliki suhu tinggi.

Secara umum macam serat terbagi menjadi dua yaitu serat yang diperoleh secara langsung dari alam disebut sebagai serat alam yang terbentuknya tanpa adanya campur tangan manusia. Contoh serat yang termasuk ke dalam serat alam diantaranya seperti serat yang berasal dari tumbuhan atau hewan. Adapun serat yang diperoleh dari tumbuhan yaitu kapas, pelepah pisang, sabut kelapa, ijuk, bambu, nanas dan kenaf atau goni. Sedangkan serat alam yang berasal dari hewan yaitu wol, sutera, dan bulu. Selain serat alam, ada juga serat yang terbuat dari bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu yang disebut juga sebagai serat sintetis. Contoh serat sintetis yang umum digunakan diantaranya yaitu serat gelas, serat karbon, kevlar, *nylon* dan sebagainya. Jenis komposit berdasarkan penguat atau serat yang di gunakan juga terdapat 3 macam yaitu sebagai berikut.

- a. *Fibrous Composites* (Komposit serat). Jenis komposit menggunakan penguat berupa serat (*fiber*) yang disusun hanya satu lapisan dengan
- b. *Laminated Composite* (Komposit Laminat). Jenis komposit yang disusun oleh dua lapis atau lebih yang di gabung menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik sifat tersendiri.

c. *Particulate Composite* (Komposit Partikel). Jenis komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya yang terdistribusikan secara merata dalam matriksnya (Hidayat, 2020).



Gambar 2.1 Bagian-bagian komposit (Hidayat, 2020).

2.2 Matriks Polimer

Kata polimer berasal dari bahasa Yunani yaitu “*poly*”, yang berarti “banyak”, dan “*mer*”, yang berarti “bagian” sehingga polimer merupakan molekul besar yang terbentuk dari bagian unit-unit sederhana yang berulang (Hasbi, dkk, 2016). Kombinasi yang terdiri dari polimer sebagai matriks dan material pengisi baik sintetis maupun alami disebut sebagai polimer komposit. Penggunaan matriks polimer dapat meningkatkan sifat mekanik, ketahanan panas, penghalang (*barrier*) gas dan api pada komposit. Namun, polimer sebagai matriks diperlukan lebih banyak ketika pengisi komposit berbentuk serbuk, kalsium karbonat, serat, dan sebagainya agar memperoleh sifat komposit yang baik, terhindar dari munculnya kerapuhan sifat yang tidak diinginkan oleh komposit. Sifat hasil akhir komposit polimer dipengaruhi oleh jenis serat, mikro struktur komposit, dimensi komponen kandungan komponen, dan interaksi *interface* antara matriks dan serat yang tersebar. Selain sifat mekanik dari serat, adhesi antara matriks dan serat juga mempengaruhi peningkatan efisiensi *interface* komposit, khususnya pada faktor perbandingan serat yang dapat memperbaiki sifat yang dimiliki oleh komposit diantaranya sifat mekanik, listrik, dan termal. Komposit polimer dengan sifat multifungsi yang baik diperoleh dari faktor rasio tinggi sehingga mudah ditingkatkan kinerjanya (Suryanto, 2019). Jenis polimer yang umum digunakan untuk matriks terdiri dari *thermoset* dan termoplastik.

- a. Polimer *thermoset* yaitu jenis polimer yang tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversible*). Jika sudah terjadi pengerasan maka material tidak akan kembali ke bentuk semula atau tidak dapat dilunakkan kembali. Walaupun dengan dilakukan pemanasan yang tinggi, melainkan akan membentuk polimer menjadi arang. Contoh dari polimer *thermoset* antara lain epoksida, Bismaleimida (BMI), dan Poli-imida (PI).
- b. Sedangkan polimer termoplastik adalah polimer yang apabila dipanaskan akan mengalami pelelehan dan setelah itu akan mengalami pengerasan setelah didinginkan. Contoh dari polimer termoplastik antara lain *Polyvinyl klorida*, *Nylon 66*, *Polypropylene*, *Polytetrafluoroethylene*, *Polyethylene Terephthalate*, Politer sulfon, dan Politer eterketon (Pascault, dkk., 2002).

Penggunaan matriks bermaterial polimer memiliki kelebihan seperti biaya pembuatan murah, dapat dibuat dengan produksi massal, ketangguhan yang baik, anti korosi, siklus pabrikasi cepat, ramah lingkungan dan lebih ringan. Matriks polimer untuk komposit sering kali disebut dengan resin. Jenis resin yang umumnya digunakan sebagai matriks polimer adalah resin *epoxy* dan *polyester* (Manurung, dkk., 2013). Jenis resin *polyester* yang digunakan sebagai matriks komposit adalah tipe yang tidak jenuh (*unsaturated polyester*). *Unsaturated Polyester* (UP) merupakan jenis resin *thermoset* yang memiliki sifat encer dan fluiditasnya baik sehingga dapat diaplikasikan mulai dari proses sederhana hingga proses yang kompleks. Pertimbangan banyaknya penggunaan resin didasarkan pada harga relatif murah, *curing* cepat, warna jernih, dan mudah penanganannya. *Polyester* berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis dan harganya relatif lebih terjangkau dari pada *epoxy*. Resin *polyester* umumnya tahan terhadap asam kecuali asam pengoksidasi, tahan terhadap cuaca, kelembaban dan sinar UV bila dibiarkan di luar. Resin *polyester* dapat pecah dan retak-retak apabila dimasukkan ke dalam air mendidih sekitar 300 jam. Selain itu, juga memiliki sifat tembus cahaya yang lama kelamaan akan menyebabkan kerusakan, memiliki aroma yang cukup tajam dan tidak dapat mengering sempurna jika tidak diberi katalis. Namun, apabila dicampurkan dengan

katalis secara berlebih, akan menyebabkan bersuhu sangat tinggi dan bahkan bisa terbakar (Taufik & Astuti, 2014). Salah satu resin yang termasuk jenis *polyester* adalah resin yukalac 157® BQTN-EX Series (Manurung, dkk., 2013).

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Mekanik Resin *Polyester* (Mohammed, dkk., 2020)

<i>Properties</i>	<i>Values</i>
<i>Tensile Strength</i>	55-65 MPa
<i>Young modulus</i>	> 2.06 GPa
<i>Tensile Modulus</i>	3600-2800 MPa
<i>Flexural Strength</i>	182-192 MPa
<i>Elongation at Break</i>	1.9-2.3%
<i>Heat Deflection Temperature</i>	63-71°C
<i>Water Absorption</i>	15-19 mg
<i>Izod Impact, notched</i>	0.15–3.2 J/cm
<i>Density</i>	1.10-1.11 gm/cm ³
<i>Viscosity at 25°C</i>	150 Mpa.s

Selain resin *resin polyester*, resin *epoxy* juga umum digunakan sebagai matriks komposit. Resin *epoxy* lebih kental sehingga pada proses pengeringannya membutuhkan katalis dengan prosentase lebih banyak dibandingkan dengan resin *polyester* (Manurung, dkk., 2013). Resin *epoxy* adalah resin yang memiliki kualitas yang baik dan tiga kali lipat memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan dengan jenis resin lain yang ada di pasaran, namun resin *epoxy* memiliki harga jual yang lebih mahal. Hasil akhir dari resin *epoxy* memiliki kekuatan yang baik, dengan permukaan mediator atau benda yang dilapisi oleh resin *epoxy* akan tampak berkilau dan mengkilat. Sehingga produk yang dibuat dengan penggunaan resin *epoxy* tidak perlu dilakukan proses *finishing* karena permukaan yang dihasilkan sudah cukup bagus dan tidak lengket sehingga tidak memerlukan perlakuan akhir setelah produk terbentuk. Penggunaan resin *epoxy* ini umumnya baik digunakan

dalam kerajinan seperti hiasan rumah, gantungan kunci, batu perhiasan, dan lainnya (Zhain, 2020).

2.3 Serat Ijuk

Material komposit umumnya tersusun dari kombinasi dua material atau lebih, terdiri dari matriks yang berfungsi mengikat bahan penguat yang satu dengan lainnya dan serat yang berfungsi sebagai penguat. Komposit serat yang baik harus mampu untuk menyerap matriks sehingga memudahkan terjadi antara dua fase. Kemampuan untuk menahan tegangan yang tinggi harus dimiliki oleh komposit serat, karena adanya pendistribusian tegangan ketika serat dan matriks berinteraksi. Selain itu, ada juga gaya yang berpengaruh pada ikatan antara serat dan matriks yaitu gaya *coulomb* dan gaya adhesi. Serat umumnya terdiri dari dua jenis yaitu serat alam dan serat sintetis (Purkuncoro, 2017).

Serat alam (*natural fiber*) merupakan serat yang bersumber langsung dari alam bukan merupakan buatan atau rekayasa manusia. Serat alam biasanya didapat dari serat tumbuhan seperti serat bambu, serat pohon pisang serat nanas dan sebagainya. Serat alam sebelum digunakan sebagai bahan serat pada komposit, umumnya mendapat perlakuan terlebih dahulu dengan menggunakan cairan kimia seperti NaOH. Hal tersebut dapat memperoleh kekuatan dan modulus tarik tertinggi pada komposit dengan perlakuan alkali serat selama 2 jam. Perlakuan alkali dilakukan untuk mengurangi kadar air dan *wax* (lapisan minyak) dalam serat sehingga mengakibatkan permukaan lebih kasar dan dapat meningkatkan ikatan dengan matriks yang digunakan (Astika, dkk., 2013). Selain itu, serat alam yang mempunyai sifat hidrofil dengan pengikat matriks termoset yang bersifat hidrofob sangat tidak kompatibel. Sehingga perlu dilakukan upaya penghilangan bahan piktin, lignin dan hemiselulosa agar menjadi lebih kompatibel artinya serat menjadi lebih bisa mengikat dengan matriksnya atau dengan resin. Serat alam yang berasal dari serat buah kelapa mempunyai kekuatan berkisar antara 220 -1500 MPa pada serat *flax* dan modulus elastisitas pada serat buah kelapa antara 6 - 80 GPa pada serat *flax*, serta massa jenis berkisar 1,25 gram/cm³ - 1,5 gram/cm³. Kelebihan

menggunakan serat alam sebagai penguat komposit sebagai berikut (Purkoncoro, 2017).

- a. Lebih ramah lingkungan dan *biodegradable* dibandingkan dengan serat sintetis
- b. Berat jenis serat alam lebih kecil.
- c. Memiliki rasio berat-modulus lebih baik dari serat *E-glass*
- d. Komposit serat alam memiliki daya redam akustik yang lebih tinggi dibandingkan komposit serat *E-glass* dan serat karbon
- e. Serat alam lebih ekonomis dari serat glass dan serat karbon.

Banyak jenis serat yang bisa digunakan sebagai material komposit, salah satunya adalah jenis serat yang berasal dari pohon aren atau enau. Serat yang dihasilkan dari pohon aren dikenal dengan nama serat ijuk. Daun pada pohon aren berbentuk sisal atau serat dengan jenis daun yang lurus-lurus, pelepah pohon aren terbalut serabut-serabut berwarna hitam yang serabut membentuk pola rajutan seperti sudah teranyam. Serabut hitam pada pohon aren disebut ijuk. Serat ijuk yang merupakan bagian dari pohon Aren hampir mirip dengan pohon kelapa, dengan letak serat ijuk berada pada lapisan luar dari pangkal pelepah pohon Aren. Keadaan serat ijuk yang dipisahkan dari pohon aren tersebut masih mengandung kotoran serta debu, hal ini dapat mempengaruhi sifat mekanis serat dan belum dapat digunakan sebagai serat pada pembuatan komposit. Pemilihan ijuk dapat dilakukan dengan memotong pangkal pelepah-pelapah daun, kemudian ijuk yang bentuknya berupa lempengan anyaman ijuk dilepas dengan menggunakan parang dari tempat ijuk itu menempel. Kemudian lempengan lempengan yang mengandung lidi-lidi ijuk dipisahkan dari serat-serat ijuk dengan menggunakan tangan (Munandar, dkk., 2013).

Pembersihan serat ijuk dari berbagai kotoran dan ukuran serat ijuk yang besar, digunakan sisir kawat. Serat ijuk direndam dengan larutan alkali Natrium Hidroksida (NaOH) 5% selama 2 jam kemudian dibersihkan dengan aquades. Perlakuan alkali serat dengan NaOH 5% memiliki pengaruh yang secara signifikan terhadap nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit. Selain karena matriks dan serat, kekuatan komposit juga dipengaruhi oleh beberapa faktor antara

lain. Seperti perlakuan perendaman NaOH pada serat. Akibat jika tidak dilakukan perendaman alkali, maka ikatan antara serat dan matriks akan menjadi kurang maksimal karena adanya lapisan hemiselulosa yang menghalangi permukaan serat (Munandar, dkk., 2013). Pada serat alam, perlakuan alkalisasi dengan NaOH merupakan salah satu perlakuan kimia yang sudah banyak dilakukan sehingga dapat meningkatkan kandungan selulosa melalui proses penghilangan kandungan hemiselulosa dan lignin sehingga mendapatkan hasil yang terbaik pada material komposit yang menggunakan serat alam. Salah satu rangkaian proses pembuatan komposit tersebut diperoleh hasil yang tidak sempurna tanpa melakukan proses alkalisasi, akibat dari terhalangnya permukaan serat oleh lapisan yang menyerupai lilin. Pengaruh perlakuan perendaman alkalisasi terhadap sifat permukaan serat alam dan selulosa telah banyak diteliti, dengan hasil yang diperoleh kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hyrophilic* pada serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matriks secara optimal (Hazhari., dkk. 2022).



Gambar 2.2 Serat Ijuk (Iswan, dkk, 2018).

Adapun kelebihan yang dimiliki serat ijuk yang tidak dimiliki serat lainnya adalah sifat dari serat ijuk yang lentur, tidak mudah terurai, tahan terhadap air bahkan air laut dan tahan lama serta dapat mencegah rayap tanah untuk dapat menembus. Serat ijuk yang bagus pada umur pohon aren yang sudah tua memiliki ukuran diameter kurang lebih 0,5 mm dan tingkat kelenturan yang bagus serta tidak mudah putus, dengan kondisi yang sudah teranyam dengan serat ijuk yang kecil kecil pada pelepah pohon Aren. Pembudidayaan pohon Aren sudah lama dilakukan di Indonesia. Penggunaan serat ijuk khususnya di Indonesia masih sebatas sebagai pembuatan sapu, sikat, tali, atap pengganti genting, penyaring air untuk irigasi,

bahan resapan di bak *septic tank* dan banyak ditemukan di pesisir pantai sebagai penangkis ombak air laut karena sifatnya yang tahan terhadap air laut, tempat telur ikan dan juga dapat dimanfaatkan sebagai pembungkus kabel bawah tanah di luar negeri. Pohon Aren tumbuh hampir disetiap daerah pesisir di Indonesia. Pemanfaatan yang kurang optimal menyebabkan serat ijuk banyak yang terbuang menjadi sampah atau bahkan dibakar secara percuma (Iswan, dkk., 2018).

Tabel 2.2 Sifat Fisik dan Mekanik Serat Ijuk (Bachtiar, dkk. 2010).

<i>Properties</i>	<i>Values</i>
<i>Tensile Strength</i>	276.60 MPa
<i>Tensile Modulus</i>	5.90 GPa
<i>Elongation at Break</i>	22.30%
<i>Strain</i>	19,6%
<i>Density</i>	1.29 gm/cm ³
Diameter	99 – 311 μ m

2.4 Katalis (*Hardener*)

Katalis atau *hardener* adalah suatu senyawa kimia yang mampu membuat reaksi pada material yang ditamharkannya menjadi lebih cepat untuk mencapai kesetimbangan tanpa mengalami perubahan kimiawi diakhir reaksi. Nilai kesetimbangan tidak dapat dirubah oleh katalis, namun dapat berperan dalam menurunkan energi aktivasi. Reaksi yang berjalan dengan cepat terjadi karena adanya proses dalam penurunan energi aktivasi. Sehingga maka energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya tumbukan berkurang. Sifat-sita yang dimiliki katalis pada umumnya yaitu aktivitas, stabilitas, selektivitas, umur, regenerasi dan kekuatan mekanik. Sedangkan fungsi katalais secara umum mempunyai 2 fungsi yaitu fungsi aktivitas yakni untuk mempercepat reaksi menuju kesetimbangan dan fungsi selektivitas yaitu untuk meningkatkan hasil reaksi yang dikehendaki. Laju reaksi kimia yang terjadi secara termodinamika berlangsung dapat terjadi oleh katalis yang berfungsi sebagai suatu substansi kimia mampu mempercepat laju

reaksi kimia. Hal tersebut terjadi karena adanya senyawa antara yang lebih aktif dihasilkan, disebabkan karena kemampuannya pada paling sedikit satu molekul reaktan untuk terjadinya interaksi. Interaksi ini dapat meningkatkan jumlah tumbukan dapat meningkat dan alur reaksi dapat terbuka dengan energi pengaktifan yang lebih rendah akibat dari meningkatnya ketepatan orientasi tumbukan dan meningkatnya konsentrasi akibat lokalisasi reaktan (Zhain, 2020).

Katalis terbagi ke dalam tiga komponen yakni situs aktif, penyangga atau pengemban dan promotor. Menghasilkan reaksi kimia yang diharapkan merupakan fungsi dari situs aktif. Sedangkan fungsi dari penyangga yakni berperan aktif dalam memodifikasi komponen, menyediakan permukaan yang luas, dan meningkatkan stabilitas katalis. Adapun promotor berfungsi pada katalis untuk meningkatkan atau mengurangi aktivitas serta berperan dalam struktur katalis (Zhain, 2020). Katalis yang berfungsi untuk mempercepat pengerasan cairan resin (*curing*) umumnya menggunakan katalis *methyl ethyl keton peroksida* (MEKPO). Katalis MEKPO kadar penggunaannya sebesar 5% pada suhu kamar. Semakin banyak katalis yang dicampurkan pada cairan matriks akan mempercepat proses laju pengeringan. (Manurung, dkk., 2013).

Pada komposit berpenguat serat alam pemberian katalis dan resin berpengaruh besar pada kekuatan mekanik komposit tersebut. Peran katalis sangat berpengaruh untuk meningkatkan kekuatan pada komposit selain untuk mempercepat proses pengeringan resin. Katalis juga berperan sebagai material pengikat yang menyatukan serat-serat penguat, sehingga resin dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit. Pengikatan serat-serat sebagai penguat tidak hanya oleh resin, namun juga adanya tambahan katalis pada resin. Reaksi kimia yang terjadi dapat terpengaruh akibat dari adanya penambahan jumlah pada penggunaan variasi katalis. Sehingga sifat mekanik komposit yang diperoleh pada akhirnya akan terpengaruh juga. Hal tersebut terjadi pada penelitian sebelumnya di mana kekuatan tarik komposit meningkat hingga 15% akibat dari penggunaan katalis dalam jumlah yang tepat. Sebaliknya jumlah penggunaan katalis yang terlalu banyak, dapat menghasilkan panas yang berlebihan sehingga dapat menyebabkan kerusakan selama proses pengerasan. Sehingga komposit yang dihasilkan dapat menjadi

rapuh. Selain karena penambahan katalis, kekuatan tarik komposit juga meningkat hingga 20% akibat dari penambahan resin untuk mengikat antar serat dalam jumlah yang tepat. Namun sebaliknya, penambahan resin dalam jumlah yang terlalu banyak dapat menyebabkan komposit yang dihasilkan menjadi berat dan kurang fleksibel. Oleh karena itu, untuk penggunaan matriks agar proses laminasi komposit berjalan cepat dan tepat sehingga menghasilkan material yang baik, maka resin perlu ditambahkan dengan jumlah katalis yang tepat sebagai percepatan pengeringan dan resin sebagai pengikat yang tepat (Rusly, dkk., 2023).

2.5 Komposisi Pencampuran Bahan Komposit

Sifat komposit ditentukan oleh matriks dan resin sebagai penyusunnya, juga interaksi antar penyusunnya. Kombinasi yang sempurna akan menghasilkan komposit yang baik. Komposisi pencampuran bahan komposit pada resin *polyester* dilengkapi dengan katalis. Perbandingan penggunaan resin dan katalis tidak ada aturan baku, banyaknya katalis tergantung pada jenis resin yang digunakan. Katalis dapat ditambahkan pada resin 10 tetes hingga 1 gram. Penambahan katalis pada resin berfungsi agar komposit dapat menjadi cepat kering, namun jika terlalu banyak penggunaan katalis dapat menyebabkan panas berlebihan pada saat proses pengerasan. Sebaliknya jika terlalu sedikit dapat menyebabkan lama mengering, menimbulkan gelembung yang berlebihan pada komposit yang dihasilkan (Perwara, 2021). Adapun persamaan untuk mengetahui volume komposit perpaduan antara volume serat dan volume matriks sebagai berikut.

$$V_c = v_f + v_r = \frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m} \dots\dots\dots(1)$$

untuk mengetahui fraksi serat sebagai berikut.

$$v_f = V_f \times V_c \dots\dots\dots(2)$$

$$m_f = v_f \times \rho_f \dots\dots\dots(3)$$

sedangkan untuk mengetahui fraksi resin sebagai berikut.

$$v_r = V_r \times V_c \dots\dots\dots (4)$$

dengan keterangan:

V_c = volume komposit (cm^3),

v_f = volume serat (cm^3),

v_r = volume resin (cm^3),

m_f = massa serat (gram),

ρ_f = massa jenis serat (gr/cm^3),

m_m = massa matriks (g),

ρ_m = berat jenis matriks (gr/cm^3),

V_f = volume serat yang digunakan (%),

V_r = volue resin yang digunakan (%) (Iswan, dkk, 2018).

2.6 Proses Manufaktur Metode *Vacuum Bag*

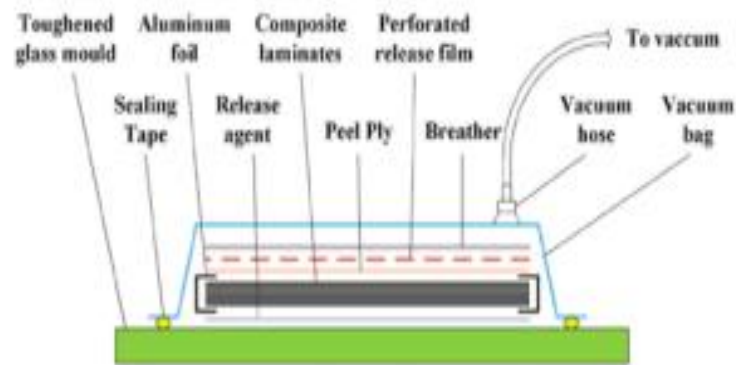
Metode pembuatan komposit polimer terdiri dari 2 jenis yaitu cetakan terbuka dan cetakan tertutup. Cetakan terbuka yaitu resin sebagai pengikat dan serat sebagai penguat ditempatkan ke dalam cetakan terbuka, dengan serat dan resin tersebut dikeringkan. Kelebihan dari metode ini adalah biaya yang relatif rendah karena sedikit atau tanpa perkakas. Memungkinkan siklus pengembangan produk yang cepat untuk pembuatan prototipe dan perubahan desain mudah dilakukan dan potensi ukuran bagian yang luas serat baik untuk produksi volume rendah. Pada metode ini, proses *finishing* sekunder perlu dilakukan karena hanya satu sisi dari bagian yang sudah jadi yang akan memiliki permukaan akhir yang baik yaitu sisi yang berlawanan dengan cetakan. Proses pencetakan terbuka terdapat tiga jenis metode utama dalam pembuatan produk komposit yaitu metode *hand lay-up*, *spray up*, dan *filament winding*. Sedangkan cetakan tertutup yaitu material penyusun komposit ditempatkan pada cetakan dua sisi yang tertutup terhadap atmosfer. Kelebihan dari metode ini adalah memungkinkan geometri bagian yang lebih kompleks, menghasilkan komponen yang lebih baik dengan lebih cepat serta lebih konsisten dibandingkan proses pencetakan terbuka. Selain itu, lebih sedikit limbah yang dihasilkan. Namun metode ini lebih mahal karena persyaratan penggunaan

perkakas atau cetakan. Adapun macam macam metode pembuatan komposit dengan proses pencetakan tertutup seperti *vacuum infusion*, *resin transfer molding*, *compression molding* dan *vacuum bag* (Frank).

Metode *vacuum bag* merupakan salah satu metode yang sering kali digunakan untuk pembuatan komposit dengan cetakan tertutup. Metode *Vacuum bag* sering digunakan sebagai metode penyempurnaan dari metode *hand lay-up*. Selain dilakukan untuk proses laminasi antara serat dengan resin, pada metode *vacuum bag* juga dilakukan proses vakum terhadap laminasi yang diletakkan pada cetakan alat *vacuum bag* untuk menghilangkan resin yang berlebih, selain itu juga diharapkan mampu menghilangkan udara yang terperangkap pada laminasi tersebut (Hidayat, dkk., 2018). *Vacuum Bag* adalah suatu metode pembuatan spesimen komposit dengan cara pengepresan atau penekanan pada laminasi komposit dengan menggunakan kantong kedap udara untuk menekan suatu laminasi dari *gelcoat*, *fiber* dan lapisan lainnya pada cetakan sampai lapisannya menyatu menjadi satu kesatuan yang utuh sebagai suatu material komposit yang struktural. Penekanan lapisan laminasi komposit pada *vacuum bag* menggunakan tekanan atmosfer sebagai penjepit pada proses penekanan secara bersamaan dengan tekanan yang sama rata. Laminasi disegel di dalam sebuah kantong kedap udara. Kantong tersebut merupakan sebuah palastik yang direkatkan satu sama lain sehingga tidak terdapat rongga udara untuk masuk ke dalam cetakan. Sehingga pada proses vakum, ruang yang ada di dalam kantong tersebut menjadi kedap udara (Bani, dkk., 2017).

Teknik *Vacuum Bag* adalah salah satu metode pembuatan komposit, yang proses pembuatannya dilakukan dengan menggunakan cetakan atau *mold* yang tertutup oleh sebuah *bag* yang ter-*seal* dengan rapat sehingga tidak boleh ada kebocoran udara sedikit pun. Selanjutnya *bag* divakum oleh motor vakum atau pompa yang mengakibatkan terjadi perbedaan tekanan udara antara di luar dan di dalam *bag*. Sehingga *bag* tersebut akan menekan laminasi produk komposit yang berada di dalam *bag* dibuat secara merata dan juga akan menarik keluar sisa-sisa atau resin yang berlebih pada pembuatan komposit tersebut. Pembuatan komposit dengan teknik *vacuum bag* hanya menggunakan sedikit resin dibandingkan dengan teknik *hand lay-up* (Dabet, dkk., 2018). Pembuatan produk komposit dengan

metode *vacuum bag* ini mirip dengan metode *vacuum infusion*, hanya saja pada metode *vacuum bag*, resin dioleskan terlebih dahulu pada serat secara *hand lay-up* kemudian di vakum. Sedangkan pada *vacuum infusion* proses pembuatan komposit dengan cetakan tertutup yang memanfaatkan kevakuman udara. Proses pembuatan komposit dengan cetakan ini nantinya akan ditutup oleh plastik *bag* yang diberi perekat agar udara dalam cetakan tervakum. Metode ini, pemberian resin dilakukan pada saat proses vakum yang menyebabkan aliran resin akan masuk dan mengisi cetakan. Penggunaan proses ini pada pembuatan komposit juga dapat meminimalisir adanya gelembung udara yang terperangkap didalam resin yang berlebih pada cetakan yang digunakan (Hidayat, 2020).



Gambar 2.3 *Vacuum Bagging* (Abdurohman, dkk., 2023).

Berdasarkan keseluruhan langkahnya, pada proses pembuatan spesimen dengan menggunakan metode *vacuum bag* umumnya sama halnya seperti menggunakan metode *hand lay-up*. Namun pada metode *vacuum bag* setelah proses laminasi, selanjutnya laminasi ditutup oleh papan kayu dan dimasukkan ke dalam plastik tebal dengan setiap sisi plastik tersebut direkatkan dengan lakban agar tidak terjadi kebocoran pada saat proses *vacuum* (Hidayat, dkk., 2018). Langkah selanjutnya yaitu proses *vacuum*. Pada proses penggunaan pompa *vacuum* dilakukan untuk menghisap udara di dalam cetakan yang sudah diletakkan spesimen komposit untuk proses pencetakan (Hidayat, 2020). Ketika kantong disegel ke cetakan, tekanan pada luar dan dalam kantong ini sama dengan tekanan atmosfer: sekitar 29 inci air raksa (Hg), atau 14,7 psi. Kemudian pompa vakum menghisap udara dari bagian dalam kantong, tekanan udara dalam kantong

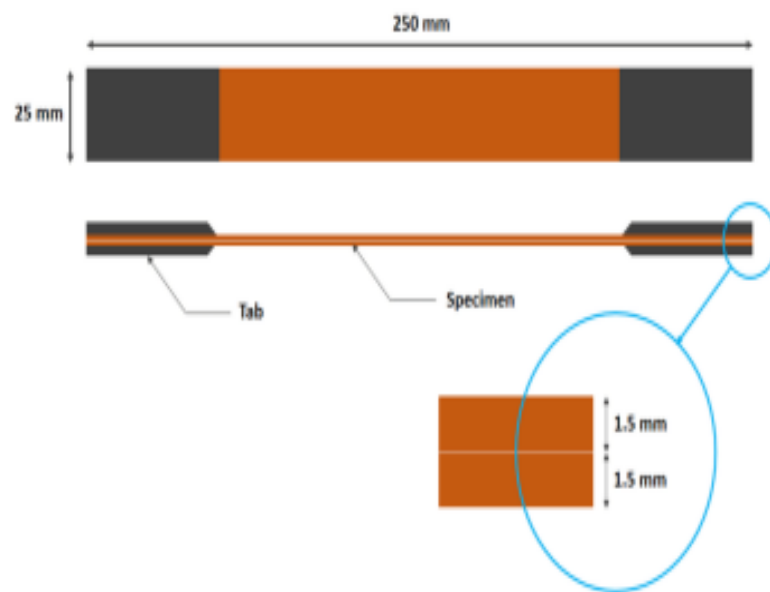
berkurang sementara tekanan udara di luar kantong tetap pada 14,7 psi. Tekanan Atmosfer menekan sisi kantong dan semua yang berada di dalam kantong secara bersamaan, menempatkan tekanan yang sama dan bahkan di atas permukaan kantong. Perbedaan tekanan antara bagian dalam dan luar kantong menentukan jumlah penjepitan yang berlaku pada laminasi. Secara teoritis, tekanan maksimum dapat diberikan pada laminasi jika hal itu memungkinkan untuk mencapai kevakuman yang sempurna dan menghilangkan semua udara dari kantong, merupakan keadaan bertekanan 14,7 psi (Bani, dkk., 2017).

Ketika proses *vacuum* udara yang berada di luar cetakan atau di luar penutup plastik akan menekan ke arah dalam, sehingga udara yang terperangkap dalam cetakan akan diminimalisir. Pada saat proses *vacuum*, tekanan *vacuum* atau tekanan dalam tangki lebih rendah daripada tekanan di luar atau tekanan atmosfer. Tekanan inilah yang berperan untuk proses pembuatan komposit dan menentukan bentuk dari benda yang dibuat. Penggunaan metode *Vacuum Infusion* ini memiliki manfaat dan kelebihan karena dalam proses pembuatannya tidak memerlukan banyak campur tangan manusia. Manusia hanya perlu menyiapkan bahan-bahan dan memantau kinerja dari alat *vacuum bag*. Selain itu, dengan metode ini mampu membuat benda kerja yang memiliki tingkat ketelitian yang cukup sulit. *Vacuum bag* memberikan penguatan konsentrasi yang lebih tinggi, dan adhesi yang lebih baik antar lapisan. (Hidayat, 2020).

2.7 Karakterisasi dan Pengujian Spesimen

Karakteristik dari material komposit ditentukan oleh salah satu faktor yaitu perbandingan antara matriks dan penguat atau serat. Hal tersebut ditunjukkan dalam bentuk fraksi volume serat atau fraksi massa serat. Formulasi kekuatan komposit lebih banyak menggunakan fraksi volume serat. Analisis kekuatan komposit biasanya dilakukan dengan mengasumsikan ikatan serat dan matriks sempurna. Pergeseran antara serat dan matriks dianggap tidak ada dan deformasi serat sama dengan deformasi matriks (Iswan, dkk., 2018). Material yang akan digunakan sebagai bahan pengujian adalah material komposit. Standarisasi yang digunakan pada pengujian material komposit adalah ASTM D3039 dengan dimensi spesimen

adalah 250mm x 25mm x 10mm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 (Hidayat, dkk., 2018). Pengujian yang dilakukan yaitu uji tarik. Uji Tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan komposit hasil *vacuum bag* dengan memberikan gaya berupa tarikan. Selain *ultimate strength*, diketahui juga modulus elastisitas, tegangan dan regangan, serta kekuatan luluh pada uji tarik (Hidayat, 2020). Pengujian tarik dilakukan dengan memberikan beban tarik dari suatu logam atau material lain untuk mengetahui kekuatan suatu material berdasarkan ketahanannya. Penambahan beban secara perlahan-lahan dilakukan pada pengujian tarik, kemudian material uji yang sebanding dengan gaya yang bekerja mengalami pertambahan panjang. Tujuannya untuk mengetahui sifat mekanik yaitu kekuatan tarik dari komposit yang diuji (Iswan, dkk, 2018).



Gambar 2.4 Spesimen Uji Tarik (Hidayat, dkk, 2018).

Uji tarik yang dilakukan dapat memberikan informasi dan rancangan dasar kekuatan pada material. Berdasarkan pada pengujian tarik didapatkan sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Tegangan tarik maksimum (σ), sebelum terjadinya patahan (*fracture*) tegangan maksimum, yang bisa ditanggung material dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

σ = Tegangan tarik maksimum (MPa, N/mm²),

P = Beban Maksimum (N),

A₀ = Luas penampang mula-mula (mm²).

- b. Regangan maksimum (*e*), pertambahan panjang dari suatu material sesudah terjadi perpatahan terhadap panjang awalnya menunjukkan regangan maksimum, yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

ΔL = Panjang sesudah patah (mm),

L₀ = Panjang mula-mula (mm),

e = Regangan (%).

- c. Modulus elastisitas, dalam grafik tegangan-regangan yang menunjukkan ukuran kekakuan suatu material. Modulus elastisitas tersebut dapat dihitung berdasarkan slope kemiringan garis elastik yang linier.

$$E = \frac{\sigma}{e} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

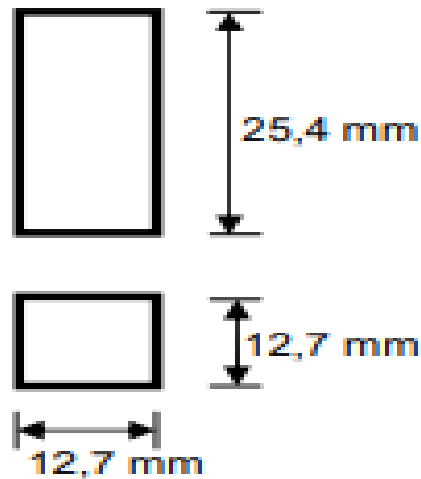
E = modulus elastisitas tarik (N/mm²),

σ = tegangan (N/mm²),

ϵ = regangan (mm/mm) (Tambunan, dkk, 2022).

Selain uji tarik pada komposit juga dilakukan uji tekan, pengujian subjek dengan proses di tekan untuk memperoleh hasil berupa data tentang kekuatan tekan pada spesimen. Kekuatan tekan adalah kapasitas dari suatu material dalam menahan beban yang akan mengurangi dimensinya. Data yang diperoleh dari mesin uji tekan yaitu kekuatan tekan yang dapat diukur dengan memasukkannya ke dalam kurva tegangan-regangan. Akibat pengujian tekan beberapa bahan mengalami deformasi yang tidak dapat dikembalikan hingga patah pada batas tekan. Batas kekuatan tekan

terjadi pada saat deformasi tertentu sebelum patah, umumnya terjadi pada material yang tidak dapat kembali ke kondisi semula (*irreversible*).



Gambar 2.5 Spesimen Uji Tekan (Harsi, dkk. 2015).

Kekuatan tekan dapat diukur dengan mesin uji universal, pada bagian tengah dari benda uji merupakan bagian yang menerima pembebanan hingga mengalami tegangan. Pengujian tekan dilakukan dengan menempatkan spesimen di antara pelat sejajar. Salah satu pelat tersebut diam (*fixed*) sedangkan bagian lain bebas bergerak naik turun. Sehingga jika ada beban pada *loadcell* akan diteruskan ke spesimen melalui dudukan yang bergerak. Pengujian kekuatan tekan, dipengaruhi oleh beberapa faktor dari kondisi pengujian seperti penyiapan spesimen, kondisi kelembaban temperatur ruang uji, dan sebagainya. Pengujian tekan dibagi menjadi dua yaitu pengujian tekan tepi dan pengujian arah ketebalan. Pada penelitian ini, pengujian tekan didasarkan pada standar ASTM D695, dengan persamaan sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana:

σ = kekuatan tekan tepi (N/mm^2),

P_{max} = adalah beban tekan maksimal

A = luas penampang (mm^2) (Fatoni, dkk., 2018).

2.8 Pengujian Statistik

A. Uji Normalitas

Uji normalitas merupakan dasar dilakukannya uji statistik dengan suatu prosedur pengujian yang digunakan untuk mengetahui data yang diuji berasal dari populasi atau berada dalam sebaran yang terdistribusi normal atau berada dalam populasi atau berada dalam sebaran data yang tidak normal. Distribusi normal adalah data yang berasal simetris dengan modus, mean dan median berada di pusat. Distribusi normal juga disebut sebagai distribusi tertentu yang memiliki karakteristik berbentuk seperti lonceng jika dibentuk menjadi sebuah histogram. Berikut ini beberapa alasan untuk dilakukannya pengujian normalitas pada data yang digunakan.

1. Variabel dependen yang banyak, sering kali berasumsi bahwa jika mendapatkan seluruh populasi pengamatan, umumnya dalam populasi diasumsikan terdistribusi secara normal karena distribusi yang dihasilkan akan sangat mirip dengan distribusi normal.
2. Seringkali mengasumsikan terlebih dahulu bahwa variabel setidaknya mendekati terdistribusi normal, maka perlu dilakukan uji normalitas sehingga pengujian ini memungkinkan untuk memberikan kesimpulan terhadap nilai-nilai variable tersebut, baik yang tepat maupun perkiraan.
3. Menguji normalitas data sering kali diikuti sertakan dalam suatu analisis statistika inferensial untuk satu atau lebih kelompok sampel. Hasil sebaran data uji normalitas menjadi sebuah asumsi yang digunakan sebagai syarat untuk menentukan jenis pengujian statistik apa yang dipakai dalam penganalisaan selanjutnya (Nuryadi, dkk., 2017).

Data berskala ordinal, interval, ataupun rasio biasanya diukur dengan uji normalitas. Jika analisis menggunakan metode parametrik, maka perlu dilakukan uji normalitas dengan data yang dihasilkan berasal dari distribusi yang normal sebagai persyaratan dari uji parametrik tersebut. Jika data tidak

berdistribusi normal, atau jumlah sampel sedikit dan jenis data adalah nominal atau ordinal maka metode yang digunakan adalah statistik *non* parametrik. Melalui uji normalitas yang digunakan ini, dapat diketahui apakah data yang diperoleh terdistribusi normal atau tidak. Dasar pengambilan keputusannya adalah jika nilai L hitung $>$ L tabel maka H_0 ditolak, dan jika nilai L hitung $<$ L tabel maka H_0 diterima. Hipotesis statistik yang digunakan yaitu dengan H_0 : sampel berdistribusi normal sedangkan pada H_1 : sampel data berdistribusi tidak normal. Meskipun demikian, apabila sebaran data suatu penelitian yang mengungkapkan ternyata adanya data yang diketahui tidak normal, hal tersebut bukan berarti harus berhenti penelitian itu sebab masih ada fasilitas statistik *non* parametrik yang dapat dipergunakan apabila data tersebut tidak berdistribusi normal (Nuraydi, dkk., 2017). Membuat grafik distribusi frekuensi atas skor yang ada merupakan uji normalitas yang dilakukan paling sederhana. Selain karena data yang diuji, kemampuan dalam mencermati *plotting* data juga mempengaruhi pengujian kenormalan. Kesimpulan yang ditarik kemungkinan akan salah jika jumlah data yang cukup banyak dan penyebarannya yang tidak 100% normal atau tidak normal sempurna. Beberapa diantara uji normalitas yang dapat dilakukan adalah Uji Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk (Usmadi, 2020).

Uji Kolmogorov Smirnov dan uji Shapiro-Wilk adalah suatu tes *goodness-of-fit*, yang berarti perolehan hasil uji yang diperhatikan dari tingkat kesesuaian antara distribusi teoritis tertentu. Tes ini menetapkan data yang berasal dari suatu populasi dengan distribusi tertentu dapat dikatakan termasuk dalam sampel yang masuk akal. Tes mencakup perhitungan distribusi frekuensi kumulatif yang akan terjadi di bawah distribusi teoritisnya, serta membandingkan distribusi frekuensi itu dengan distribusi frekuensi kumulatif hasil observasi. Distribusi teoritis tersebut merupakan representasi dari apa yang diharapkan di bawah H_0 . Tes Ini menerapkan suatu titik dimana kedua distribusi yakni teoritis dan terobservasi memiliki perbedaan terbesar. Melalui distribusi samplingnya dapat ketahu adanya

perbedaan besar yang mungkin terjadi hanya karena kebetulan saja. Distribusi sampling akan menunjukkan adanya perbedaan besar yang perlu diamati dan mungkin terjadi apabila observasi-observasi tersebut benar-benar berasal dari suatu sampel random dari distribusi teoritis. Penggunaan uji normalitas pada Kolmogorov-Smirnov untuk sampel besar atau lebih dari 50 (>50). Sedangkan pada Shapiro-Wilk untuk sampel kecil atau kurang dari 50 ($< 0,05$ maka distribusi adalah tidak normal, dan nilai Sig. atau signifikansi atau nilai probabilitas $> 0,05$ maka distribusi adalah normal (Nuryadi, dkk., 2017).

B. Uji Homogenitas

Uji Homogenitas adalah suatu prosedur uji statistik yang dimaksudkan untuk memperlihatkan bahwa dua atau lebih kelompok data sampel berasal dari populasi yang memiliki variansi yang sama. Uji ini dilakukan sebagai prasyarat dalam analisis *independent sample t test* dan ANOVA. Dalam analisis varian atau ANOVA asumsi yang mendasari adalah bahwa varian dari populasi tersebut adalah sama. Uji kesamaan dua varian digunakan untuk mengetahui sebaran data tersebut homogen atau tidak, yaitu dengan membandingkan kedua variannya. Jika mempunyai varian yang sama besarnya dari dua kelompok data atau lebih, maka uji homogenitas tidak perlu dilakukan lagi karena datanya sudah dianggap homogen. Ketentuan dari dilakukannya uji homogenitas apabila kelompok data tersebut dalam distribusi normal. (Nuryadi, dkk., 2017).

Uji homogenitas dilakukan untuk menunjukkan bahwa perbedaan yang terjadi pada uji statistik parametrik akibat adanya perbedaan antar kelompok yang benar-benar terjadi, bukan sebagai akibat perbedaan dalam kelompok. Sebelum membandingkan dua kelompok atau lebih, uji homogenitas varian sangat diperlukan agar perbedaan yang ada bukan disebabkan oleh adanya perbedaan data dasar seperti ketidakhomogenan kelompok yang dibandingkan. Pengujian homogenitas juga dimaksudkan untuk memberikan keyakinan bahwasannya sekumpulan data yang dilakukan proses analisis benar-benar berasal dari populasi yang keragamannya tidak jauh berbeda.

Perhitungan uji homogenitas dapat dilakukan dengan beberapa metode yang umumnya digunakan yaitu seperti uji Harley, Cochran, levene dan Barlett (Nuryadi, dkk., 2017).

C. ANOVA

ANOVA (*Analysis of variance*) merupakan suatu analisis statistik yang dilakukan untuk menguji adanya pengaruh perbedaan rata-rata antar grup. Kelebihan dari Anova adalah pengujian dapat dilakukan dari dua kelompok yang berbeda. Anova biasa digunakan sebagai alat analisis untuk membuktikan adanya perbedaan rerata antara kelompok dari hipotesis penelitian. Ciri khas dari pengujian ANOVA ditandai dengan adanya satu atau lebih variabel bebas sebagai faktor penyebab dan akibat atau efek dengan adanya faktor dari satu atau lebih variabel respons. Pengujian ANOVA dapat dilakukan karena pada variabel terikat setiap perlakuan adanya data yang terdistribusi normal atau distribusi normal pada residual. Sedangkan agar hasil penelitian dapat digunakan sebagai generalisasi maka syarat normalitas diasumsikan dengan sampel diambil secara acak sehingga seluruh populasi terwakilkan. Adapun Jenis ANOVA berdasarkan variabel bebasnya atau jumlah variabel faktor independen dan variabel terikatnya atau jumlah variabel responden dari dependen variabel berdasarkan *univariate* sebagai berikut.

1. *Univariate One Way Analysis of Variance* yaitu apabila variabel bebas dan variabel terikat jumlahnya satu.
2. *Univariate Two Way Analysis of Variance* yaitu apabila variabel bebas jumlahnya dua, sedangkan variabel terikat jumlahnya satu.
3. *Univariate Multi way Analysis of Variance* yaitu apabila variabel bebas jumlahnya lebih dari dua, sedangkan variabel terikat jumlahnya satu.

Sedangkan berdasarkan *multivariate* sebagai berikut

1. *Multivariate One Way Analysis of Variance* yaitu apabila variabel bebas dan variabel terikat jumlahnya lebih dari satu.

2. *Multivariate Two Way Analysis of Variance* yaitu apabila variabel bebas jumlahnya dua, sedangkan variabel terikat jumlahnya lebih dari satu.
3. *Multivariate Multi way Analysis of Variance* yaitu apabila variabel bebas jumlahnya lebih dari dua, sedangkan variabel terikat jumlahnya lebih dari satu.

Jenis lain yang menggunakan prinsip ini adalah:

- a. *Repeated Measure Analysis of variance*.
- b. *Analysis of Covariance* (ANCOVA).
- c. *Multivariate Analysis of covariance* (MANCOVA) (Nuryadi, dkk., 2017).

2.9 Aplikasi Material Komposit Serat Alam

Berkembangnya teknologi, lingkungan menjadi objek penting yang terus diperhatikan, semakin banyak material yang berasal dari alam dapat dimanfaatkan. Salah satunya yaitu material yang digunakan sebagai bahan komposit. Produk komposit menghasilkan peningkatan sifat mekanik akibat dari kombinasi bahan pengikat atau matriks yakni resin *polyester* dan pengisi yang berupa serat alam seperti serat ijuk. Pengaplikasian material komposit banyak digunakan sebagai industri otomotif, perlengkapan rumah tangga dan komponen pesawat yang memproduksi komposit secara aktif dengan berbagai jenis bagian serat alam untuk komponen interiornya. Aplikasi lain dari komposit dengan serat alam juga digunakan pada aplikasi yang berbeda sebagai material isolasi, seperti meniup insulasi, menuangkan insulasi, bahan insulasi suara benturan dan panel plafon untuk insulasi termal, serta peredam suara akustik. Serat alam menunjukkan perkembangan yang berkelanjutan dalam arsitektur, banyak dijumpai dengan berbagai macam material bangunan, bentuk, dan bahkan meningkatkan material yang biasa digunakan saat ini. Komposit polimer yang diperkuat dengan serat alam telah menunjukkan potensi besar dalam otomotif sebagai bagian-bagian tubuh, perabot rumah tangga, pengemasan makanan, pertanian, bangunan biomedis, dan

aplikasi residensial. Berikut ini aplikasi komposit beserta standar sifat mekanik yang harus dimiliki pada aplikasi tersebut (Habibie, dkk., 2021).

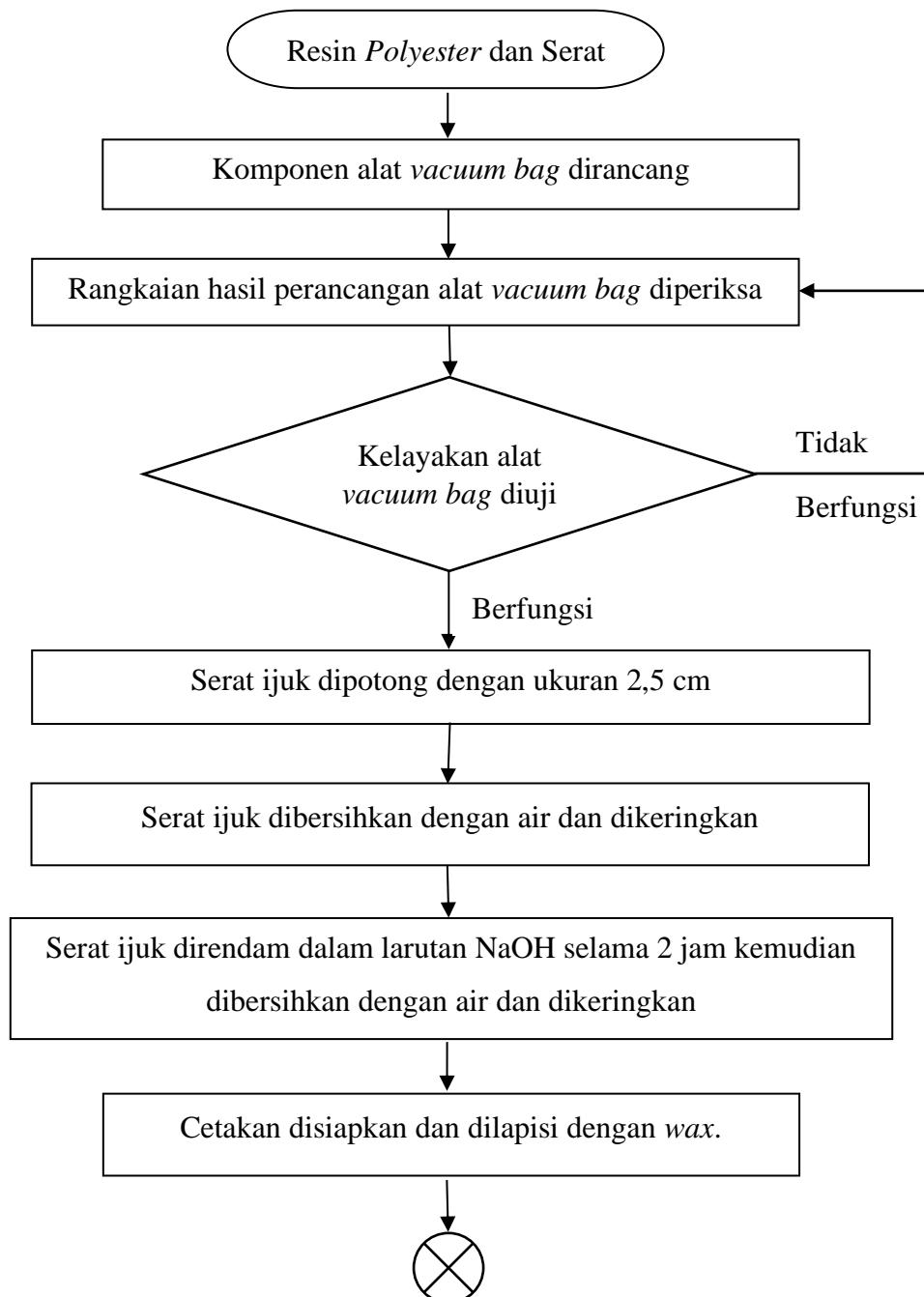
Tabel 2. 3 Nilai Kuat Tarik dan Kuat Tekan Produk Komposit

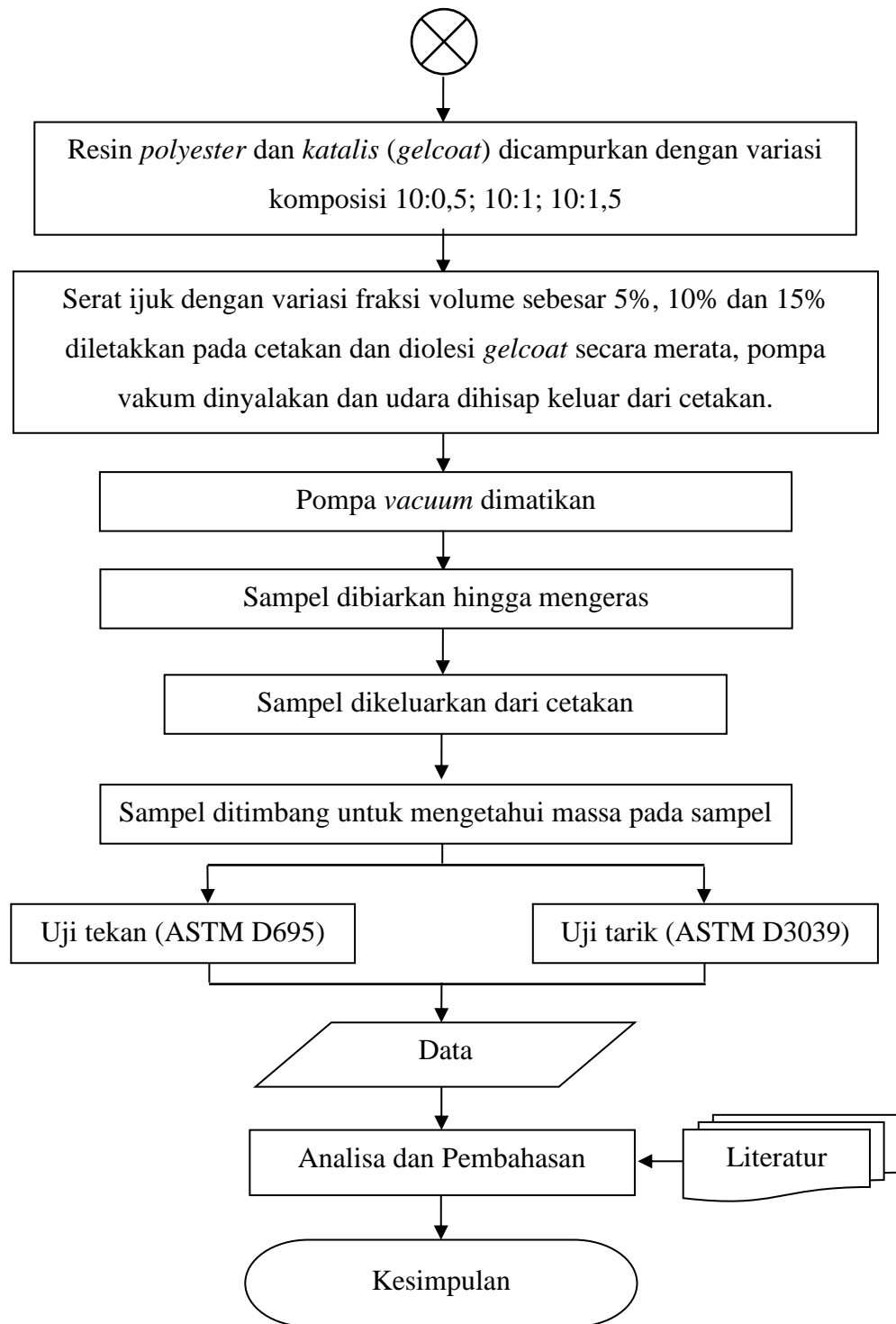
Produk	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tekan (MPa)
Helm	35-60	4,078
Cover Knalpot	139,5	3,423
Plafon	0,624897	4,158
Assy Back RFV EDoortrim	30	
Beton	5,96	55
Tangki Air	30	16
Papan Skateboard	363,67	5,63
Papan Partikel	1,81	8,0415
Lambung Kapal	151,52	52,56

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Diagram alir yang digunakan pada penelitian ini secara skematis ditunjukkan pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat.

Adapun alat yang termasuk ke dalam perancangan *vacuum bag* sebagai berikut.

a. Alas Cetakan

Dasar cetakan yang digunakan sebagai alas cetakan. Terbuat dari akrilik berukuran A4.

b. *Bagging Film*

Bagging film yaitu lapisan film bermaterial plastik yang tidak lengket pada produk karena memiliki kandungan *wax* sehingga mudah dilepas. Plastik ini merupakan lapisan terluar untuk menutupi cetakan yang berfungsi untuk menjaga perbedaan tekanan didalam dan luar cetakan.

c. Cetakan Master

Cetakan master merupakan cetakan berbahan dasar silikon yang berfungsi sebagai pembentuk bahan komposit menjadi spesimen yang diinginkan sesuai dengan standar uji tarik dan uji tekan pada saat proses produksi *vacuum bagging*.

d. *Connection*

Alat yang digunakan untuk menghubungkan antara selang pada cetakan dengan *infusion hose* yang berada pada *resin trap*, sekaligus sebagai jalannya resin menuju *infusion hose* yang akan menuju ke *resin trap*.

e. *Opp Tape*

Lem perekat yang berfungsi untuk merekatkan cetakan master pada alas cetakan

f. *Peel ply*

Kain yang melapisi bagian atas cetakan master sebelum *bagging film*, agar sampel tidak menempel pada *bagging film*. sehingga sampel tidak ikut terhisap pada saat proses vakum.

g. Pompa Vakum

Pompa vakum adalah sebuah alat untuk mengeluarkan molekul-

molekul gas yang terperangkap dari dalam cetakan dengan cara dihisap hingga mencapai tekanan vakum pada cetakan.

h. *Sealant tape*

Perekat khusus yang digunakan untuk merekatkan *bagging film* dengan alas cetakan agar tidak ada lubang sedikitpun.

i. Selang

Selang digunakan sebagai penghubung dari cetakan ke *resin trap* kemudian ke pompa vakum untuk jalan keluarnya udara dan resin berlebih

j. Tabung *Reservoir* atau *Resin trap*

Resin trap pada *vacuum bag* digunakan untuk menampung sisa resin yang ikut tervakum keluar dari cetakan sehingga tidak masuk ke pompa, untuk menjaga agar pompa tidak mudah rusak. *Resin trap* juga berfungsi sebagai kontrol tekanan vakum, dengan mengatur kran atau katup yang ada pada *resin trap*.

Sedangkan yang termasuk kedalam alat yang digunakan dalam proses pembuatan spesimen komposit menggunakan metode *vacuum bag* sebagai berikut.

a. Botol

Botol kecil digunakan sebagai tempat untuk mencampurkan resin dengan katalis.

d. Gunting

Gunting merupakan alat potong yang digunakan untuk memotong serat atau yang lainnya

e. Kape

Alat yang digunakan untuk mengeluarkan produk dari cetakan dan membersihkan kerak resin yang menempel di area pembuatan sampel.

f. Kuas

Alat yang digunakan untuk mengoleskan dan meratakan *gelcoat* pada serat.

g. Mesin Uji Tarik

Mesin uji tarik merupakan alat yang digunakan untuk menguji kekuatan tarik spesimen komposit dengan cara ditarik.

h. Mesin Uji Tekan

Mesin uji tekan merupakan alat yang digunakan untuk menguji kekuatan tekan spesimen komposit dengan cara memberikan pembebanan.

i. Pengaduk

Pada penelitian ini pengaduk berasal dari bambu yang digunakan meratakan campuran resin dan katalis.

j. Penggaris

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur panjang serat.

k. Sarung Tangan

Sarung tangan digunakan sebagai alat pelindung untuk melindungi kontak langsung antara tangan dari dengan cairan kimia yang dapat melukai kulit juga menghindari tangan untuk kontak langsung dengan serat, resin dan katalis

l. Timbangan Digital

Timbangan digital merupakan alat ukur untuk mengukur berat serat dan resin.

m. Wadah

Alat ini digunakan sebagai tempat untuk menampung serat ijuk.

3.2.2 Bahan

Berikut merupakan bahan yang digunakan dalam pembuatan sampel komposit dengan menggunakan metode *vacuum bag*.

a. Katalis

Cairan berwarna bening umumnya berbau menyengat yang digunakan sebagai pendamping resin untuk mempercepat proses pengerasan *gelcoat* pada komposit, semakin banyak katalis yang

digunakan maka akan semakin cepat proses pengerasan *gelcoat* pada komposit.

b. Larutan NaOH

Larutan basa yang mampu membersihkan kotoran pada serat ijuk.

c. *Maximum Mold Release Wax*

Wax berfungsi sebagai pelapis pada cetakan sebelum serat dan resin ditambahkan agar material komposit yang mengeras dapat dengan mudah dilepaskan dari cetakan.

d. Resin *Polyester*

Resin ini sebagai pendamping katalis yang digunakan untuk pengikat serat pada pada spesimen komposit.

e. Serat Ijuk

Serat ijuk merupakan salah satu serat alam yang digunakan sebagai penguat pada matriks komposit dengan ukuran panjang 2,5 cm.

3.3 Prosedur Penelitian

Berikut ini merupakan langkah-langkah pembuatan Spesimen komposit dengan metode *vacuum bag* sebagai berikut.

1. Alat dan bahan disiapkan
2. Komponen alat *vacuum bag* dirancang

Pada proses ini diawali dengan penyusunan cetakan, dimana alas cetakan berbahan akrilik diletakkan paling dasar pada cetakan. Kemudian cetakan master berbahan silikon diletakkan di atas cetakan yang selanjutnya dilapisi dengan *peel play* untuk mencegah kontak langsung antara sampel dengan *bagging film*. Seluruh alas cetakan dilapisi dengan *bagging film* yang direkatkan dengan *seleant tape* untuk mencegah adanya udara masuk ke dalam cetakan. Bagian atas pada *bagging film* diberikan lubang untuk menguhungkan antara *resin trap* dengan cetakan menggunakan selang. Begitu pun pada *resin trap* dihubungkan dengan pompa vakum menggunakan selang.

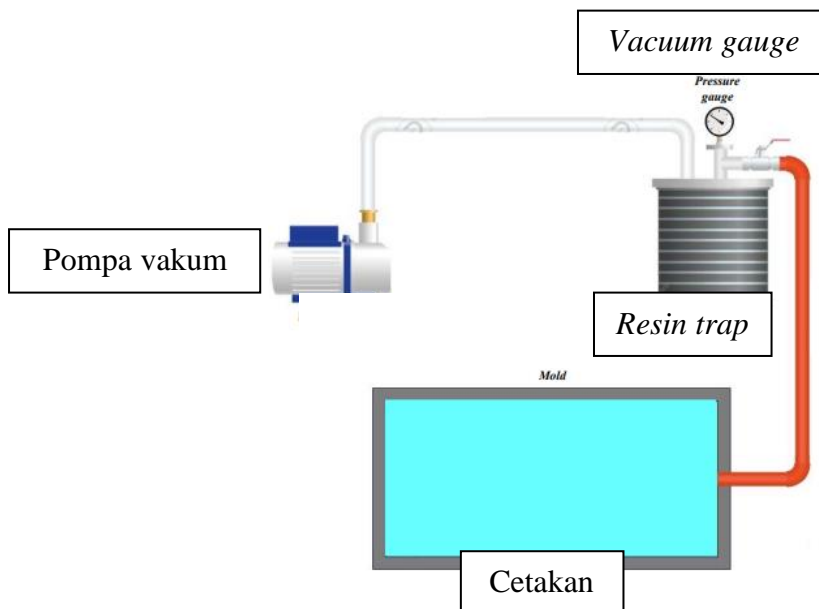
3. Hasil perancangan alat *vacuum bag* diperiksa kembali
4. Jika alat tidak berfungsi maka dilakukan perbaikan. Jika alat berfungsi dilanjutkan dengan pembuatan spesimen komposit.
5. Serat ijuk dipotong dengan ukuran 2,5 cm.
6. Serat ijuk dibersihkan dengan air dan dikeringkan
7. Serat Ijuk direndam dalam larutan NaOH selama 2 jam kemudian dibersihkan dengan air dan dikeringkan
8. Cetakan disiapkan dan dilapisi dengan *wax*
9. *Gelcoat* dibuat dengan menambahkan resin *polyester* dan *katalis* ke dalam wadah dengan perbandingan variasi komposisi 10:0,5; 10:1; dan 10:1,5.
10. Serat ijuk dengan variasi fraksi volume sebesar 5%, 10% dan 15% diletakkan pada cetakan master dan diratakan untuk selanjutnya diletakkan di atas alas cetakan, kemudian dioleskan *gelcoat* secara merata.
11. Selanjutnya pompa vakum dinyalakan dan udara dihisap pada cetakan. Selama proses vakum maka *gelcoat* lama kelamaan akan mengalir keluar melalui selang saluran keluar menuju ke *resin trap*. Proses vakum dilakukan hingga seluruh bagian cetakan kedap udara, dengan dilakukan vakum tersebut maka udara yang berada di luar penutup plastik akan menekan ke arah dalam. Hal ini akan menyebabkan udara yang terperangkap dalam spesimen komposit diminimalisir.
12. Pompa *vacuum* dimatikan setelah udara pada cetakan terpompa.
13. Spesimen dibiarkan hingga mengeras
14. Spesimen dikeluarkan dari cetakan.
15. Spesimen dilakukan uji tarik dan uji tekan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Alat *Vacuum Bag*

Hasil perancangan alat *vacuum bag* prosesnya dimulai dari rancang desain, perakitan alat-alat *vacuum bag*, pembuatan sampel. Hasil desain digunakan sebagai gambaran atau alat bantu untuk tahap perakitan alat. Adapun hasil desain alat *vacuum bag* dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Desain Alat *Vacuum Bag*

Berdasarkan Gambar 4.1, tahapan selanjutnya adalah perakitan komponen alat *vacuum bag*. Semua komponen tersebut dihubungkan dengan selang mulai dari pompa vakum ke resin *trap* kemudian ke cetakan. Selang yang digunakan sebagai penghubung berukuran diameter 10mm dengan ketahanan hingga suhu 100°C yang digunakan sebagai jalur *vacuum* dan aliran resin pada saat proses *vacuum bagging*. Pompa vakum yang digunakan adalah jenis pompa *compressor value* sebagai alat yang dapat mengeluarkan gas dari ruangan tertutup sehingga diperoleh ruang hampa udara. Pompa vakum dihubungkan ke sumber listrik dan dilengkapi dengan tombol *on - off* untuk dapat memvakum komposit. Resin *trap* atau *catch pot*

merupakan tabung reservoir komposit digunakan sebagai tempat penampungan resin yang berlebih dari proses *vacuum bagging*. Selang yang dihubungkan dari resin *trap* ke cetakan dengan melubangi *vacuum bagging film* yang melapisi cetakan. Pada *resin trap* dilengkapi dengan *vacuum gauge* yang berfungsi untuk mengetahui tekanan vakum dan katup yang berfungsi untuk membuka tutup saluran vakum dan resin.

Pada cetakan dialasi dengan lembaran bahan akrilik berukuran panjang 30cm lebar 21cm dan tebal 0,2cm. Cetakan yang terbuat dari bahan silikon dengan ukuran sesuai sampel uji tarik panjang 25cm lebar 2,5cm dan tebal 0,3 serta sampel uji tekan berukuran diameter 1,27cm dan tinggi 2,54cm. Cetakan diletakkan di atas lembaran akrilik, kemudian ditutup dengan lapisan *vacuum bagging film* dengan ukuran sesuai dengan lembaran akrilik terbuat dari bahan plastik *polyethylene* yang tahan hingga suhu 150°C yang berfungsi sebagai penutup permukaan cetakan agar kedap udara pada proses *vacuum bagging* dan tidak menempel pada produk sampel yang telah dicetak. *Vacuum bagging film* ditempel pada lembaran akrilik menggunakan *sealant tape* merupakan lem dengan kualitas tinggi dengan ketahanan hingga suhu 150°C.



Gambar 4.2 Hasil Rancangan Alat *Vacuum Bag*

Gambar 4.2 menunjukkan hasil rangkaian alat *vacuum bag* yang siap digunakan. Pembuatan sampel dilakukan dengan preparasi serat terlebih dahulu,

serat ijuk yang telah dipotong berukuran masing-masing 2,5 cm dicuci dengan air bersih kemudian dikeringkan. Setelah mengering, serat direndam dengan larutan NaOH 5% yang bertujuan agar mampu meningkatkan ikatan antara serat dengan resin. Perendaman dilakukan selama 2 jam kemudian dibilas kembali dengan air lalu dikeringkan. Proses selanjutnya, penimbangan bahan baik serat maupun resin dan katalis, dilanjutkan dengan pembuatan *gelcoat* sesuai variabel yang digunakan. Serat dan *gelcoat* ditambahkan ke dalam cetakan dan kemudian dilakukan proses vakum hingga *gelcoat* merata dan sampel mengering. Setelah mengering, alat vakum dimatikan dan sampel didiamkan hingga mengeras kemudian sampel dikeluarkan dari cetakan.

4.2 Hasil Sampel Komposit Metode *Vacuum Bag*

Pada penelitian ini, sampel komposit yang dihasilkan terbuat dari serat alam yakni serat ijuk dan matriks dari resin *polyester*. Sampel dibuat berdasarkan standar dari uji tarik yaitu ASTM D3039 dan Uji tekan ASTM D695. Variasi yang digunakan pada masing-masing sampel adalah variasi fraksi serat sebesar 5%, 10% dan 15%, serta variasi perbandingan antara resin dan katalis sebesar 10:0,5; 10:1; dan 10:1,5 dengan jumlah sampel setiap variasi masing-masing dibuat 3 sampel. Adapun simbol dari setiap variasi sebagai berikut.

Tabel 4.1 Simbol Variasi Fraksi Serat dan Perbandingan Katalis

Resin : Katalis	Serat		
	5%	10%	15%
10 : 0,5	A	B	C
10 : 1	D	E	F
10 : 1,5	G	H	I

Pemberian simbol dilakukan guna mempermudah penyebutan pada masing-masing sampel. Pada simbol A, B, dan C memiliki variabel perbandingan antara katalis dengan resin sebesar 0,5 : 10 dan komposisi fraksi serat masing-masing

berturut-turut sebesar 5%, 10% dan 15%. Simbol D, E dan F perbandingan antara katalis dengan resin sebesar 1 : 10 dan komposisi fraksi serat masing-masing berturut-turut sebesar 5%, 10% dan 15%. Pada simbol G, H dan I memiliki perbandingan antara katalis dengan resin sebesar 1,5 : 10 dan juga komposisi fraksi serat masing-masing berturut-turut sebesar 5%, 10% dan 15%. Simbol-simbol tersebut berlaku pada hasil uji tarik dan uji tekan. Adapun sampel dihasilkan seperti gambar 4.3.



(a)



(b)

Gambar 4.3 (a) Sampel Uji Tarik dan (b) Sampel Uji Tekan

4.3 Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Sifat Mekanik

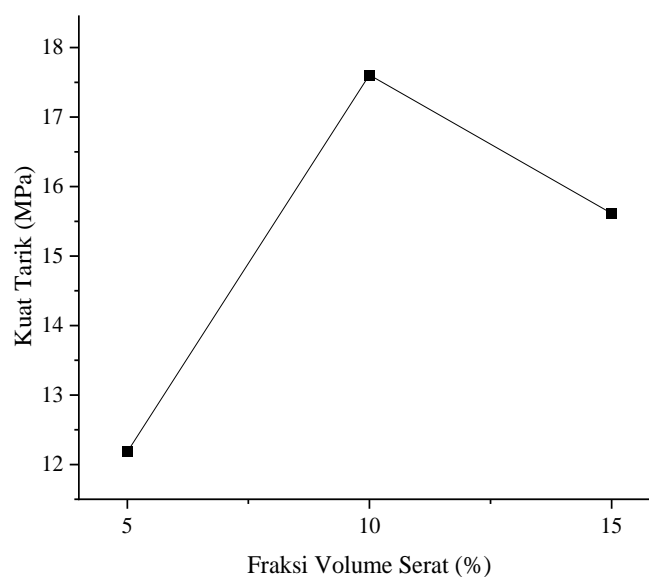
Sifat mekanik pada komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya sifat mekanik material penyusunnya sendiri, yaitu serat. Fraksi serat sangat berpengaruh terhadap kekuatan mekanik pada komposit. Pada komposit, serat berfungsi sebagai penguat. Sehingga pemilihan serat yang digunakan pada komposisi perlu diperhatikan. Fraksi volume serat juga dapat mempengaruhi sifat mekanik pada hasil uji tarik. Berikut ini hasil uji tarik dari pengaruh fraksi volume serat terhadap sifat mekanik komposit.

4.3.1 Hasil Pengujian Tarik Variasi Fraksi Volume Serat

Tabel 4.2 Hasil Uji Tarik Resin 10 : Katalis 0,5

Serat (%)	Kuat Tarik (MPa)			Rata-rata (MPa)
	1	2	3	
5	13,19	13,23	10,13	12,18
10	21,42	15,03	16,37	17,61
15	17,25	16,58	13,01	15,61

Berdasarkan data pada tabel 4.2, menunjukkan nilai kuat tarik yang diperoleh dari variasi fraksi volume serat. Pada variabel fraksi volume serat dengan rasio antara resin dan katalis yaitu 10 : 0,5, pada serat 5% nilai kuat tarik yang diperoleh sebesar 13,19 MPa, 13,23 MPa, 10,13 MPa, rata-rata yang dihasilkan sebesar 12,18 MPa. Nilai kuat tarik mengalami kenaikan maksimum pada fraksi volume serat 10% dengan nilai kuat tarik berturut-turut sebesar 21,42 MPa, 15,03 MPa, 16,37 MPa dan rata-rata yang dihasilkan sebesar 17,61 MPa. Namun, menurun kembali pada fraksi volume serat 15% sebesar 17,25 MPa, 16,58 MPa, 13,01 MPa dengan rata-rata nilai kuat tarik sebesar 15,61 MPa.



Gambar 4.4 Nilai Kuat Tarik Fraksi Volume Serat

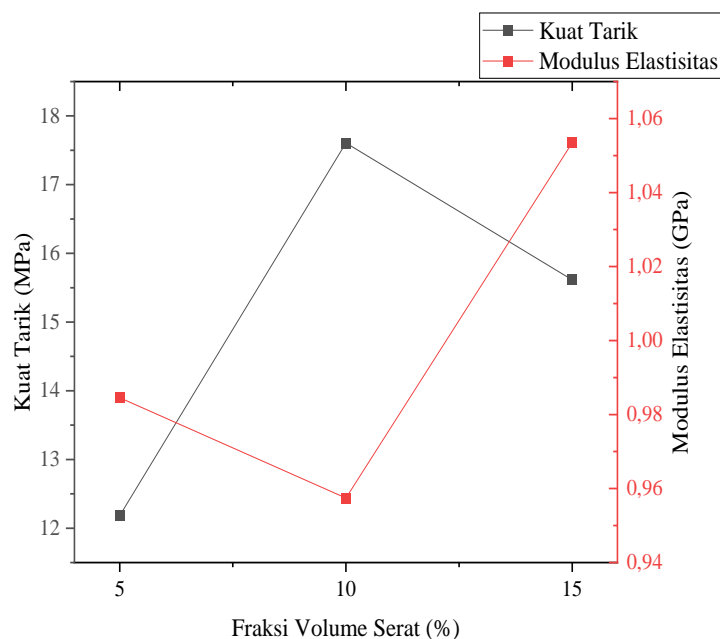
Gambar 4.4 menunjukkan nilai kuat tarik berdasarkan variasi fraksi volume serat. Pada gambar 4.4 semakin banyak fraksi volume serat digunakan, semakin meningkat nilai kuat tarik yang diperoleh. Kuat tarik berdasarkan variabel fraksi volume serat dengan rasio antara resin dan katalis yaitu 10 : 0,5 diperoleh nilai maksimum pada fraksi volume serat 10%. Nilai kuat tarik pada fraksi volume serat 15% mengalami penurunan. Nilai kuat tarik yang dipengaruhi oleh faktor banyaknya serat, digunakan sebagai material penguat untuk menahan gaya yang diberikan pada proses uji tarik. Pengujian tarik dilakukan bertujuan untuk mengetahui sifat dan keadaan material. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Dabet dkk pada tahun 2018, dari hasil pengujian tariknya menunjukkan bahwa semakin besar prosentase serat ijuk dalam komposit semakin tinggi kekuatan tarik komposit. Hal tersebut terjadi karena ikatan pada komposit yakni antara matriks dan serat merata akibat dari presentasi *void* yang dapat diminimalisir dengan pompa vakum. Selain itu, ikatan yang sempurna antara matriks dan serat pada metode *vacuum bag* ini disebabkan karena penyebaran resin yang merata pada setiap serat sehingga udara diantara serat ikut terdorong dan terpisah dari serat.

Selain nilai kuat tarik, pada pengujian tarik juga diperoleh hasil modulus elastisitas yang menunjukkan nilai kekakuan suatu material. Nilai modulus elastisitas pada hasil uji tarik menunjukkan semakin tinggi fraksi volume serat nilai kekakuan semakin tinggi. Pada penelitian ini, nilai modulus elastisitas terdapat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Modulus Elastisitas Resin 10 : Katalis 0,5

Serat (%)	Modulus Elastisitas (MPa)			Rata- Rata (GPa)
	1	2	3	
5	785,51	961,40	1206,78	0,98
10	817,91	1096,90	957,55	0,96
15	1179,32	854,36	1126,82	1,05

Berdasarkan tabel 4.3, nilai modulus elastisitas berdasarkan variabel fraksi volume serat dengan rasio antara resin dan katalis yaitu 10 : 0,5, dengan fraksi volume serat 5% sebesar 785,51 MPa, 961,40 MPa, 1206,78 MPa, dan rata-rata sebesar 0,98 GPa. Sedangkan dengan fraksi volume serat sebesar 10% sebesar 817,91 MPa, 1096,90 MPa, 957,55 MPa dan rata-rata modulus elastisitas sebesar 0,96 GPa. Nilai modulus elastisitas semakin meningkat, terlihat pada fraksi volume serat 15% nilai modulus sebesar 1179,32 MPa, 854,36 MPa, 1126,82 MPa dan rata-rata sebesar 1,05 GPa yang menunjukkan nilai tersebut lebih tinggi diantara fraksi volume serat lainnya. nilai modulus terendah diperoleh pada fraksi volume serat 10% kemudian meningkat maksimal pada fraksi volume serat 15%. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Astika dkk pada tahun 2013 bahwasanya nilai modulus pada komposit akan semakin meningkat seiring dengan penambahan fraksi volume serat. Hal tersebut disebabkan karena dengan bertambahnya fraksi volume yang digunakan menyebabkan regangan pada serat dapat mengimbangi regangan matriks sehingga luas daerah elastis menjadi semakin besar mengakibatkan meningkatnya modulus elastisitas pada sampel tersebut, dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas Fraksi Volume Serat

4.3.2 Hasil Pengujian Tekan Variasi Fraksi Volume Serat

Selain uji tarik, dilakukan juga pengujian tekan untuk mengetahui sifat mekanik pada komposit. Uji tekan dilakukan dengan pembebanan maksimum pada sampel untuk dapat menerima tekanan. Adapun hasil uji tekan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.4.

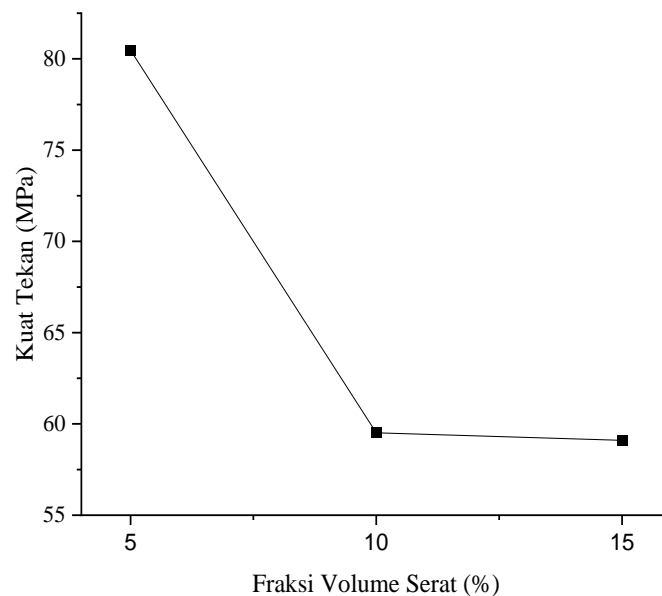
Tabel 4.4 Hasil Uji Tekan Resin 10 : Katalis 0,5

Serat (%)	Kuat Tekan (MPa)			Rata-rata (MPa)
	1	2	3	
5	92,98	70,01	78,42	80,47
10	80,73	76,04	21,77	59,51
15	68,38	66,21	42,71	59,10

Berdasarkan dari data tabel 4.4, hasil uji tekan berdasarkan variabel fraksi volume serat dengan rasio antara resin dan katalis yaitu 10 : 0,5 pada fraksi volume serat 5%, memiliki nilai kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 92,98 MPa, 70,01 MPa, 78,42 MPa, dan rata-rata nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 80,47 MPa. Mengalami penurunan pada fraksi volume serat 10% dengan nilai kuat tekan berturut-turut sebesar 80,73 MPa, 76,04 MPa, 21,77 MPa dan rata-rata yang diperoleh sebesar 59,51 MPa. Nilai kuat tekan terus mengalami penurunan pada fraksi volume serat 15% dengan nilai kuat tekan sebesar 68,38 MPa, 66,21 MPa, 42,71 MPa dan rata-rata nilai kuat yang diperoleh sebesar 59,1 MPa.

Pada Gambar 4.6 menunjukkan nilai rata-rata kuat tekan berdasarkan variabel fraksi volume serat dengan rasio antara resin dan katalis yaitu 10 : 0,5, pada fraksi volume serat semakin besar, kuat tekan semakin menurun. Hal tersebut sesuai dengan teori penelitian Sya'roni dan Tri pada tahun 2021, penelitiannya menunjukkan bahwasanya semakin besar fraksi volume serat mengakibatkan nilai kuat tekan semakin menurun. Hal tersebut terjadi karena semakin banyak serat mengakibatkan serat sebagai penguat menjadi lebih

dominan daripada resin akibatnya tekanan komposit dapat menurun. Artinya dengan penggunaan serat yang semakin bertambah, resin yang digunakan semakin berkurang sehingga ikatan antara matriks dan serat yang kurang sempurna yang dapat mengakibatkan sampel yang dihasilkan mudah rusak.



Gambar 4.6 Nilai Kuat Tekan Fraksi Volume Serat

4.4 Pengaruh Variasi Katalis terhadap Sifat Mekanik

Selain variasi fraksi volume serat, pada penelitian ini juga dilakukan variasi katalis pada perbandingan resin dengan katalis yang juga dapat mempengaruhi sifat mekanik komposit. Variasi penambahan katalis pada resin dengan metode *vaccum bag* juga mempengaruhi lamanya waktu resin mengering pada saat divakum. Penggunaan katalis yang terlalu banyak, dapat menyebabkan *gelcoat* mengering lebih cepat. Akibatnya proses vakum tidak berjalan dengan sempurna, banyaknya *void* yang terjebak dalam sampel menyebabkan sampel yang dihasilkan gagal untuk dicetak. Selain banyaknya *void*, penggunaan katalis yang terlalu banyak juga menyebabkan ketebalan sampel dan penyebaran *gelcoat* pada serat menjadi tidak merata. Penggunaan katalis sebaiknya tidak lebih dari 10 tetes atau setara dengan 1 gram (Perwara, 2021). Untuk memperoleh hasil komposit yang maksimal, sehingga penggunaan katalis pada pembuatan sampel komposit terutama dengan

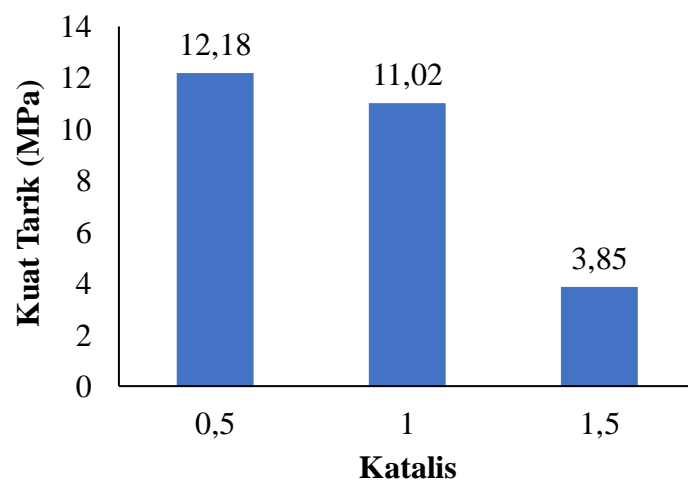
menggunakan metode *vacuum bag* perlu diperhatikan. Adapun hasil pengujian dari variasi katalis tersebut sebagai berikut.

4.4.1 Hasil Pengujian Tarik Variasi Katalis

Tabel 4.5 Hasil Uji Tarik Variasi Katalis

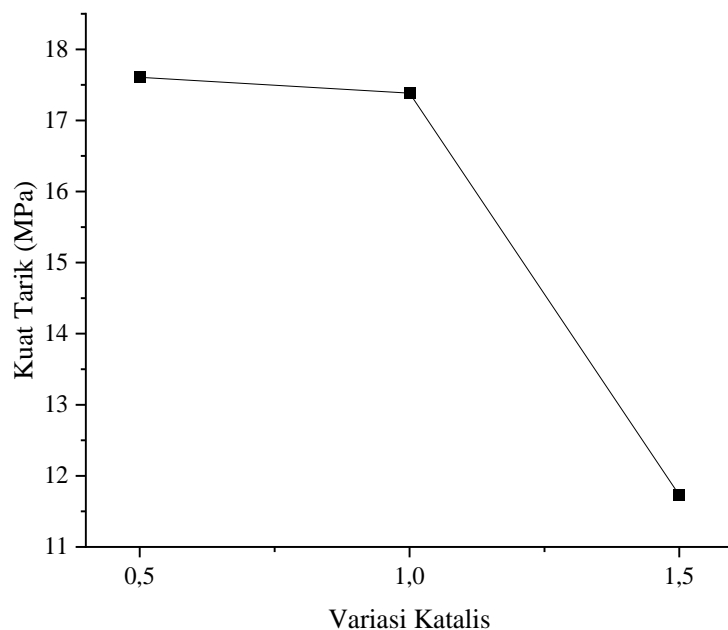
Resin : Katalis	Kuat Tarik (MPa)			Rata-rata (MPa)
	Serat			
	5%	10%	15%	
10 : 0,5	12,18	17,61	15,61	15,13
10 : 1,0	11,02	17,38	10,65	13,02
10 : 1,5	3,85	11,73	9,50	8,36

Dari data tabel 4.5 menunjukkan nilai hasil uji tarik berdasarkan variasi katalis yaitu pada perbandingan resin dengan katalis 10 : 0,5 nilai kuat tarik sebesar 12,18 MPa, 17,61 MPa, 15,61 MPa dan rata-rata nilai kuat tariknya sebesar 15,13 MPa. Adapun nilai kuat tarik pada perbandingan resin dengan katalis 10 : 1 sebesar 11,02 MPa, 17,38 MPa, 10,65 MPa, dengan nilai kuat tarik rata-rata sebesar 13,02 MPa. Sedangkan perbandingan antara katalis dengan resin 10 : 1,5 nilai kuat tarik berturut-turut sebesar 3,85 MPa, 11,73 MPa, 9,50 MPa dan rata-rata sebesar 8,36 MPa.



Gambar 4.7 Nilai Kuat Tarik Variasi Katalis dengan 5% Serat

Berdasarkan gambar 4.7, menunjukkan adanya pengaruh dari variasi katalis pada fraksi serat 5% terhadap nilai kuat tarik yang diperoleh. Nilai kuat tarik tertinggi diperoleh pada variasi katalis 0,5 yaitu sebesar 12,18 MPa. Pada variasi katalis 1,0 nilai kuat tarik menurun sebesar 1,16 MPa. Nilai kuat tarik terus mengalami penurunan dari variasi katalis 1,0 hingga variasi katalis 1,5 menurun sebesar 7,17 MPa. Hasil tersebut juga terjadi pada fraksi serat 10% dan 15%. Adapun nilai kuat tarik variasi katalis dengan serat 10% dapat dilihat pada gambar 4.8.

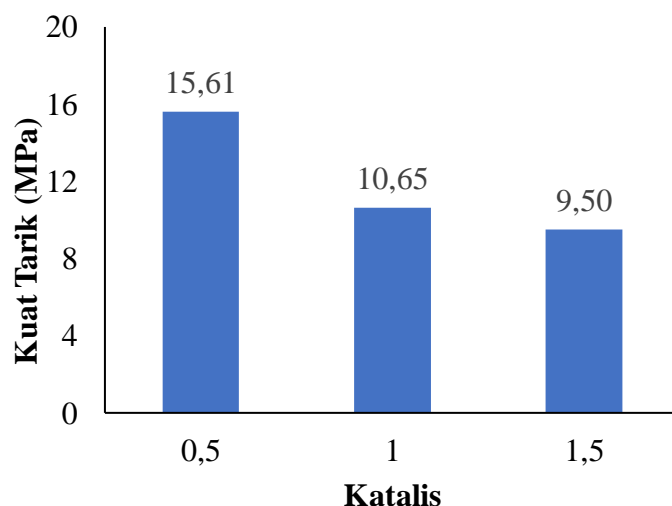


Gambar 4.8 Nilai Kuat Tarik Variasi Katalis dengan 10% Serat

Berdasarkan gambar 4.8 menunjukkan adanya pengaruh dari variasi katalis dengan serat 10% terhadap nilai kuat tarik yang dihasilkan. Gambar 4.8 menggambarkan garis miring yang menunjukkan semakin banyak katalis yang digunakan, nilai kuat tarik semakin menurun. Nilai kuat tarik tertinggi diperoleh pada variasi katalis 0,5 sebesar 17,61 MPa. Nilai kuat tarik mengalami penurunan sebesar 0,23 MPa, dengan nilai kuat tarik pada variasi katalis 1,0 yaitu sebesar 17,38 MPa. Pada variasi katalis 1,5 gambar 4.8 menggambarkan garis miring yang semakin curam, menunjukkan nilai kuat tarik terus mengalami penurunan hingga mencapai selisih nilai kuat tarik

dengan variasi katalis 1,0 sebesar 5,65 MPa. Sedangkan nilai kuat tarik berdasarkan variasi katalis dengan fraksi serat 15% dapat dilihat pada gambar 4.9.

Pada gambar grafi 4.9, menunjukkan adanya pengaruh variasi katalis pada serat 15% terhadap nilai kuat tarik. Nilai kuat tarik tertinggi diperoleh pada variasi katalis 0,5 sebesar 15,61 MPa. Nilai kuat tarik menurun sebesar 4,96 MPa variasi katalis 1,0. Pada variasi katalis 1,5 nilai kuat tarik terus mengalami penurunan hingga diperoleh selisih nilai kuat tarik antara variasi katalis 1,5 dengan variasi katalis 1,0 yaitu sebesar 1,15 MPa. Perolehan nilai kuat tarik berdasarkan variasi katalis dengan penggunaan fraksi serat 5%, 10% dan 15% menunjukkan hasil yang sama. Adapun gambar grafik kuat tarik dari variasi katalis dengan serat 15% terdapat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Nilai Kuat Tarik Variasi Katalis dengan 15% Serat

Dapat dilihat bahwasanya berdasarkan dari ketiga gambar grafik di atas menunjukkan semakin banyak katalis yang digunakan, mengakibatkan nilai kuat tarik yang diperoleh menjadi semakin kecil. Hal tersebut sesuai dengan teori, berdasarkan penelitian Milya dkk pada tahun 2022 nilai kekuatan tarik bertambah seiring bertambahnya kandungan katalis hingga 1,5% dan menurun pada kandungan katalis 1,5% sampai 2%. Penambahan katalis di atas 1% dapat menurunkan nilai kuat tarik dikarenakan kalor berlebih yang

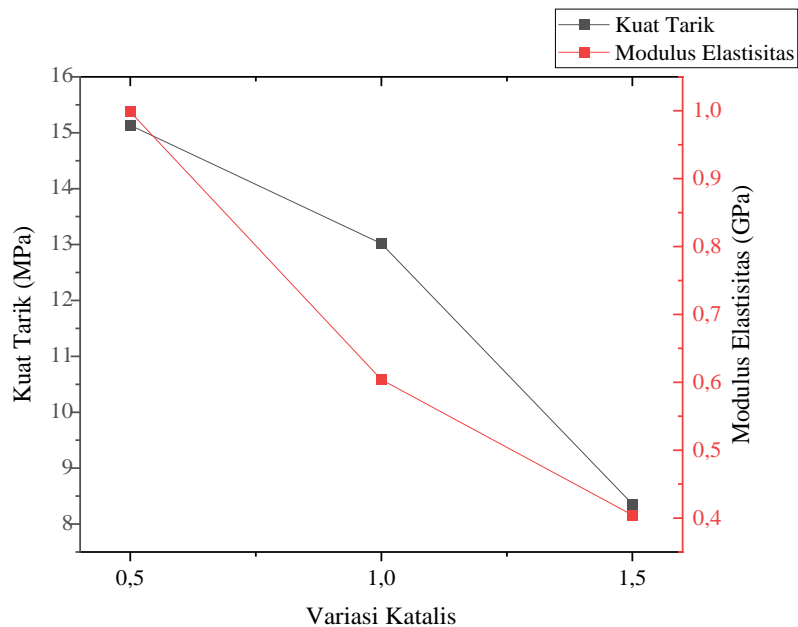
dihasilkan dari penggunaan katalis pada proses pengeringan, reaksi kalor terjadi diantara resin dan katalis yang akibatnya hasil laminasi komposit mengalami kerusakan. Sehingga penggunaan katalis yang banyak dapat menurunkan kekuatan tariknya akibat pengeringan resin yang lebih cepat. Sehingga hasil laminasi komposit yang didapatkan menjadi keras serta getas. Sedangkan pemakaian jumlah katalis yang sedikit dapat meningkatkan nilai kekuatan tariknya yang disebabkan akibat dari resin yang mengental sehingga proses pengeringan resin berjalan lebih lambat dan komposit menjadi lunak dan lentur. Kondisi ini disebabkan penambahan katalis pada resin yang banyak sehingga

Tabel 4.6 Modulus Elastisitas Fraksi Variasi Katalis

Resin : Katalis	Modulus Elastisitas (MPa)			Rata- Rata (GPa)
	Serat			
	5%	10%	15%	
10 : 0,5	984,56	957,45	1053,50	1,00
10 : 1	280,64	580,64	950,23	0,60
10 : 1,5	129,77	551,40	532,28	0,40

Berdasarkan tabel 4.6, nilai modulus elastisitas yang diperoleh dengan variasi katalis 0,5 pada sebesar 984,56 MPa, 957,45 MPa, 1053,50 MPa dan rata-rata sebesar 1,00 GPa. Sedangkan dengan variasi katalis 1,0 nilai modulus elastisitas yang dihasilkan sebesar 280,64 MPa, 580,64 MPa, 950,23 MPa dan rata-rata modulus elastisitas sebesar 0,60 GPa. Nilai modulus yang diperoleh pada variasi katalis 1,5 sebesar 129,77 MPa, 551,40 MPa, 532,28 MPa dan rata-rata nilai modulus elastisitas sebesar 0,40 Gpa. Hasil tersebut menunjukkan nilai modulus elastisitas menurun seiring bertambahnya penggunaan katalis. Nilai modulus elastisitas tertinggi diperoleh pada variasi

katalis 0,5 kemudian menurun hingga nilai terendah pada variasi katalis 1,5. Hasil tersebut sesuai dengan literatur pada penelitian yang dilakukan oleh Rusly dkk pada tahun 2023 bahwasanya nilai modulus pada komposit akan semakin menurun seiring bertambahnya variasi katalis. Hal tersebut dipengaruhi karena proses pengeringan resin dengan penggunaan komposisi katalis yang sedikit menjadi lebih lambat. Sehingga cairan resin mengalami pengentalan dan menghasilkan komposit yang lebih elastis. Sebaliknya, penggunaan katalis yang lebih banyak menyebabkan resin menjadi cepat mengering. Hal tersebut mengakibatkan komposit yang dihasilkan menjadi lebih keras dan mudah rusak.



Gambar 4.10 Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas Fraksi Variasi Katalis

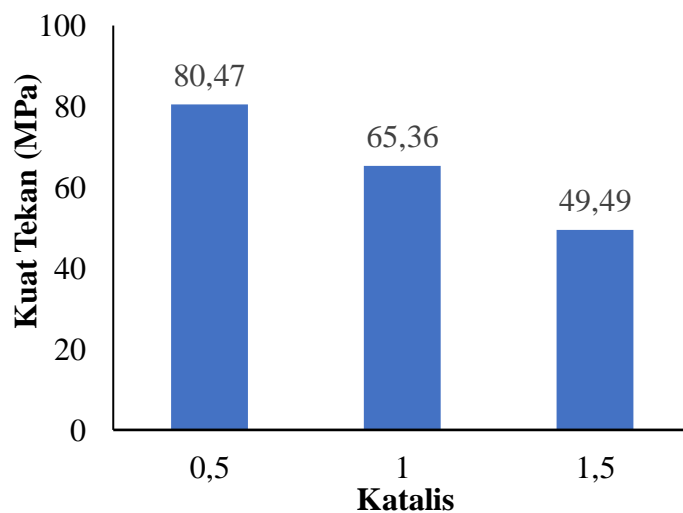
4.4.2 Hasil Uji Tekan Variasi Katalis

Tabel 4.7 Hasil Uji Tekan Variasi Katalis

Resin : Katalis	Kuat Tekan (MPa)			Rata-rata (MPa)
	Serat			
	5%	10%	15%	

10 : 0,5	80,47	59,51	59,10	66,36
10 : 1	65,36	65,54	58,28	63,06
10 : 1,5	49,49	48,74	49,15	49,12

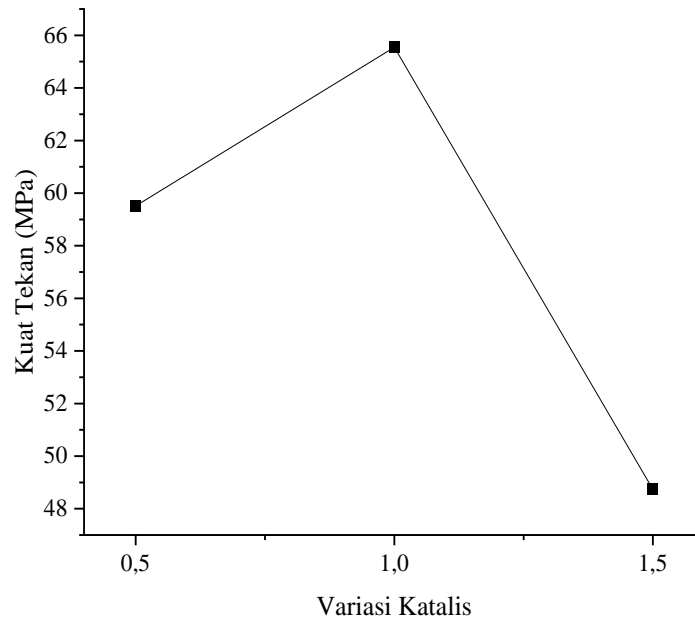
Sama seperti variasi fraksi volume serat, pada penelitian ini variasi katalis juga dilakukan pengujian tekan. Hasil uji tekan variasi katalis dapat dilihat pada data tabel 4.7 yang menunjukkan nilai hasil uji tekan berdasarkan variasi katalis yaitu pada perbandingan resin dengan katalis 10 : 0,5 nilai kuat tekan sebesar 80,47 MPa, 59,51 MPa, 59,10 MPa, dan rata-rata nilai kuat tekannya sebesar 66,36 MPa. Adapun nilai kuat tekan pada variasi perbandingan resin dengan katalis 10 : 1 sebesar 65,36 MPa, 65,54 MPa, 58,28 MPa, dengan nilai kuat tekan rata-rata yang dihasilkan sebesar 63,06 MPa. Sedangkan perbandingan antara katalis dengan resin 10 : 1,5 nilai kuat tekan yang dihasilkan berturut-turut sebesar 49,49 MPa, 48,74 MPa, 49,15 MPa dan rata-rata nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 49,12 MPa.



Gambar 4.11 Nilai Kuat Tekan Variasi Katalis dengan 5% Serat

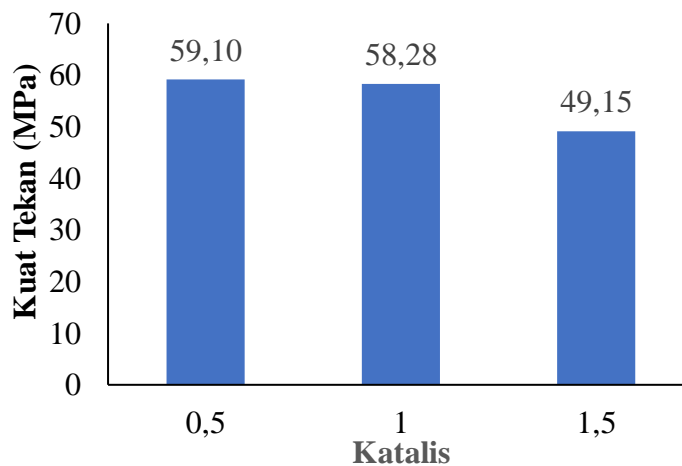
Berdasarkan gambar 4.11, menunjukkan adanya pengaruh variasi katalis terhadap nilai kuat tekan yang diperoleh. Nilai kuat tekan tertinggi pada serat 5% diperoleh pada variasi katalis 0,5 yaitu sebesar 80,47 MPa.

Nilai kuat tekan mengalami penurunan sebesar 15,11 MPa pada variasi katalis 1,0. Pada variasi katalis 1,5 kuat tekan terus menurun dan memperoleh nilai terendah sebesar 49,49 MPa dengan selisih penurunan nilai kuat tekan antara variasi katalis 1,0 dengan variasi katalis 1,5 sebesar 15,87 MPa. Adapun nilai kuat tekan variasi katalis dengan serat 10% dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.12 Nilai Kuat Tekan Variasi Katalis dengan 10% Serat

Berdasarkan gambar 4.12 di atas menunjukkan adanya pengaruh dari variasi katalis pada serat 10% terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan. Gambar 4.12 menggambarkan grafik garis kuat tekan yang mengalami kenaikan kemudian penurunan. Nilai kuat tekan tertinggi berdasarkan variasi katalis pada serat 10% diperoleh variasi katalis 1,0 yaitu sebesar 65,54 MPa. Nilai kuat tekan terendah diperoleh variasi katalis 1,5 dengan 48,74 MPa dengan variasi katalis 1,0 memiliki selisih sebesar 16,8 MPa. Sedangkan pada variasi katalis dengan penggunaan serat sebesar 15% nilai kuat tekan yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Nilai Kuat Tekan Variasi Katalis dengan 15% Serat

Gambar 4.13, menunjukkan adanya pengaruh variasi katalis pada serat 15% terhadap nilai kuat tekan yang diperoleh. Nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi katalis 0,5 sebesar 59,10 MPa. Nilai kuat tekan menurun pada variasi katalis 1,0 dengan selisih sebesar 0,82 MPa. Nilai kuat tekan pada variasi katalis 1,5 terus mengalami penurunan dan memiliki nilai kuat tekan terendah dengan selisih antara variasi katalis 1,0 dengan variasi katalis 1,5 sebesar 9,13 MPa. Perolehan nilai kuat tekan dari variasi katalis setiap fraksi serat menunjukkan hasil yang kurang lebih sama.

Dari ketiga gambar grafik di atas, dapat dilihat semakin banyak katalis yang ditambahkan, nilai kuat tekan yang diperoleh semakin menurun. Hal tersebut dapat dilihat pada hasil rata-rata yang diperoleh di setiap variasi katalis yang digunakan. Nilai rata-rata kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi perbandingan antara resin dengan katalis 10 : 0,5 sebesar 66,36 MPa. Nilai rata-rata kuat tekan menurun dengan selisih sebesar 3,3 MPa pada perbandingan resin dengan katalis 10 : 1,0 yaitu sebesar 63,06 MPa, dan nilai rata-rata kuat tekan terendah diperoleh pada perbandingan resin dan katalis 10 : 1,5 yaitu sebesar 49,12 MPa yang selisih dengan nilai kuat tekan variasi katalis 1,0 sebesar 13,94 MPa. Hal tersebut sesuai dengan teori pada penelitian Taufik dan Astuti tahun 2014. Katalis mampu meningkatkan nilai

kuat tekan pada banyaknya penggunaan katalis tertentu dan kemudian nilai kuat tekan menurun seiring bertambahnya jumlah katalis. Hal tersebut terjadi karena semakin banyak katalis ditambahkan semakin cepat proses pengeringan yang menyebabkan sampel getas dan mudah rusak serta adanya pembentukan gelembung semakin banyak.

4.5 Hasil Uji Statistik

4.5.1 Hasil Uji Statistik Kuat Tarik Variasi Katalis

Hasil uji tarik berdasarkan variasi katalis dilakukan uji parametris atau statistik untuk mengetahui adanya pengaruh dari variasi katalis terhadap hasil uji tarik yang diperoleh. Berdasarkan data yang dihasilkan uji statistik yang dilakukan yaitu uji normalitas dan homogenitas serta *analysis of variance* . Adapun hasil uji normalitas pada uji tarik sebagai berikut.

Tabel 4.8 Hasil Uji Normalitas Kuat Tarik

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	<i>Statistic</i>	df	Sig.	<i>Statistic</i>	df	Sig.
Kuat_Tarik	,119	27	,200*	,970	27	,600

Berdasarkan data tabel 4.8 menunjukkan hasil uji normalitas pada sampel uji tarik. Uji normalitas yang dihasilkan terdapat dua jenis yaitu uji Kolmogorov-Smirnov dan uji Saphiro Wilk. Penggunaan kedua jenis tersebut dapat tentukan apabila data uji lebih dari 50 atau nilai $df > 50$ maka uji normalitas yang digunakan adalah uji Kolmogorov-Smirnov. Sedangkan apabila data uji kurang dari 50 atau $df < 50$, maka yang digunakan adalah jenis uji normalitas Shapiro-Wilk. Data dapat dikatakan terdistribusi normal jika nilai $sig. > 0,05$, sebaliknya, data dapat dikatakan terdistribusi tidak normal jika nilai $sig. < 0,05$. Dari tabel di atas total sampel dihasilkan berjumlah 27 sampel, sehingga hasil uji normalitas yang digunakan yaitu hasil dari Shapiro-Wilk karena sampel yang diuji kecil atau kurang dari 50

sampel ($27 < 50$). Perolehan nilai sig. pada uji normalitas Shapiro-Wilk sebesar $0,600 > 0.05$ artinya data tersebut berdistribusi normal. Uji parametris lain yang dilakukan yaitu uji homogenitas dan *analysis of variance*. Adapun hasil uji homogenitas sebagai berikut.

Tabel 4.9 Hasil Uji Homogenitas Kuat Tarik

	<i>Levene Statistic</i>	df1	df2	Sig.	
	<i>Based on Mean</i>	1,111	2	24	,346
	<i>Based on Median</i>	,756	2	24	,481
Kuat_Tarik	<i>Based on Median and with adjusted df</i>	,756	2	21,582	,482
	<i>Based on trimmed mean</i>	1,115	2	24	,344

Hasil yang digunakan dengan memilih salah satu data yang dihasilkan. Adapun data yang digunakan adalah *Based on Mean* dengan ketentuan jika nilai sig. $> 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Sebaliknya jika nilai sig. $< 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dari data tabel 4.9 menunjukkan nilai sig. yang diperoleh sebesar $0,346 > 0,05$. Nilai sig. tersebut memiliki hasil lebih besar dari $0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, artinya ketiga variasi tersebut adalah homogen. Pengujian selanjutnya yaitu uji *analysis of Variance*. Adapun hasilnya dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 4.10 Hasil Uji *Analysis of Variance* Kuat Tarik

	<i>Sum of Squares</i>	df	<i>Mean Square</i>	F	Sig.
<i>Between Groups</i>	216,264	2	108,132	6,282	,006
<i>Within Groups</i>	413,094	24	17,212		
Total	629,358	26			

Berdasarkan tabel 4.10, uji *Analysis of Variance* dilakukan untuk membandingkan rata-rata pada dua atau lebih faktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Faktor yang berpengaruh pada penelitian ini yaitu variasi katalis dengan nilai kuat tarik sebagai variabel dependen. Adapun ketentuannya jika nilai sig. > 0,05 maka H₀ diterima atau tidak ada perbedaan. Sebaliknya jika nilai sig. < 0,05 maka H₀ ditolak atau ada perbedaan rata-rata. Nilai sig. yang dihasilkan pada tabel sebesar 0,006 lebih kecil dari 0,05 atau 0,006 < 0,05. Hasil yang diperoleh menunjukkan H₀ ditolak, artinya ada perbedaan rata-rata nilai kuat tarik dengan variasi katalis yang digunakan. Sehingga penggunaan variasi katalis tersebut mempengaruhi nilai kuat tarik yang diperoleh. Penggunaan variasi katalis sebesar 0,5; 1,0; dan 1,5 mempunyai pengaruh terhadap hasil kuat tarik yang diperoleh.

4.5.2 Hasil Uji Statistik Kuat Tekan Variasi Katalis

Sama halnya dengan hasil uji tarik, pada uji tekan juga dilakukan uji statistik. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh dari variasi katalis yang digunakan terhadap hasil uji tekan yang diperoleh. Uji statistik yang digunakan yaitu uji normalitas, uji homogenitas dan uji *analysis of variances*. Berikut hasil hasil uji normalitas, dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 4.11` Hasil Uji Normalitas Kuat Tekan

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	<i>Statistic</i>	df	Sig.	<i>Statistic</i>	df	Sig.
Kuat_Tekan	,120	27	,200*	,971	27	,635

Dari data tabel 4.11 menunjukkan hasil uji normalitas yang diperoleh dari sampel uji tekan. Uji normalitas yang dilakukan yaitu uji Kolmogorov-Smirnov dan uji Saphiro Wilk. Jika data yang diuji lebih dari 50 atau nilai df

> 50, maka hasil uji normalitas yang digunakan adalah uji Kolmogorov-Smirnov. Namun, jika data yang diuji kurang dari 50 atau nilai $df < 50$, maka uji normalitas yang digunakan adalah hasil uji Shapiro-Wilk. Berdasarkan tabel 4.11 total sampel yang diuji berjumlah 27 sampel atau $df = 27$, sehingga hasil uji normalitas yang digunakan yaitu hasil dari Shapiro-Wilk karena sampel yang diuji kurang dari 50 sampel atau $27 < 50$. Selanjutnya, data dapat dikatakan terdistribusi normal jika nilai $sig. > 0,05$, dan sebaliknya, data dapat dikatakan terdistribusi tidak normal jika nilai $sig. < 0,05$. Perolehan nilai $sig.$ pada uji normalitas Shapiro-Wilk sebesar 0,635 artinya lebih besar dari 0,05 atau $0,635 > 0,05$ artinya data tersebut berdistribusi normal. Adapun data hasil uji homogenitas dapat dilihat pada gambar di bawah.

Tabel 4.12 Hasil Uji Homogenitas Kuat Tekan

	<i>Levene Statistic</i>	df1	df2	Sig.	
	<i>Based on Mean</i>	3,805	2	24	,037
	<i>Based on Median</i>	2,741	2	24	,085
Kuat_Tekan	<i>Based on Median and with adjusted df</i>	2,741	2	12,094	,104
	<i>Based on trimmed mean</i>	3,418	2	24	,049

Berdasarkan tabel 4.12 penentuan pendapat dilakukan dengan memilih salah satu data. Adapun data yang digunakan yaitu *Based on Mean* dengan ketentuan apabila nilai $sig.$ lebih besar 0,05 atau $sig. > 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Sebaliknya jika nilai $sig.$ kurang dari 0,05 atau $sig. < 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dari data tabel 4.11 di atas menunjukkan nilai $sig.$ yang diperoleh sebesar 0,346. Nilai $sig.$ tersebut memiliki hasil lebih besar dari 0,05 atau $0,037 < 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya ketiga variasi katalis yang digunakan tersebut adalah tidak homogen. Pengujian parametris selanjutnya yang dilakukan yaitu uji *analysis of*

Variance. Adapun hasil dari uji *analysis of variance* dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 4.13 Hasil Uji *Analysis of Variance* Kuat Tekan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1506,670	2	753,335	3,981	,032
Within Groups	4541,488	24	189,229		
Total	6048,158	26			

Berdasarkan data tabel yang diperoleh di atas, uji *Analysis of Variance* dilakukan untuk membandingkan nilai rata-rata yang dihasilkan pada dua atau lebih faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen. Faktor yang berpengaruh pada penelitian ini adalah variasi katalis, sedangkan nilai kuat tekan sebagai variabel dependen. Adapun ketentuannya jika nilai sig. > 0,05 maka H_0 diterima atau tidak ada perbedaan. Sebaliknya jika nilai sig. < 0,05 maka H_0 ditolak atau ada perbedaan rata-rata. Nilai sig. yang dihasilkan pada tabel diatas menunjukkan data sebesar 0,032 lebih kecil dari 0,05 atau $0,032 < 0,05$. Sehingga hasil yang diperoleh menunjukkan H_0 ditolak, artinya pada penelitian ini ada perbedaan rata-rata nilai kuat tekan yang dihasilkan dengan variasi katalis yang digunakan. Hasil tersebut menunjukkan variasi katalis mempengaruhi nilai kuat tekan yang diperoleh. Adapun variasi katalis yaitu 0,5, 1, dan 1,5 yang mempunyai pengaruh terhadap hasil kuat tekan.

Dari data uji tarik terbaik yang dihasilkan, berdasarkan fraksi volume serat yaitu sebesar 10%. Sedangkan berdasarkan penggunaan komposisi perbandingan antara resin dan katalis terbaik yaitu 10 : 0,5. Artinya data hasil uji tarik terbaik diperoleh dari komposisi sampel dengan fraksi serat 5% dan perbandingan antara resin dan katalis 10 : 0,5. Begitu pun dengan data uji tekan terbaik yang dihasilkan, berdasarkan fraksi volume serat yaitu sebesar

5% dan berdasarkan penggunaan komposisi perbandingan antara resin dan katalis terbaik yaitu 10 : 0,5. Artinya data hasil uji tekan terbaik diperoleh dari komposisi sampel dengan fraksi serat 5% dan perbandingan antara resin dan katalis 10 : 0,5. Sehingga berdasarkan hasil uji tarik dari fraksi volume serat 10% dan perbandingan antara resin dan katalis 10 : 0,5 aplikasi produk komposit metode *vacuum bag* dapat digunakan pada plafon (0,625 MPa), beton (5,96 MPa), dan papan partikel (1,81 MPa). Sedangkan berdasarkan hasil uji tekan yang diperoleh dari fraksi volume serat 5%, dan perbandingan antara resin dan katalis 10 : 0,5 aplikasi produk komposit metode *vacuum bag* dapat digunakan pada helm (4,078 MPa), *cover* knalpot (3,423 MPa), plafon (0,625 MPa), beton (5,96 MPa), tangki air (16 MPa), papan skateboard (5,63 MPa), papan partikel (1,81 MPa), dan lambung kapal (52,56 MPa).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pengaruh fraksi volume serat dan variasi katalis terhadap sifat mekanik komposit *polyester* berpenguat serat ijuk dengan metode *vacuum bag* yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Alat *vacuum bag* berhasil dibuat dan dapat digunakan dalam pembuatan sampel komposit.
2. Nilai kuat tarik berdasarkan fraksi volume serat meningkat seiring bertambahnya volume serat dengan nilai tertinggi rata-rata pada fraksi volume serat 10% sebesar 17,61 MPa dan paling rendah pada fraksi volume serat 5% sebesar 12,18 MPa. Sedangkan nilai rata-rata tertinggi pada modulus elastisitas fraksi volume serat 15% sebesar 1,05 Gpa dan terendah pada fraksi volume serat 10% sebesar 0,96 GPa.
3. Nilai kuat tekan berdasarkan fraksi volume serat menurun seiring bertambahnya volume serat. Nilai rata-rata kuat tekan tertinggi pada fraksi volume serat 5% sebesar 80,47 MPa dan terendah pada fraksi volume serat 15% sebesar 59,10 MPa.
4. Nilai kuat tarik berdasarkan variasi katalis semakin menurun seiring meningkatnya variasi katalis. Nilai rata-rata tertinggi pada variasi katalis 0,5 nilai kuat tarik sebesar 15,13 MPa dan terendah pada variasi 1,5 sebesar 8,36 MPa dengan nilai modulus elastisitas tertinggi pada variasi katalis 0,5 sebesar 1,00 Gpa dan terendah pada variasi katalis 1,5 sebesar 0,40 Gpa. Nilai kuat tekan berdasarkan variasi katalis menurun seiring meningkatnya variasi katalis. Nilai kuat tekan tertinggi pada variasi katalis 0,5 sebesar 66,36 MPa dan terendah pada variasi katalis 1,5 sebesar 49,12 MPa.
5. Hasil uji statistik pada nilai kuat tarik nilai uji normalitas sig. Sebesar $0,600 > 0,05$ artinya data hasil uji tarik terdistribusi normal, hasil uji homogenitas sig. $0,346 > 0,05$ artinya data hasil uji tarik terdistribusi dan

hasil ANOVA sig. 0,006 < 0,05 artinya variasi katalis mempengaruhi hasil uji tarik. Sedangkan hasil statistik pada nilai kuat tekan uji normalitas sig. Sebesar 0,635 > 0,05 artinya data hasil uji tekan terdistribusi normal, hasil uji homogenitas sig. 0,037 < 0,05 artinya data hasil uji tekan terdistribusi tidak homogen dan hasil ANOVA sig. 0,032 < 0,05 artinya variasi katalis mempengaruhi hasil uji tekan.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Melakukan homogenisasi dimensi serat ijuk
2. Cetakan yang digunakan berbentuk bidang datar untuk mempermudah proses *vacuum*
3. Melakukan proses *post curing* setelah sampel terbentuk agar hasil lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurohman, Kosim, dkk. (2023). *A Comparison of Vacuum Infusion, Vacuum Bagging, and Hand Lay-Up Process on The Compressive and Shear Properties of GFRP Material. Indonesian Journal of Aerospace*, 21(1), 39-50.

Astika, I., dkk. (2013). Karakteristik Sifat Tarik dan Mode Patahan Komposit Polimer dengan Penguat Serat Sabut Kelapa. *Prosiding Konferensi National Engineering Hotel IV, Universitas Udayana, Bali*, 535-542.

Bachtiar, D., dkk. (2012). *The tensile properties of single sugar palm (Arenga pinnata) fibre. IOP Publishing*.

Bani, Y. O., dkk. (2017). Pembuatan dan Pengujian Alat Fabrikasi Komposit *Vacuum Bag* dengan Menggunakan Metode VDI 2221. *Lontar – Jurnal Teknik Mesin Undana*, 4(1), 16-25.

Dabet, A., dkk. (2018). Aplikasi Teknik Manufaktur *Vacuum Assisted Resin Infusion* (VARI) untuk Peningkatan Sifat Mekanik Komposit Plastik Berpenguat Serat *Abaca* (AFRP). *Jurnal Polimesin*, 16(1), 19-24.

Fatoni, G., dkk. (2018). Pengaruh Besar Sudut Penyisipan Z-Pin Bambu Terhadap Kekuatan Tekan Tepi dan Geser Komposit *Sandwich*. *Dinamika Teknik Mesin*.

Fariyan, U. H., (2021). Pengaruh Fraksi Volume Serat dan Konsentrasi NaOH terhadap Sifat Mekanik Komposit *Unsaturated Polyester* Berpenguat Serat Ijuk. *Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*.

Frank, Jean. *Composite Manufacturing Processes. Associate Professor of Industrial Technology & Mechatronics Thomas Nelson Community College, Mat Edu, National Resource Center.*

Habibie, S., dkk. (2021). Serat Alam sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan, Suatu Kajian Pustaka. *Jurnal Inovasi dan Teknologi Material*, 2(2), 1-13.

Hasbi, M., dkk. (2016). Studi Sifat Mekanik Komposit Polimer yang Diperkuat Partikel *Clay*. *ENTHALPY – Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 1(1), 56-60.

Harsi, dkk. (2018). Karakteristik Kekuatan Bending dan Kekuatan Tekan Komposit Serat *Hybrid* Kapas/Gelas Sebagai Pengganti Produk Kayu. *Dinamika Teknik Mesin*, 5(2), 59-65.

Hazhari, Fadhlah, dkk. (2022). Pengaruh Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending Komposit *Hybrid* Dan *Non-Hybrid* Menggunakan Metode *Vacuum Bagging*. *Indonesian Journal of Mechanical Engineering Vocational*, 2(2), 53-58.

Hidayat, S. (2020). Aplikasi Perangkat *Vacuum Infusion* untuk Pembuatan Komponen Berbahan Komposit. *Seminar Nasional Teknik Mesin*, 12-20.

Hidayat, S, & Mokhammad, A. (2018). Perbandingan Kekuatan Material Hasil Metode *Hand Lay-up* dan Metode *Vacuum Bag* Pada Material *Sandwich Composite*. *Jurnal Polban*, 9.

ISO 13934-1:2013. *Tensile Properties of Fabrics*.

Iswan, C., dkk. (2018). Analisis Perbandingan Kekuatan Variasi Fraksi Volume Komposit Serat Ijuk terhadap Sifat Mekanis Komposit dengan Matriks Resin Epoksi. *SNITT- Politeknik Negeri Balikpapan*, 36-43.

Manurung, S. X., dkk. (2013). Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Serat Palem Saray dengan Matriks Poliester. *Journal Article Sainia Fisika*.

Milya, Ravika, dkk. (2022). Pengaruh Persentase Resin dan Katalis terhadap Kekuatan Tarik Komposit *Fiberglass*. *Vomek*, 4(3), 78 – 83.

Minah, Faidliyah Nilna, dkk. (2017). Karakterisasi Material Komposit Polimer Polistyrene dan Serat Tebu. *Industri Inovatif*, 7(1), 1-6.

Mohammed, R. A., dkk. (2020). *Erosive Wear Behavior of Jute Fiber / Polyester resin with Biowaste Materials*. IOP Publishing.

Nuryadi, dkk. (2017). *Dasar-dasar Statistik Penelitian*. Suku Media, Bantul, Yogyakarta.

Pascault, J. P., dkk. (2002). *Thermosetting Polymers*. Marcell Deker Inc, New York.

Perwara, A. S. (2021). Pengaruh Persentase Katalis terhadap Sifat Mekanis Komposit Bermatriks Resin *Polyester*. *Jurnal Teknologi Penerbangan*, 5(2), 6-13.

Purkuncoro, A. E. (2017). Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Serat Ijuk (*Arenga Pinata*) terhadap Kekuatan Tarik. *Transmisi*, 13(2), 167-178.

Rifa'i, M., dkk. (2021). Pengaruh Serat Pohon Sagu terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton. *Jurnal Smart Teknologi*, 1(1), 100-102.

Rusly, Muhammad., dkk. (2023). Analisis Uji Tarik Komposit Serat Batang Kelakai dengan Variasi Katalis untuk Pembuatan Material Bumper Mobil. *JoP*, 9(1), 43-48.

Samlawi, A. K., dkk. (2018). Pembuatan dan Karakterisasi Material Komposit Serat Ijuk (*Arenga Pinnata*) sebagai Bahan Baku *Cover Body* Sepeda Motor. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 3(2), 1-6.

SNI 01-4449-2006. Standar Nasional Indonesia Papan Serat. Badan Standarisai Nasional: 1-37.

SNI 03-1974-1990 2009. Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

SNI 1811, 2007, Helm Pengendara Kendaraan Bermotor Beroda Dua, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia.

SNI 2847-2013. 2019, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Sukoco, dan Untoro B, S. (2016). Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Serat Ijuk dengan Bahan Matriks Poliester. *Prosiding Seminar Nasional XI*, 298-303.

Suryanto, H. (2019). Biokomposit *Strach-Nanoclay*: Sintesis dan Karakterisasi. Malang, Universitas Negeri Malang.

Sya'roni, M. dan Tri Hartutuk Ningsih. (2021). Pengaruh Fraksi Volume Komposit Bambu terhadap Kekuatan Tekan dengan Metode *Hand Lay-Up* dan *Vacuum Bag*. JTM, 9(3), 69-74.

Tambunan, P. P., dkk. (2022). Analisa Teknis Papan Laminasi Serat Bambu Petung dengan Serat *Fiberglass Woven Roving* untuk Material Kulit Kapal. Jurnal Teknik Perkapalan, 10(2), 21-28.

Taufik, Citra Mardatillah, dan Astuti. (2014). Sintesis dan Karakterisasi Sifat Mekanik serta Struktur Mikro Komposit Resin yang Diperkuat Serat Daun Pandan Alas (*Pandanus Dubius*). Jurnal Fisika Unand, 3(1), 41-47.

Wisnujati, Andika dan Ferriawan Yudhanto. (2018). Analisis Kekuatan Mekanik *Exhaust Cover* Komposit *Hybrid* untuk Sepeda Motor Dengan Metode *Vacuum Infusion*. Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 7(1), 1-10.

Zhain, Akmal. (2020). Analisa Variasi Campuran Abu Boiler Dengan Resin dan Katalis terhadap Kerapatan dan Mikrostruktur terhadap *Pellet* Komposit. Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN

Lampiran A. Perhitungan

A.1. Fraksi Volume Serat

❖ Sampel Uji Tarik

$$\begin{aligned}\text{Volume sampel uji tarik} &= p \times l \times t \\ &= 25 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm} \times 0,3 \text{ cm} \\ &= 18,75 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{ijuk}} = 1,20151 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{\text{resin}} = 1,1 \text{ g/cm}^3$$

- $V_{\text{serat}} = 5 \%$

$$\begin{aligned}\text{Berat ijuk digunakan} &= V_{\text{ijuk}} \times \rho_{\text{ijuk}} \\ &= (\% V_{\text{serat}} \times V_{\text{sampel}}) \times \rho_{\text{ijuk}} \\ &= (5 \% \times 18,75 \text{ cm}^3) \times 1,20151 \text{ g/cm}^3 \\ &= 1,126 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat resin digunakan} &= V_{\text{resin}} \times \rho_{\text{resin}} \\ &= (\% V_{\text{resin}} \times V_{\text{sampel}}) \times \rho_{\text{resin}} \\ &= (100 \% - 5 \%) \times 18,75 \text{ cm}^3 \times 1,1 \text{ g/cm}^3 \\ &= 19,594 \text{ g}\end{aligned}$$

- $V_{\text{serat}} = 10 \%$

$$\begin{aligned}\text{Berat ijuk digunakan} &= V_{\text{ijuk}} \times \rho_{\text{ijuk}} \\ &= (\% V_{\text{serat}} \times V_{\text{sampel}}) \times \rho_{\text{ijuk}} \\ &= (10 \% \times 18,75 \text{ cm}^3) \times 1,20151 \text{ g/cm}^3 \\ &= 2,25 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat resin digunakan} &= V_{\text{resin}} \times \rho_{\text{resin}} \\ &= (\% V_{\text{resin}} \times V_{\text{sampel}}) \times \rho_{\text{resin}} \\ &= (100 \% - 10 \%) \times 18,75 \text{ cm}^3 \times 1,1 \text{ g/cm}^3 \\ &= 18,56 \text{ g}\end{aligned}$$

- $V_{\text{serat}} = 15 \%$

$$\begin{aligned}\text{Berat ijuk digunakan} &= V_{\text{ijuk}} \times \rho_{\text{ijuk}} \\ &= (\% V_{\text{serat}} \times V_{\text{sampel}}) \times \rho_{\text{ijuk}} \\ &= (15 \% \times 18,75 \text{ cm}^3) \times 1,20151 \text{ g/cm}^3 \\ &= 3,38 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Berat resin digunakan} &= V_{\text{resin}} \times \rho_{\text{resin}} \\
&= (\% V_{\text{resin}} \times V_{\text{sampel}}) \times \rho_{\text{resin}} \\
&= (100 \% - 15 \%) \times 18,75 \text{ cm}^3 \times 1,1 \text{ g/cm}^3 \\
&= 17,53 \text{ g}
\end{aligned}$$

❖ Sampel Uji Tekan

$$\begin{aligned}
\text{Volume sampel uji tekan} &= \pi r^2 t \\
&= \pi (0,635 \text{ cm})^2 \times 2,54 \text{ cm} \\
&= 3,217 \text{ cm}^3
\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{ijuk}} = 1,20151 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{\text{resin}} = 1,1 \text{ g/cm}^3$$

- $V_{\text{serat}} = 5 \%$

$$\begin{aligned}
\text{Berat ijuk digunakan} &= V_{\text{ijuk}} \times \rho_{\text{ijuk}} \\
&= (\% V_{\text{serat}} \times V_{\text{sampel}}) \times \rho_{\text{ijuk}} \\
&= (5 \% \times 3,217 \text{ cm}^3) \times 1,20151 \text{ g/cm}^3 \\
&= 0,19 \text{ g}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Berat resin digunakan} &= V_{\text{resin}} \times \rho_{\text{resin}} \\
&= (\% V_{\text{resin}} \times V_{\text{sampel}}) \times \rho_{\text{resin}} \\
&= (100 \% - 5 \%) \times 3,217 \text{ cm}^3 \times 1,1 \text{ g/cm}^3 \\
&= 3,36 \text{ g}
\end{aligned}$$

- $V_{\text{serat}} = 10 \%$

$$\begin{aligned}
\text{Berat ijuk digunakan} &= V_{\text{ijuk}} \times \rho_{\text{ijuk}} \\
&= (\% V_{\text{serat}} \times V_{\text{sampel}}) \times \rho_{\text{ijuk}} \\
&= (10 \% \times 3,217 \text{ cm}^3) \times 1,20151 \text{ g/cm}^3 \\
&= 0,386 \text{ g}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Berat resin digunakan} &= V_{\text{resin}} \times \rho_{\text{resin}} \\
&= (\% V_{\text{resin}} \times V_{\text{sampel}}) \times \rho_{\text{resin}} \\
&= (100 \% - 10 \%) \times 3,217 \text{ cm}^3 \times 1,1 \text{ g/cm}^3 \\
&= 3,184 \text{ g}
\end{aligned}$$

- $V_{\text{serat}} = 15 \%$

$$\text{Berat ijuk digunakan} = V_{\text{ijuk}} \times \rho_{\text{ijuk}}$$

$$\begin{aligned}
&= (\% V_{\text{serat}} \times V_{\text{sampel}}) \times \rho_{\text{ijuk}} \\
&= (15 \% \times 3,217 \text{ cm}^3) \times 1,20151 \text{ g/cm}^3 \\
&= 0,58 \text{ g}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Berat resin digunakan} &= V_{\text{resin}} \times \rho_{\text{resin}} \\
&= (\% V_{\text{resin}} \times V_{\text{sampel}}) \times \rho_{\text{resin}} \\
&= (100 \% - 15 \%) \times 3,217 \text{ cm}^3 \times 1,1 \text{ g/cm}^3 \\
&= 3 \text{ g}
\end{aligned}$$

A.2. Persentase Katalis

❖ Sampel Uji Tarik

- $V_{\text{resin}} = 95 \%$
 Perbandingan katalis = 10 : 0,5
 $V_{\text{katalis}} = \left(\frac{0,5}{10}\right) \times 19,594 \text{ g}$
 $= 0,98 \text{ g}$
 Perbandingan katalis = 10 : 1
 $V_{\text{katalis}} = \left(\frac{1}{10}\right) \times 19,594 \text{ g}$
 $= 1,96 \text{ g}$
 Perbandingan katalis = 10 : 1,5
 $V_{\text{katalis}} = \left(\frac{1,5}{10}\right) \times 19,594 \text{ g}$
 $= 2,9 \text{ g}$
- $V_{\text{resin}} = 90 \%$
 Perbandingan katalis = 10 : 0,5
 $V_{\text{katalis}} = \left(\frac{0,5}{10}\right) \times 18,56 \text{ g}$
 $= 0,92 \text{ g}$
 Perbandingan katalis = 10 : 1
 $V_{\text{katalis}} = \left(\frac{1}{10}\right) \times 18,56 \text{ g}$
 $= 1,85 \text{ g}$
 Perbandingan katalis = 10 : 1,5
 $V_{\text{katalis}} = \left(\frac{1,5}{10}\right) \times 18,56 \text{ g}$

$$= 2,78 \text{ g}$$

- Vresin = 85 %
- Perbandingan katalis = 10 : 0,5
- Vkatalis = $(\frac{0,5}{10}) \times 17,53 \text{ g}$
- = 0,87 g
- Perbandingan katalis = 10 : 1
- Vkatalis = $(\frac{1}{10}) \times 17,53 \text{ g}$
- = 1,75 g
- Perbandingan katalis = 10 : 1,5
- Vkatalis = $(\frac{1,5}{10}) \times 17,53 \text{ g}$
- = 2,63 g

❖ **Sampel Uji Tekan**

- ❖ Vresin = 95 %
- Perbandingan katalis = 10 : 0,5
- Vkatalis = $(\frac{0,5}{10}) \times 3,36 \text{ g}$
- = 0,168 g
- Perbandingan katalis = 10 : 1
- Vkatalis = $(\frac{1}{10}) \times 3,36 \text{ g}$
- = 0,336 g
- Perbandingan katalis = 10 : 1,5
- Vkatalis = $(\frac{1,5}{10}) \times 3,36 \text{ g}$
- = 0,5 g
- ❖ Vresin = 90 %
- Perbandingan katalis = 10 : 0,5
- Vkatalis = $(\frac{0,5}{10}) \times 3,184 \text{ g}$
- = 0,16 g
- Perbandingan katalis = 10 : 1

$$\begin{aligned} V_{\text{katalis}} &= \left(\frac{1}{10}\right) \times 3,184 \text{ g} \\ &= 0,318 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\text{Perbandingan katalis} = 10 : 1,5$$

$$\begin{aligned} V_{\text{katalis}} &= \left(\frac{1,5}{10}\right) \times 3,184 \text{ g} \\ &= 0,4776 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\text{❖ Vresin} = 85 \%$$

$$\text{Perbandingan katalis} = 10 : 0,5$$

$$\begin{aligned} V_{\text{katalis}} &= \left(\frac{0,5}{10}\right) \times 3 \text{ g} \\ &= 0,15 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\text{Perbandingan katalis} = 10 : 1$$

$$\begin{aligned} V_{\text{katalis}} &= \left(\frac{1}{10}\right) \times 3 \text{ g} \\ &= 0,3 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\text{Perbandingan katalis} = 10 : 1,5$$

$$\begin{aligned} V_{\text{katalis}} &= \left(\frac{1,5}{10}\right) \times 3 \text{ g} \\ &= 0,45 \text{ g} \end{aligned}$$

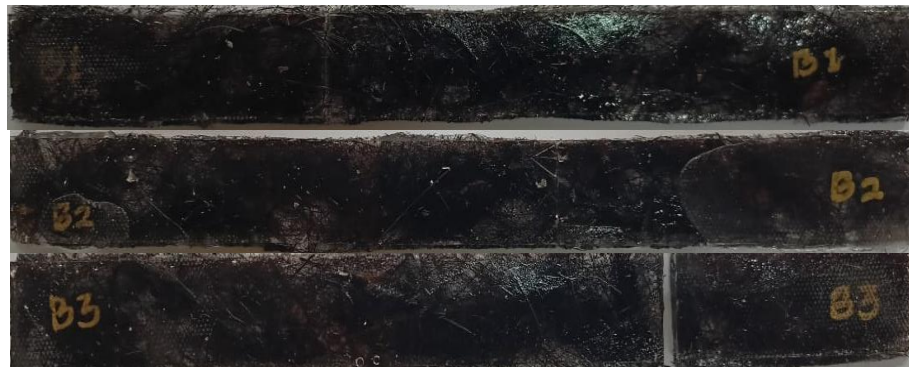
LAMPIRAN B
DATA DAN HASIL PENELITIAN

Lampiran B Data dan Hasil

B.1 Sampel Uji Tarik



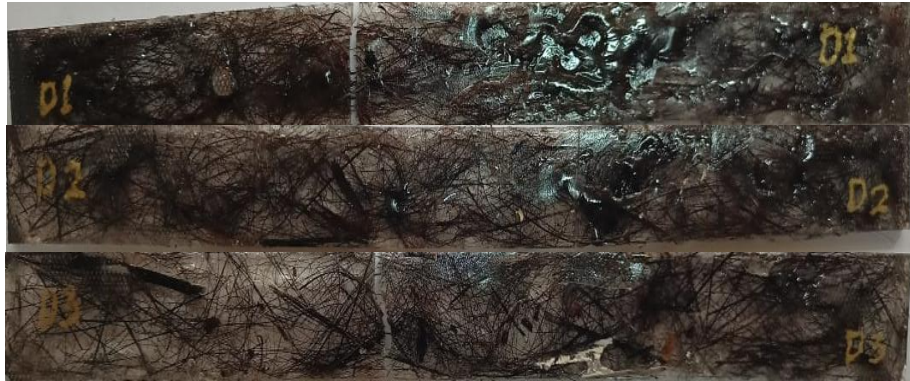
Gambar B.1 Sampel Uji Tarik A



Gambar B.2 Sampel Uji Tarik B



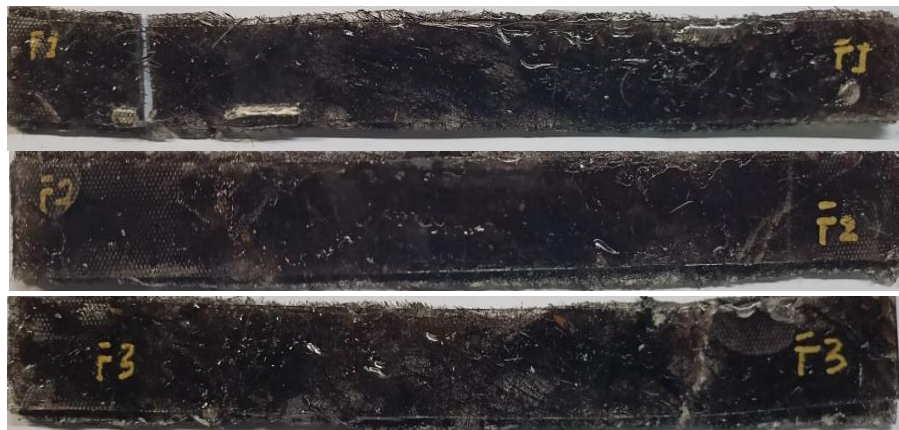
Gambar B.3 Sampel Uji Tarik C



Gambar B.4 Sampel Uji Tarik D



Gambar B.5 Sampel Uji Tarik E



Gambar B.6 Sampel Uji Tarik F



Gambar B.7 Sampel Uji Tarik G



Gambar B.8 Sampel Uji Tarik H



Gambar B.9 Sampel Uji Tarik I

B.2 Sampel Uji Tekan



Gambar B.10 Sampel Uji Tekan A



Gambar B.11 Sampel Uji Tekan B



Gambar B.12 Sampel Uji Tekan C



Gambar B.13 Sampel Uji Tekan D



Gambar B.14 Sampel Uji Tekan E



Gambar B.15 Sampel Uji Tekan F



Gambar B.16 Sampel Uji Tekan G



Gambar B.17 Sampel Uji Tekan H



Gambar B.18 Sampel Uji Tekan I

B.3 Data Komposisi Komposit

Tabel B.1 Data Komposisi Komposisi Uji Tarik

Fraksi Volume Serat (%) dan Variasi Katalis	Berat (g)		
	Serat	Resin	Katalis
5% (10 : 0,5)	1,12	19,62	1,90
10% (10 : 0,5)	2,25	18,56	0,92
15% (10 : 0,5)	3,40	17,58	0,87
5% (10 : 1)	1,12	19,63	1,91
10% (10 : 1)	2,26	18,56	0,91
15% (10 : 1)	3,38	17,56	0,86
5% (10 : 1,5)	1,12	19,61	1,91
10% (10 : 1,5)	2,25	18,57	0,92
15% (10 : 1,5)	3,39	17,58	0,86

Tabel B.2 Data Komposisi Komposisi Uji Tekan

Fraksi Volume Serat (%) dan Variasi Katalis	Berat (g)		
	Serat	Resin	Katalis
5% (10 : 0,5)	0,22	3,35	0,16

10% (10 : 0,5)	0,37	3,18	0,16
15% (10 : 0,5)	0,58	3	0,15
5% (10 : 1)	0,19	3,36	0,33
10% (10 : 1)	0,38	3,17	0,31
15% (10 : 1)	0,58	3,01	0,3
5% (10 : 1,5)	0,19	3,36	0,5
10% (10 : 1,5)	0,38	3,18	0,47
15% (10 : 1,5)	0,58	3,02	0,45

B.4 Data Hasil Uji Tarik

Tabel B.3 Hasil Uji Tarik

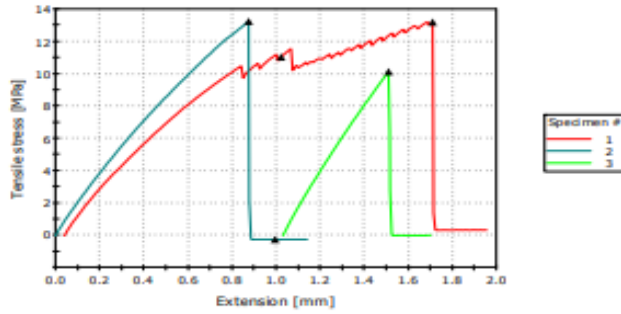
A	B	C	D	E	F	G	H	I
13,19	16,37	17,25	10	21,88	8,92	3,97	15,65	14,71
10,13	21,42	16,58	10,74	12,64	12,66	5,42	9,65	3,6
13,23	15,03	13,01	12,23	17,63	10,36	2,16	9,89	10,18

TEST REPORT



Specimen test input_1	
Report Number	081/EKT/UNT/07/23
Operator Name	AF
Material	Composite 10:0.5 5%
Specification	
Test Method	ASTM D3039
Humidity	69. %
Temperature	25. C
Rate	5.00 mm/min

Specimen 1 to 3



	Width [mm]	Thickness [mm]	Max Load [N]	Tensile stress (MPa)	Tensile stress at Yield [MPa]	Tensile strain (Extension) at Maximum Load [%]	Modulus 1 [GPa]	Code
1	25.50	2.52	1312.28	51.28	19.12	5.333	8.395	81
2	25.50	2.50	1023.95	40.15	20.22	4.205	8.385	82
3	25.50	2.52	1072.58	42.14	9.15	4.313	8.372	83
Mean								
Minimum								
Maximum								

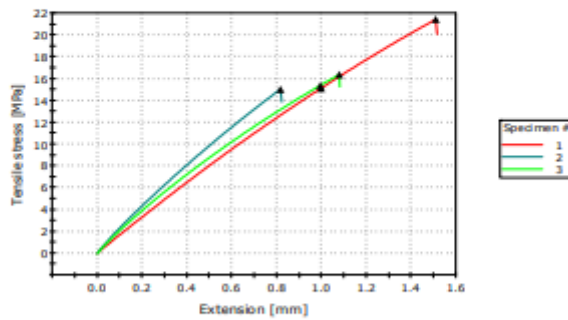
Gambar B.1 Uji Tarik Spesimen A

TEST REPORT



Specimen test input_1	
Report Number	082/EKT/UNT/07/23
Operator Name	AF
Material	Composite 10:0.5 10%
Specification	
Test Method	ASTM D3039
Humidity	69. %
Temperature	25. C
Rate	5.00 mm/min

Specimen 1 to 3



	Width [mm]	Thickness [mm]	Max Load [N]	Tensile stress (MPa)	Tensile stress at Yield [MPa]	Tensile strain (Extension) at Maximum Load [%]	Modulus 1 [GPa]	Code
1	25.50	2.50	1921.40	75.27	15.22	4.913	8.392	84
2	25.50	2.50	1637.72	64.22	15.22	4.788	8.389	85
3	25.50	2.50	1350.45	52.95	15.22	4.663	8.387	86
Mean								
Minimum								
Maximum								

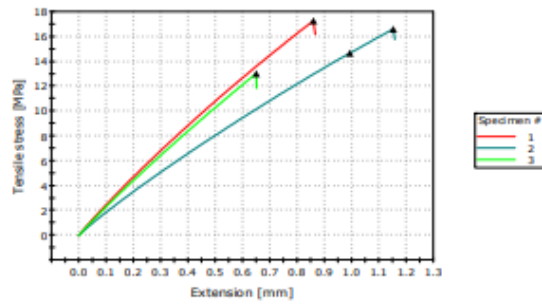
Gambar B.2 Uji Tarik Spesimen B

TEST REPORT



Specimen test.instr_1	
Report Number	003/EKT/UNT/07/23
Operator Name	AF
Material	Composite 10:0.5 15%
Specification	
Test Method	ASTM D3039
Humidity	60. %
Temperature	25. C
Rate	5.00 mm/min

Specimen 1 to 3



Walls [mm]	Thickness [mm]	Max Load [N]	Tensile stress [MPa]	Tensile stress at Yield [MPa]	Tensile strain (Strainmax) at Maximum Load [%]	Modulus 1 [GPa]	Code	
25.20	1.87	1551.00	16.80	12.00	7.61	1.200	01	
25.20	1.79	1514.00	16.30	12.00	7.26	1.220	02	
25.20	1.82	1522.11	16.31	12.00	7.27	1.200	03	
Mean	25.20	1.52	1522.11	16.31	12.00	7.27	1.200	
Minimum	25.20	1.82	1514.00	16.31	12.00	7.26	1.200	

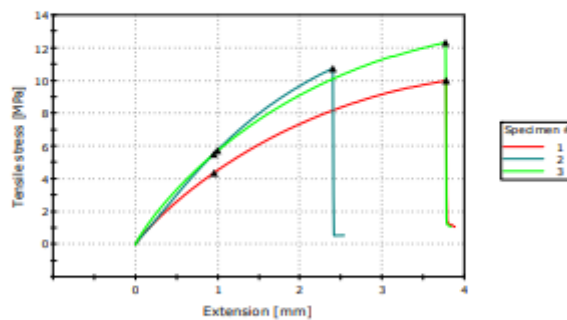
Gambar B.3 Uji Tarik Spesimen C

TEST REPORT



Specimen test.instr_1	
Report Number	004/EKT/UNT/07/23
Operator Name	AF
Material	Composite 10:1 5%
Specification	
Test Method	ASTM D3039
Humidity	60. %
Temperature	25. C
Rate	5.00 mm/min

Specimen 1 to 3



Walls [mm]	Thickness [mm]	Max Load [N]	Tensile stress [MPa]	Tensile stress at Yield [MPa]	Tensile strain (Strainmax) at Maximum Load [%]	Modulus 1 [GPa]	Code
25.20	1.87	1015.00	10.60	7.10	4.10	0.110	01
25.20	1.79	1110.00	11.50	7.10	4.20	0.110	02
25.20	1.82	1070.00	11.20	7.10	4.10	0.110	03
Mean	25.20	1.00	1070.00	7.10	4.10	0.110	
Minimum	25.20	1.82	1070.00	7.10	4.10	0.110	

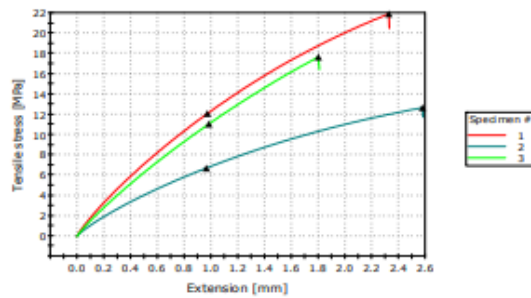
Gambar B.4 Uji Tarik Spesimen D

TEST REPORT



Specimen text input 1	
Report Number	085/EKT/UNT/07/23
Operator Name	AF
Material	Composite 10:1 10%
Specification	
Test Method	ASTM D3039
Humidity	60. %
Temperature	25. C
Rate	5.00 mm/min

Specimen 1 to 3



	Width [mm]	Thickness [mm]	Max Load [N]	Tensile stress (MPa)	Tensile stress at Yield [MPa]	Tensile strain (Extension) at Maximum Load [%]	Modulus 1 [GPa]	Code
1	25.37	1.31	2010.77	15.38	12.07	6.209	0.214	11
2	25.26	1.29	1522.84	11.78	11.01	4.189	0.204	12
3	25.36	1.31	1200.83	9.04	11.07	4.189	0.213	13
Mean								
Minimum	24.96	1.27	1200.83	9.04	11.07	4.189	0.213	

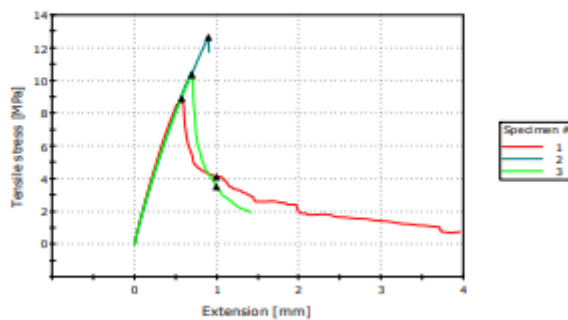
Gambar B.5 Uji Tarik Spesimen E

TEST REPORT



Specimen text input 1	
Report Number	086/EKT/UNT/07/23
Operator Name	AF
Material	Composite 10:1 15%
Specification	
Test Method	ASTM D3039
Humidity	60. %
Temperature	25. C
Rate	5.00 mm/min

Specimen 1 to 3



	Width [mm]	Thickness [mm]	Max Load [N]	Tensile stress (MPa)	Tensile stress at Yield [MPa]	Tensile strain (Extension) at Maximum Load [%]	Modulus 1 [GPa]	Code
1	25.35	1.29	112.78	4.45	3.75	0.129	0.129	14
2	25.35	1.29	100.80	3.96	3.11	0.129	0.129	15
3	25.35	1.28	100.70	3.94	3.12	0.129	0.129	16
Mean								
Minimum	24.98	1.23	100.80	3.96	3.11	0.129	0.129	

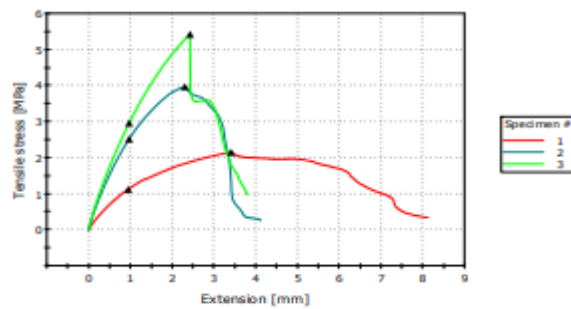
Gambar B.6 Uji Tarik Spesimen F

TEST REPORT



Specimen test input_1	
Report Number	087/EXT/UNT/07/23
Operator Name	AF
Material	Composite 10:1.5:5%
Specification	
Test Method	ASTM D3039
Humidity	69. %
Temperature	25. C
Rate	5.00 mm/min

Specimen 1 to 3



	Width [mm]	Thickness [mm]	Max Load [N]	Tensile stress at Yield [MPa]	Tensile stress at Yield [MPa]	Tensile stress (Extension) at Maximum Load [%]	Modulus 1 [GPa]	Code
1	25.00	2.27	200.00	1.20	1.20	1.20	0.232	001
2	25.00	2.27	390.00	1.70	1.70	1.70	0.232	002
3	25.00	2.27	300.00	1.30	1.30	1.30	0.232	003
Mean								
Minimum								
Maximum								

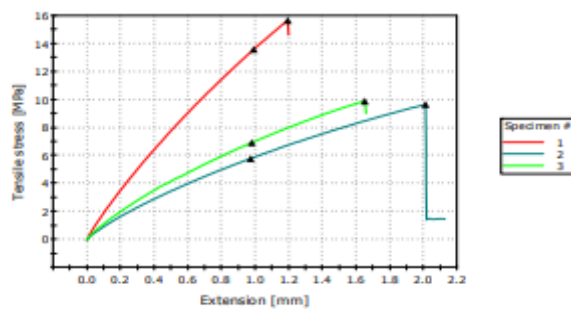
Gambar B.7 Uji Tarik Spesimen G

TEST REPORT



Specimen test input_1	
Report Number	087/EXT/UNT/07/23
Operator Name	AF
Material	Composite 10:1.5:10%
Specification	
Test Method	ASTM D3039
Humidity	69. %
Temperature	25. C
Rate	5.00 mm/min

Specimen 1 to 3



	Width [mm]	Thickness [mm]	Max Load [N]	Tensile stress at Yield [MPa]	Tensile stress at Yield [MPa]	Tensile stress (Extension) at Maximum Load [%]	Modulus 1 [GPa]	Code
1	25.00	1.60	1500.00	6.19	6.19	6.19	0.357	001
2	25.00	1.60	1100.00	4.38	4.38	4.38	0.357	002
3	25.00	1.60	1200.00	4.74	4.74	4.74	0.357	003
Mean								
Minimum								
Maximum								

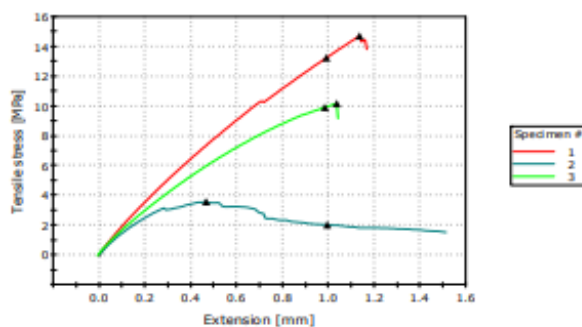
Gambar B.8 Uji Tarik Spesimen H

TEST REPORT



Specimen text input_1	
Report Number	089/EXT/UNT/07/23
Operator Name	AF
Material	Composite 10:1.5.15%
Specification	
Test Method	ASTM D3039
Humidity	60. %
Temperature	25. C
Rate	5.00 mm/min

Specimen 1 to 3



	Width [mm]	Thickness [mm]	Max Load [N]	Tensile stress at Yield [MPa]	Tensile stress at Yield [MPa]	Tensile strain (Elongation) at Maximum Load [%]	Modulus 1 [GPa]	Code
1	25.20	1.25	1820.78	21.92	17.24	2.200	0.029	01
2	25.20	1.25	1017.65	2.76	8.10	3.020	0.080	02
3	25.20	1.25	1121.89	0.20	8.11	1.211	0.020	03
Mean								
Minimum								
Maximum								

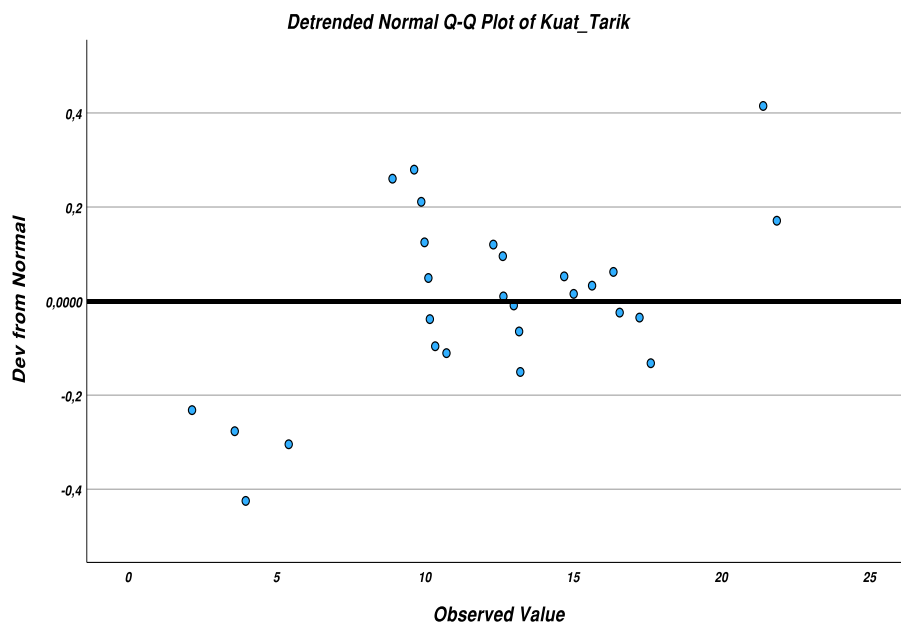
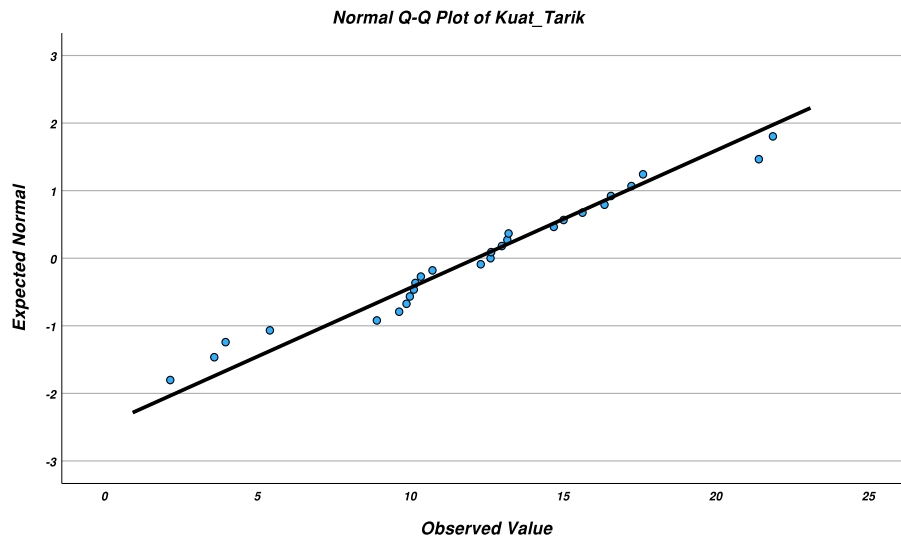
Gambar B.9 Uji Tarik Spesimen I

B.5 Data Hasil Uji Normalitas Kuat Tarik Variasi Katalis

Tabel B.4 Hasil Uji Normalitas Kuat Tarik Variasi Katalis

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kuat_Tarik	,119	27	,200*	,970	27	,600



B.6 Data Hasil Uji Homogenitas Kuat Tarik Variasi Katalis

Tabel B.5 Hasil Uji Homogenitas Kuat Tarik Variasi Katalis

Tests of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Kuat_Tarik Based on Mean	1,111	2	24	,346

Based on Median	,756	2	24	,481
Based on Median and with adjusted df	,756	2	21,582	,482
Based on trimmed mean	1,115	2	24	,344

B.7 Data Hasil Uji ANOVA Kuat Tarik Variasi Katalis

Tabel B.6 Deskripsi ANOVA Kuat Tarik Variasi Katalis

Descriptives

Kuat_Tarik

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
,50	9	15,1344	3,25147	1,08382	12,6351	17,6337	10,13
1,00	9	13,0167	4,16413	1,38804	9,8158	16,2175	8,92
1,50	9	8,3589	4,87080	1,62360	4,6149	12,1029	2,16
Total	27	12,1700	4,91997	,94685	10,2237	14,1163	2,16

Tabel B.7 Hasil Uji ANOVA Kuat Tarik Variasi Katalis

ANOVA

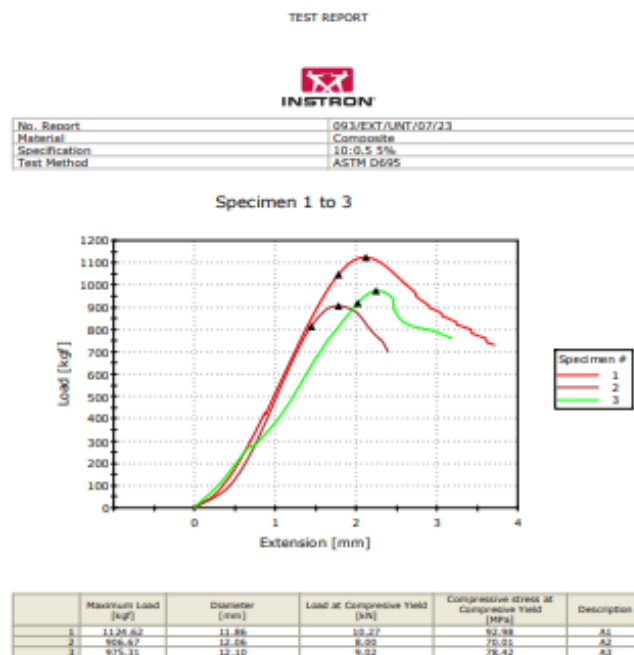
Kuat_Tarik

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	216,264	2	108,132	6,282	,006
Within Groups	413,094	24	17,212		
Total	629,358	26			

B.8 Data Hasil Uji Tekan

Tabel B.8 Hasil Uji Tekan

A	B	C	D	E	F	G	H	I
92,98	80,73	68,38	69,61	60,44	67,96	44,35	48,38	42,88
70,01	76,04	66,21	66,01	70,11	64,93	51,38	46,17	59,67
78,42	21,77	42,71	60,47	66,08	41,94	52,73	51,66	44,9



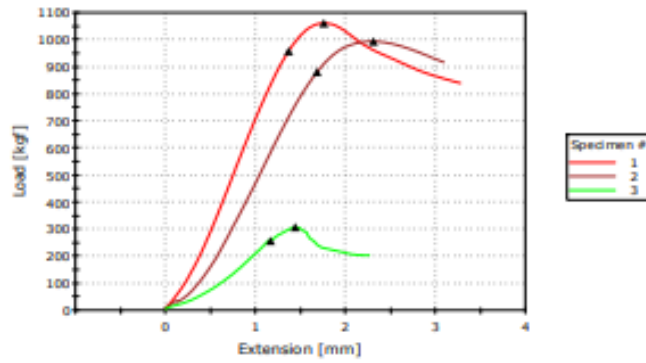
Gambar B.10 Uji Tekan Spesimen A

TEST REPORT



No. Report	094/EKT/UNT/07/23
Material	Composite
Specification	10-0,5 10%
Test Method	ASTM D695

Specimen 1 to 3



	Maximum Load [kgf]	Diameter [mm]	Load at Compressive Yield [kN]	Compressive stress at Compressive Yield [MPa]	Description
1	1051,26	12,17	9,39	80,73	B1
2	951,97	12,02	8,64	76,24	B2
3	309,34	12,18	2,74	23,77	B3

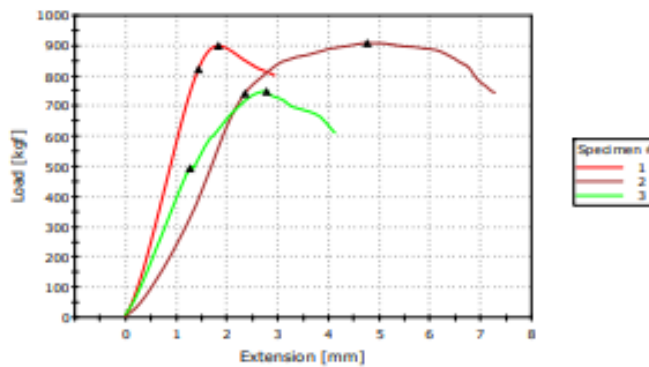
Gambar B.11 Uji Tekan Spesimen B

TEST REPORT



No. Report	095/EKT/UNT/07/23
Material	Composite
Specification	10-0,5 15%
Test Method	ASTM D695

Specimen 1 to 3



	Maximum Load [kgf]	Diameter [mm]	Load at Compressive Yield [kN]	Compressive stress at Compressive Yield [MPa]	Description
1	900,21	12,26	8,07	66,28	C1
2	850,01	11,82	7,28	66,21	C2
3	749,69	12,04	6,66	55,71	C3

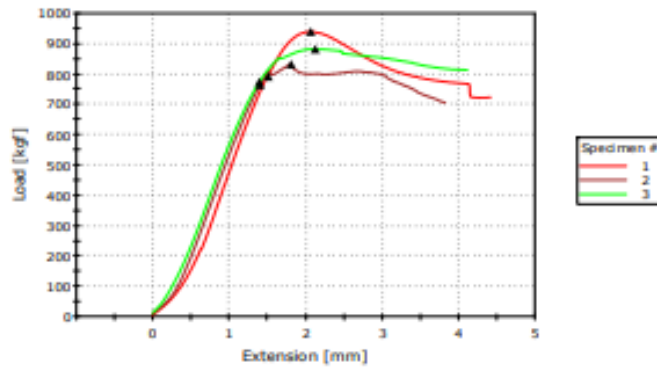
Gambar B.12 Uji Tekan Spesimen C

TEST REPORT



No. Report	096/EXT/UNT/02/23
Material	Composite
Specification	10:1 5%
Test Method	ASTM D695

Specimen 1 to 3



	Maximum Load [kgf]	Diameter [mm]	Load at Compressive Yield [kN]	Compressive Stress at Compressive Yield [MPa]	Description
1	978.25	11.92	7.77	65.62	D1
2	832.36	12.93	7.55	58.32	D2
3	892.17	12.84	7.99	60.92	D3

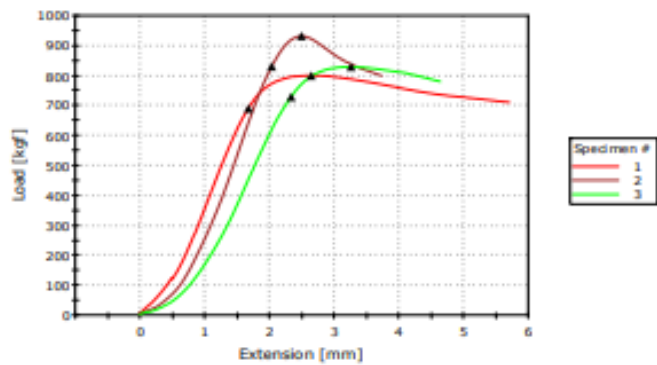
Gambar B.13 Uji Tekan Spesimen D

TEST REPORT



No. Report	097/EXT/UNT/02/23
Material	Composite
Specification	10:1 10%
Test Method	ASTM D695

Specimen 1 to 3



	Maximum Load [kgf]	Diameter [mm]	Load at Compressive Yield [kN]	Compressive Stress at Compressive Yield [MPa]	Description
1	920.42	11.95	6.78	56.69	E1
2	931.62	12.18	6.19	50.82	E2
3	829.41	11.74	7.13	60.39	E3

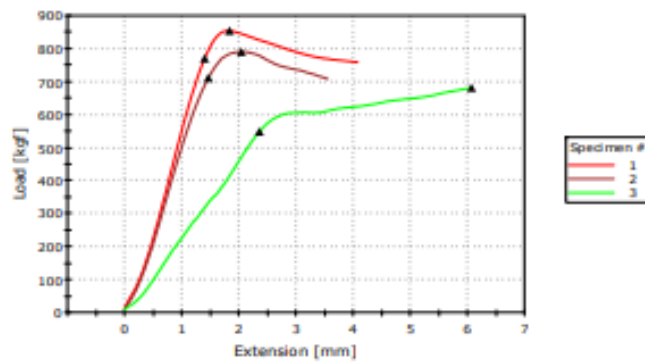
Gambar B.14 Uji Tekan Spesimen E

TEST REPORT



No. Report	098/EKT/UNT/07/23
Material	Composite
Specification	10:1.15%
Test Method	ASTM D695

Specimen 1 to 3



	Maximum Load [kgf]	Diameter [mm]	Load at Compressive Yield [kN]	Compressive stress at Compressive Yield [MPa]	Description
1	854.44	11.80	7.58	67.86	01
2	790.81	11.70	6.98	65.83	02
3	681.73	12.79	5.28	41.84	03

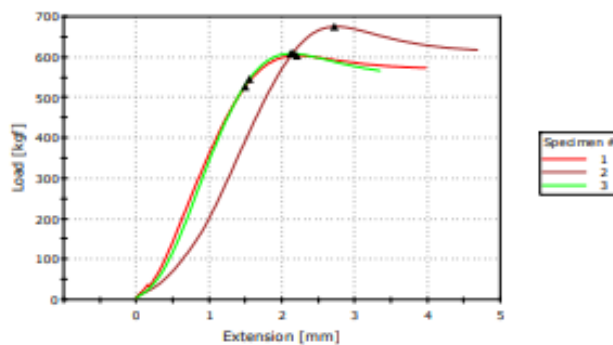
Gambar B.15 Uji Tekan Spesimen F

TEST REPORT



No. Report	098/EKT/UNT/07/23
Material	Composite
Specification	10:1.5.5%
Test Method	ASTM D695

Specimen 1 to 3



	Maximum Load [kgf]	Diameter [mm]	Load at Compressive Yield [kN]	Compressive stress at Compressive Yield [MPa]	Description
1	603.69	12.18	5.17	48.25	01
2	675.11	14.18	5.39	51.88	02
3	658.38	11.37	5.35	52.72	03

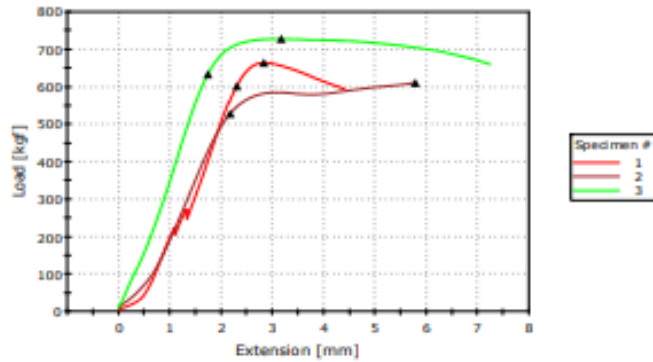
Gambar B.16 Uji Tekan Spesimen G

TEST REPORT



No. Report	100/EXT/UNT/02/23
Material	Composite
Specification	10:1.5 1.0%
Test Method	ASTM D695

Specimen 1 to 3



	Maximum Load [kgf]	Diameter [mm]	Load at Compressive Yield [kN]	Compressive stress at Compressive Yield [MPa]	Description
1	584.24	12.47	5.91	48.38	H1
2	610.82	11.98	5.28	46.17	H2
3	727.82	12.38	6.22	51.66	H3

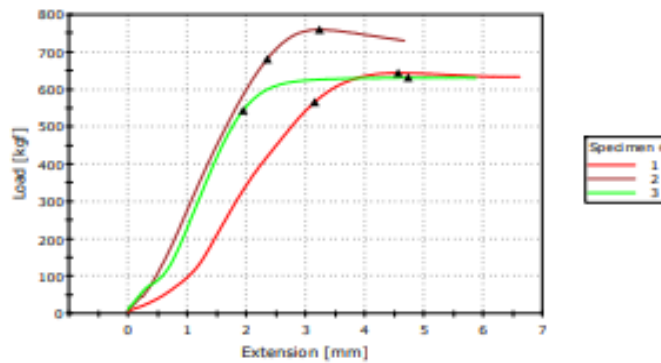
Gambar B.17 Uji Tekan Spesimen H

TEST REPORT



No. Report	101/EXT/UNT/02/23
Material	Composite
Specification	10:1.5 1.5%
Test Method	ASTM D695

Specimen 1 to 3



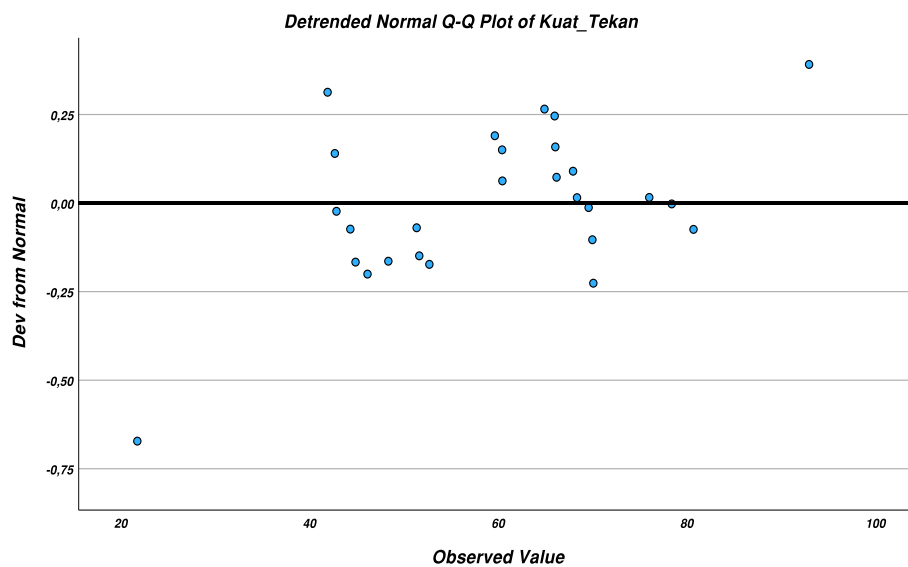
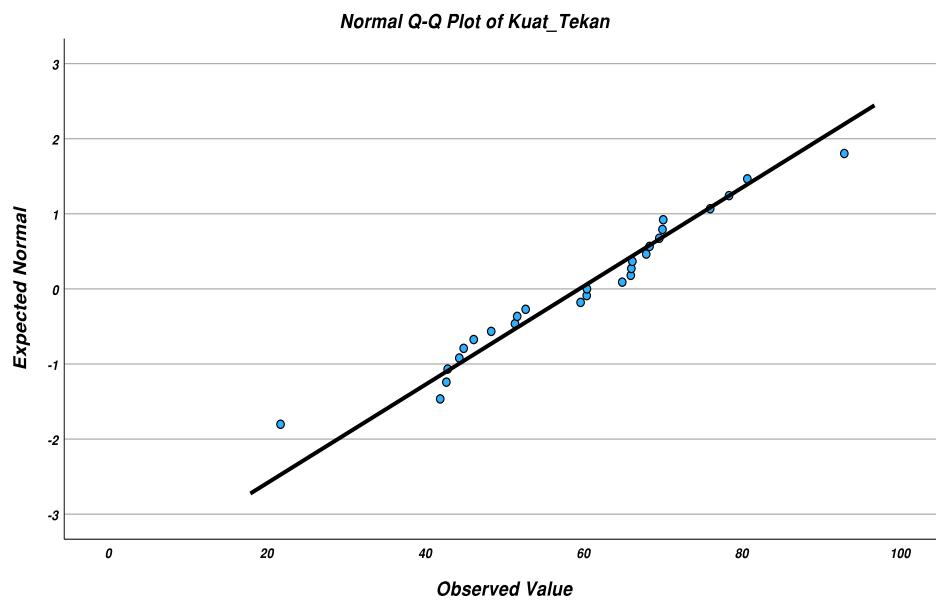
	Maximum Load [kgf]	Diameter [mm]	Load at Compressive Yield [kN]	Compressive stress at Compressive Yield [MPa]	Description
1	641.24	12.81	5.55	42.88	I1
2	758.88	12.94	6.88	55.87	I2
3	631.99	12.30	5.32	44.92	I3

Gambar B.18 Uji Tekan Spesimen I

B.9 Data Hasil Uji Normalitas Kuat Tekan Variasi Katalis

Tabel B.9 Hasil Uji Normalitas Kuat Tekan Variasi Katalis

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kuat_Tekan	,120	27	,200*	,971	27	,635



B.10 Data Hasil Uji Homogenitas Kuat Tekan Variasi Katalis

Tabel B.10 Hasil Uji Homogenitas Kuat Tekan Variasi Katalis

Tests of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2
Kuat_ Tekan Based on Mean	3,805	2	24
Based on Median	2,741	2	24
Based on Median and with adjusted df	2,741	2	12,094
Based on trimmed mean	3,418	2	24

B.11 Data Hasil Uji ANOVA Kuat Tekan

Tabel B.11 Deskripsi ANOVA Kuat Tekan Variasi Katalis

Descriptives

Kuat_Tekan

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
,50	9	66,361	21,56178	7,1872	49,7873	82,9350	21,77
	1			6			

1,00	9	63,061	8,64264	2,8808	56,4178	69,7044	41,94
	1			8			
1,50	9	49,124	5,29909	1,7663	45,0512	53,1977	42,88
	4			6			
Total	27	59,515	15,25193	2,9352	53,4821	65,5490	21,77
l	6			4			

Tabel B.12 Hasil Uji ANOVA Kuat Tekan Variasi Katalis

ANOVA

Kuat_Tekan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1506,670	2	753,335	3,981	,032
Within Groups	4541,488	24	189,229		
Total	6048,158	26			

LAMPIRAN C
GAMBAR ALAT DAN BAHAN

Lampiran C. Gambar Alat dan Bahan

C.1 Gambar Alat



Gambar C.1 Alas Cetakan



Gambar C.2 *Bagging Film*



Gambar C.3 Cetakan



Gambar C.4 Connection T



Gambar C.5 Gunting



Gambar C.6 Kape



Gambar C.7 Kuas



Gambar C.8 Mesin Uji Tarik



Gambar C.9 Mesin Uji Tekan



Tekan **Gambar C.10** *Opp Tape*



Gambar C.11 *Peel Ply*



Gambar C.12 pengaduk



Gambar C.13 Penggaris



Gambar C.14 Pompa Vakum



Gambar C.15 *Resin Trap*



Gambar C.16 Sarung Tangan



Gambar C.17 Sealant Tape



Gambar C.18 Selang



Gambar C.19 Timbangan Digital

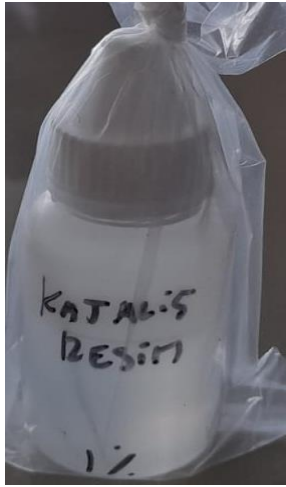


Gambar C.20 Tempat *Gelcoat*



Gambar C.21 Wadah

C.2 Gambar Bahan



Gambar C.22 Katalis



Gambar C.23 Larutan NaOH



Gambar C.24 Resin *Polyester*



Gambar C.25 Serat Ijuk



Gambar C.26 Wax