

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Komposit

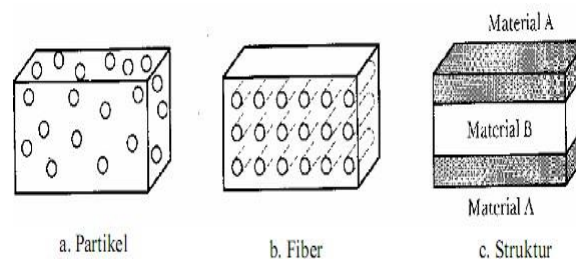
Kata komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Jadi komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari beberapa material pada skala mikroskopik untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat. Adapun sifat maupun karakteristik Dari komposit ditentukan oleh: (*pramono, A, 1989*).

Komposit adalah sistem yang tersusun melalui pencampuran dua material atau lebih yang berbeda, dalam bentuk dan komposisi material yang tidak larut satu sama lain (*Rahmat Iskandar Fajri 2013*). Pada umumnya bahan komposit adalah bahan yang memiliki beberapa sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya. Dalam pengertian ini sudah tentu kombinasi tersebut tidak terbatas pada bahan matriksnya (*Surdia T dan Saito,S 1985*).

1. Material yang menjadi penyusun komposit, karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun, menurut *rule ofmixture* sehingga hasilnya akan berbanding secara proposional
2. Bentuk dan penyusunan structural dari komposit, bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit.
3. Interaksi antar penyusun bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposisi itu.

Fungsi umum serat pada komposit adalah untuk memperkuat, sehingga dapat memperoleh produk yang lebih kuat dan kokoh. Selain itu juga untuk mengurangi penggunaan resin (*Erri ningsi dkk 2011*). Pada penelitian ini bertujuan untuk membuat komposisi dan menguji material komposit dengan uji bending dan struktur mikro untuk membandingkan uji tersebut dengan bahan kayu pada peralatan yang lazim digunakan seperti gerobak dan lainnya (*Hartanto 2019*). Sehingga bilah dari hasil penelitian terbukti bahwa material tersebut cocok untuk memproduksi bentuk menggantikan bahan kayu pada gerobak jenis baru yang memiliki karakteristik yang lebih baik daripada sebelumnya.

Adapun ilustrasi material komposit berdasarkan penguatnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.1 Ilustrasi Komposit Berdasarkan jenisPenguatnya

Sumber : (Pramono, A, 1989)

2.2 Jenis Material Komposit

Komposit didefinisikan sebagai material yang terdiri dua atau lebih material penyusun yang berbeda, umumnya matriks dan penguat (*reinforcement*). Matriks dapat didefinisikan sebagai atau bagian dari komposit yang berfungsi sebagai pengikat penguat yang satu dengan yang lain serta mendistribusikan dengan baik beban yang diterima oleh komposit ke penguat.

Dalam sistem komposit diperlukan dua macam material yang digunakan sebagai penyusun. komposit tidak saling melarutkan ataupun bergabung satu sama lain dengan sempurna, akan tetapi bertindak Bersama-sama (Schwartz, 1984).

A. Berdasarkan jenis penguatnya komposit dibagi menjadi:

Komposit berpenguat serat di bedakan menjadi beberapa bagian antara lain:

1. Komposit Serat Kontinu (*Continuous Fiber Composites*)

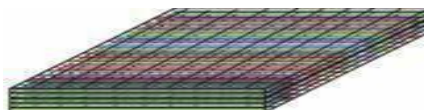
Komposit yang diperkuat dengan serat secara berurutan (*Continuous*) memiliki susunan serat panjang dan lurus membentuk lamina diantara matriksnya.



Gambar 2.2 *Continuous Fiber Composites*
Sumber: (Gibson, 1949)

2. Komposit Serat Tenun (*Woven Fiber Composites*)

Komposit yang diperkuat dengan serat anyaman dan komposit ini tidak terpengaruh pemisahan antar lapisan, akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan serta kekauannya tidak sebaik tipe *Continuous Fiber*.



Gambar 2.3 *Woven Fiber Composites*
sumber: (Gibson, 1949)

3. Komposit Serat Cincang (*Chopped Fiber Composites*)

Komposit yang diperkuat dengan serat yang dipotong pendek atau disusun secara acak.



Gambar 2.4 *Chopped Fiber Composites*
 sumber: (Gibson, 1949)

4. Komposit Hibrida (*Hybrid Composites*)

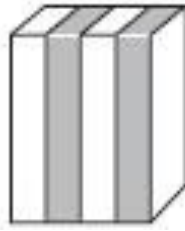
Komposit yang diperkuat dengan beberapa gabungan serat yaitu serat secara *continuous* dengan serat secara acak. Pertimbangannya agar dapat meminimalisir kekurangan sifat dari kedua tipe dan menggabungkannya menjadi satu.



Gambar 2.5 *Hybrid Composites*
 sumber: (Gibson, 1949)

5. Komposit lapis (*laminated composite*)

Komposit yang terdiri dari lapisan dan bahan penguat, contohnya *polywood*, *laminated glass* yang sering digunakan sebagai bahan bangunan dan kelengkapannya.

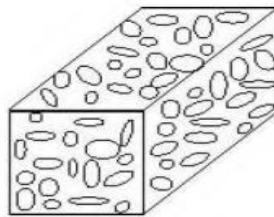


Gambar 2.6 Komposit Berpenguat Lamina

Sumber: (Gibson, 1994)

6. Komposit partikel (*particulate composite*)

Komposit yang terdiri dari partikel dan bahan penguat seperti butiran (batu dan pasir) yang diperkuat dengan semen yang sering kita jumpai sebagai beton. Komposit partikel ditunjukkan pada gambar 2.3 sebagai berikut:

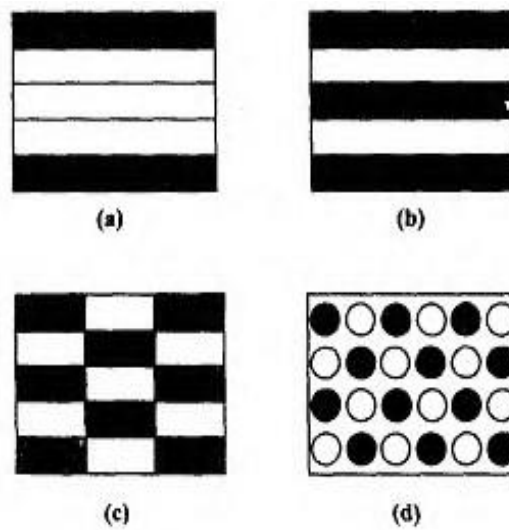


Gambar 2.7 Komposit Berpenguat Partikel

Sumber: (Gibson, 1994)

7. Komposit Hibrida (*Hybrid Composite*)

Merupakan suatu jenis komposit yang penguatnya terdiri atas lebih dari satu jenis penguat kedalam satu matriks. Tingkat pencampuran dapat dalam skala kecil (*serat*) ataupun dalam skala besar (*layer*). Tujuan dari hibridisasi adalah untuk menyusun suatu material baru yang mengandung keunggulan dari penyusunnya. Gambar 2.4 merupakan bentukbentuk susunan komposit hibrida.



Gambar 2.8 Jenis Komposit Hibrida Berdasarkan Penyusunnya :
 (a) *Sandwich*, (b) *interply*, (c) *intraply*, dan (d) *intimately mixed*
Sumber: (Gibson, 1994)

B. Berdasarkan jenis matriksnya komposit dibagi menjadi:

1. Polimer Matrix Composite (PMC)

Polimer matriks komposit adalah material komposit yang terdiri dari matriks polimer sebagai bahan dasar dan penguat (reinforcement) seperti serat (fiber) untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan. *Callister, (2017)*. Menyatakan bahwa komposit polimer terdiri dari dua fase utama, yaitu matriks polimer dan penguat (biasanya serat), dan keduanya memberikan kontribusi pada akhir material

2. Metal Matrix Composite (MMC)

Metal matriks komposit adalah material komposit yang terdiri dari matriks logam dan bahan penguat (biasanya keramik atau logam lain). MMC dirancang untuk memiliki kekuatan tinggi, ketahanan aus, dan ketahanan suhu tinggi yang melebihi kemampuan logam murni. *Callister,*

(2007) MMC adalah material komposit yang terdiri dari matriks logam (logam, aluminium, magnesium, atau titanium) yang diperkuat dengan serat atau partikel keramik (SiC atau Al_2O_3). Matriks logam memberikan ketangguhan dan keuletan sedangkan penguat meningkatkan kekuatan dan ketahanan aus.

3. *Ceramic Matrix Composite (CMC)*

Keramik matriks komposit adalah jenis material komposit yang terdiri dari matriks keramik dan penguat (serat) yang juga dapat berupa keramik atau material lain yang tahan suhu tinggi. *Naslain, (2004)* CMC merupakan material kunci sistem propulsi canggih karena stabilitas termal, ketahanan lelah dan bobot ringan. Komposit berbahan matriks logam umumnya sering digunakan dalam bidang kedirgantaraan dan komponen-komponen otomotif. CMC digunakan untuk keperluan perlindungan panas seperti pada pesawat luar angkasa. Komposit berbahan matriks polimer jauh lebih populer karena dapat digunakan pada berbagai aplikasi seperti peralatan rumah tangga hingga ke peralatan elektro

Di dalam pembuatan komposit tentunya dibutuhkan bahan-bahan yang akan digunakan untuk pembuatan komposit di antaranya adalah serat yang akan digunakan sebagai matriks atau pengikat dari serat tersebut, berikut ini berbagai jenis resin yang biasa digunakan untuk pembuatan komposit:

2.3.1 Resin Fenol

Resin fenol yaitu polymer sintetis yang diperoleh dari reaksi fenol atau fenol tersubstitusi dengan *formaldehida*. Biasanya digunakan untuk

dasar Bakelite Resin. Resin (PF) adalah resin sintesis komersial pertama (plastik). Resin ini telah banyak di gunakan untuk produk cetakan seperti bola bilyard, meja labolatorium, dan sebagai alat pelapis dan perekat, seperti yang di tunjuk pada gambar 2.7 berikut ini:



Gambar 2.9 Resin Phenol
Sumber: (Gibson, 1994)

2.3.2 Resin Amino

Terdapat dua jenis resim amino yang terkenal penting yaitu, (*formaldehida melamin*) dan (*formaldehida urea*) resin yang berikut ini juga banyak di jumpai di pasaran dalam bentuk serbuk, yang kemudian di cetak kembali, sedangkan yang berbentuk cair atau larutan biasa di gunakan sebagai perekat. Resin amino juga biasanya digunakan dalam panel kayu, pelepisa, perekat, dan industri lainnya. Resin amino ini biasanya di gunakan sebagai perekat dalam panel kayu seperti papan partikel, kayu lapis dan lain sebagainya.

2.3.3 Resin Epok-sida

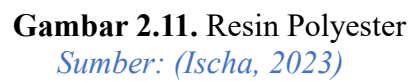
Resin epok-sida banyak digunakan di dalam keperluan seperti pengecoran dan juga digunakan sebagai protector alat alat listrik, kemudian dapat juga di gunakan sebagai campuran cat da adhesive (perekat). Resin epok-sida sangat tahan terhadap beban kejut da aus. Maka dari itu banyak di gunakan sebagai pembuatan cetakan tekan atau metalurgi serbuk.



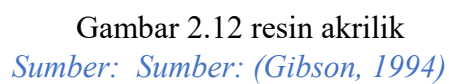
Gambar 2.10. Resin Epoxy
Sumber: (Gibson, 1994)

2.3.4 Resin polyester

Resin polyester Meski terlihat bening, namun tingkat bening yang diberikan oleh resin jenis polyester ini masih kalah dengan jenis epoxy. Selain itu resin jenis polyester juga mengeluarkan bau yang cukup menyengat. Sehingga para pekerja yang menggunakan resin jenis ini sangat disarankan memakai sebuah masker. Lalu agar lebih cepat kering



Resin akrilik adalah resin yang memiliki sifat daya tembus cahaya yang sangat baik. dan juga resin akrilik ini sangat tahan terhadap kelembapan.



2.4. Tanaman Sisal (*Agave Sisalana*)

Tanaman sisal merupakan salah satu serat alam yang paling banyak digunakan dan paling mudah di budidayakan. sisal tumbuh liar sebagai pagar dan di sepanjang rel kereta api di india (*murherjee Dkk, 1984*). Tanzania dan brazil merupakan negara penghasil sisal terbesar (*Chand at.al, 1988*) Serat sisal merupakan serat kertas yang dihasilkan dari proses ekstraksi daun tanaman sisal (*Agave Sisalana*). Meskipun tanaman ini berasal dari Amerika Utara dan Selatan, sisal dapat tumbu dengan baik hingga di Afrika, Hindia Barat, dan Timur Jauh. Di Indonesia produksi tanaman sisal mencapai hampir 4,5 juta ton tiap tahunnya Tanaman sisal dapat menghasilkan 200- 250 daun, dimana masing-masing daun terdiri dari 1000-1200 bundel serat yang mengandung 4% serat, 0,75% kutikula, 8% material kering, dan 87,25% air. Normalnya selembur daun sisal mempunyai berat sekitar 600gram yang dapat menghasilkan 3% berat serat atau 1000 helai serat.



Gambar 3.0 tanaman sisal
Sumber: (Mazharul islam, 2013)

2.4.1. Manfaat Tanaman Sisal

Tanaman sisal pasti masih terdengar asing khususnya bagi masyarakat Indonesia sesuai namanya sisal adalah serat alami yang diperoleh dari daun tanaman sisal (*Agave Sisalana*) atau biasa disebut dengan daun henequen. Seratnya panjang dan cukup keras, diperoleh dengan cara memukul daun agar menyisakan serat yang kuat. Serat ini memiliki tekstur yang kasar dengan warna putih krem yang mengkilap. Ini merupakan tanaman asli dari negara Amerika namun dapat tumbuh di daerah yang memiliki iklim tropis. Serat sisal dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan produk tekstil ataupun produk rumah tangga. Berikut ini contoh pemanfaatan serat sisal di dalam komposit:

- a. Sebagai penguat dalam komposit polimer

2.4.2. Sifat – Sifat Serat Sisal

Umumnya kekuatan dan kekakuan serat tumbuhan tergantung pada kandungan selulosa dan sudut spiral yang terbentuk antara ikatan mikrofibrilar pada lapisan kedua dinding sel dengan sumbu serat. Selain itu struktur dan sifat serat alam tergantung pada asal dan umur serat. Komposisi kimia serat sisal telah dikaji beberapa peneliti. (Ansell 1971) menemukan bahwa serat sisal mengandung 78% selulosa, 8% lignin, 10% hemi-celluloses, 2% wax dan 1% ash. Tetapi Rowell 1992 menyatakan bahwa sisal mengandung 43-56% selulosa, 7-9% lignin, 21-24% pentosan dan 0,5-1% ash. Menurut Joseph et al 1996, sisal mengandung 85-88% selulosa. Bervariasinya komposisi kimia serat sisal disebabkan oleh

perbedaan asal dan umur serat serta metode pengukuran. Chand dan hashmi, 1993 menunjukkan bahwa selulosa dan lignin yang terdapat pada sisal bervariasi dari 46.62-60.95 dan 3.75-4.40%, tergantung pada usia tanaman. Pada tabel dibawah ini menunjukkan sifat serat sisal hasil kajian beberapa penelitian. Perlu diketahui bahwa struktur dan sifat serat itu sendiri, kondisi percobaan seperti panjang sampel serat dan kecepatan pengujian mempengaruhi sifat serat alam itu sendiri.

Tabel 2.1 Sifat Serat Sisal Hasil Kajian Beberapa Penelitian

Densitas (kg/m ³)	Maisture Content (%)	Kekuatan Tarik (Mpa)	Modulu s (Gpa)	Maximu m Starin (%)	Diamet er (µm)
1450	11	604	9.4-15.8	-	50-200
1450	-	530-640	9.4-22	3-7	50-300
- 1030	-	347	14	5	-
1410	-	500-600	16-21	3.6-5.1	-
1400-	-	400-700	9-20	5-14	100-
- 1450	-	4500-700	7-13	4-9	300
	-	530-630	17-22	3.64-5.12	-
	-	450-700	7-13	4-9	100- 300
					-

Sumber: (Mukherje dan Satyanarayana, 1984)

2.5. Sifat Material

Secara garis besar material mempunyai sifat-sifat yang mencirikannya, pada bidang teknik mesin umumnya sifat tersebut dibagi menjadi tiga sifat. Sifat-sifat itu akan mendasari dalam pemilihan material, sifat tersebut adalah

2.5.1. Sifat Mekanik

Sifat mekanik adalah sifat yang menunjukkan kelakuan material apabila material tersebut diberi beban mekanik (*statis* atau *dinamik*), contoh sifat

mekanik diantaranya adalah:

- a. Kekuatan (*strength*), merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan material menjadi patah.
Berdasarkan pada jenis beban yang bekerja, kekuatan dibagi dalam beberapa macam yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi, dan kekuatan lengkung.
- b. Kekakuan (*stiffness*), adalah kemampuan suatu material untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya deformasi atau difleksi, semakin kaku material semakin sulit untuk mengubah bentuknya.
- c. Ketangguhan (*toughness*), merupakan kemampuan material untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.
- d. Kelelahan (*fatigue*), merupakan kecenderungan dari logam untuk menjadi patah bilah menerima beban bolak-balik (*dynamic load*) yang besarnya masih jauh dibawah batas kekakuan elastinya.
- e. Kegetasan (*brittleness*), adalah suatu sifat bahan yang mempunyai sifat berlawanan dengan keuletan. Kerapuhan ini merupakan suatu sifat pecah dari suatu material dengan sedikit pergeseran permanent.
- f. Keuletan (*ductility*), adalah suatu sifat material yang menggambarkan seperti kabel dengan aplikasi kekuatan tarik. Material *ductile* harus kuat dan lentur. Keuletan biasanya diukur dengan satu periode tertentu, presentase keregangan.
- g. Plastisitas (*plasticity*), adalah kemampuan material untuk mengalami deformasi plastik (perubahan bentuk secara permanen) tanpa mengalami

kerusakan.

- h. Kekenyalan (*elasticity*), didefinisikan sebagai kemampuan material untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan atau kemampuan material untuk kembali ke bentuk semula setelah mengalami deformasi (perubahan bentuk).
- i. Melar (*creep*), merupakan kecenderungan suatu logam untuk mengalami deformasi plastik bilah pembebanan yang besarnya relatif tetap dilakukan dalam waktu yang lama pada suhu yang tinggi.
- j. Kekerasan (*hardness*), merupakan ketahanan material terhadap penekanan atau indentasi/penetrasi. Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan aus (*wear resistance*) yaitu ketahanan material terhadap penggoresan atau pengikisan.

2.5.2. Sifat fisik dan kimia

Sifat fisik dan kimia adalah suatu sifat yang berkaitan dengan karakteristik fisik atau kondisi dari material, contoh sifat fisik- kimia dari suatu material diantaranya adalah:

- a. Titik cair (*Melting Point*), adalah suhu di mana suatu zat padat berubah menjadi cair. Sifat ini penting untuk menentukan suhu operasi dan proses manufaktur suatu material. Misalnya, logam seperti besi memiliki titik cair yang tinggi, sehingga cocok untuk aplikasi struktural yang memerlukan ketahanan terhadap suhu tinggi.
- b. Ketahanan korosi (*Corrosion Resistance*), adalah kemampuan suatu material

untuk menahan degradasi akibat reaksi kimia dengan lingkungan, seperti oksidasi atau reaksi dengan asam. Material seperti stainless steel memiliki ketahanan korosi yang baik karena membentuk lapisan pasif yang melindungi permukaan dari kerusakan lebih lanjut. Ketahanan korosi sangat penting dalam aplikasi yang terpapar lingkungan agresif, seperti industri kimia atau kelau

2.5.3. Sifat Teknologi

Sifat teknologi adalah suatu sifat yang berkaitan dengan kemudahan material tersebut untuk di proses lebih lanjut, contoh dari sifat teknologi diantaranya adalah:

- a. Mampu Mesin, adalah kemampuan suatu material untuk dipotong dengan menggunakan alat potong (pahat, gergaji, kikir dan gerinda). Proses pemotongan akan terjadi apabila ada gerak relatif antara benda kerja dan pahat.
- b. Mampu Bentuk, adalah kemampuan suatu material untuk dideformasi plastis dengan tidak terjadinya necking dan beban yang diperlukan rendah. Necking adalah pengecilan penampang pada saat deformasi plastis berlangsung.
- c. Mampu Cor, adalah kemampuan suatu material untuk dicairkan dan dituang ke dalam cetakan tanpa adanya cacat (cacat seperti: patah, retak, porositas, dan segregasi).

2.6. Uji Tarik

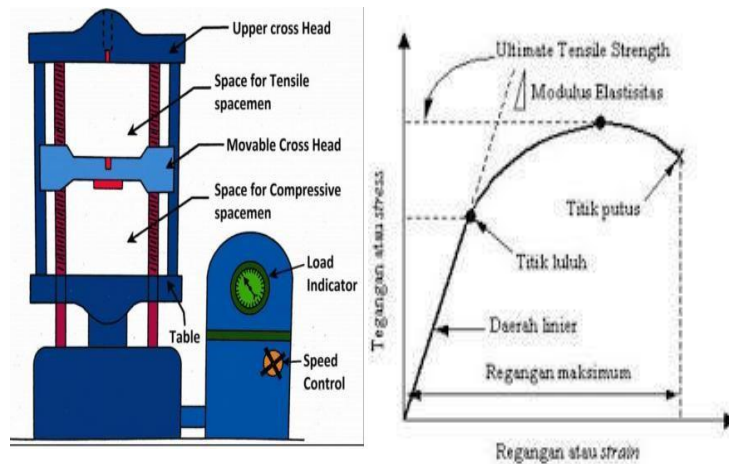
Uji tarik merupakan suatu uji mekanis. Tujuan dari dilakukannya suatu pengujian mekanis adalah untuk menentukan respon material terhadap suatu konstruksi, komponen atau rakitan fabrikasi pada saat dikenakan beban atau deformasi dari luar. Dalam hal ini akan ditentukan seberapa jauh perilaku intern (sifat yang lebih merupakan ketergantungan atas fenomena atomik maupun mikroskopis dan buka dipengaruhi bentuk atau ukuran dari benda uji) dari material terhadap pembebanan tersebut. Di antara semua pengujian mekanis tersebut pengujian tarik merupakan jenis pengujian yang paling banyak digunakan karena mampu memberikan informasi representatif dari perilaku mekanis material.

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan cara memberikan beban tarik secara perlahan sampai material komposit mengalami putus. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine*. Dalam uji tarik, gaya tarik aksial yang terus meningkat diterapkan pada spesimen sambil secara bersamaan mengamati perpanjangan benda hingga putus.

Kekuatan tarik, atau *ultimate tensile strength* (UTS), adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh suatu material saat ditarik sebelum patah. Tegangan ini dihitung dengan membagi gaya maksimum (F) yang diterapkan pada material dengan luas penampang awal (A_0) dari material tersebut. Nilai UTS tidak bergantung pada ukuran material, tetapi tergantung pada sifat intrinsik material tersebut.

Elastisitas maksimum dari suatu bahan disebut “kekuatan tarik tertinggi”.

Kekuatan tarik suatu bahan diperoleh dari hasil uji tarik standar ASTM D 638-02 dengan panjang 250 mm lebar 25 mm.



Gambar 3.1 Alat Uji Tarik dan Kurva Tegangan-Regangan

Sumber: (Rizki, 2020, Santoso, 2006)

Rumus dari uji tarik melibatkan perhitungan tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*). Adapun kekuatan tarik mempunyai rumus sebagai berikut yaitu:

$$\sigma_{max} = \frac{f_{max}}{A_0} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

f_{Max} = Tegangan Tarik Maksimum (N/m^2)

P_{max} = Beban Maksimum (N)

A_0 = Luas Penampang (mm^2)

Luas penampang adalah ukuran area permukaan suatu objek (biasanya batang, pipa, atau balok) yang dipotong secara tegak lurus terhadap arah panjang

atau aliran. Adapun luas penampang dihitung dengan rumus berikut:

$$A_o = W.t \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

W = lebar (mm)

t = tebal (mm)

Kekuatan luluh adalah tegangan yang diperlukan untuk mengiduksi deformasi plastis kecil tertentu titik luluh dihitung dengan rumus berikut:

$$\sigma_y = \frac{f_y}{A_0} \left(\frac{N}{mm^2} \right) \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

σ_y = Tegangan Luluh (%)

A_0 = Luas Awal Penampang (mm)

P_y = Beban Pada Titik Luluh (N)

Untuk perhitungan nilai regangan dari sampel material dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{A_1 - A_{o1}}{A_0} (100\%) \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

ε = Regangan maksimum (N/mm²)

A_0 = Luas Mula Penampang (mm²)

A_1 = Luas Akhir Penampang (mm)

Modulus elastisitas adalah adalah ukuran kekakuan material dalam digaram tegangan regangan. Modulus elastisitas dapat dihitung dari kemiringan garis elastisitas linier. Adapun rumus untuk menghitung modulus elastisitas

sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

E = Modulus Elastisitas (N/m^2)

σ = Tegangan (N/mm^2)

ε = Regangan Maksimum (%)

2.7.Uji Makro

Struktur makro material komposit mengacu pada susunan besar atau tata letak komponen-komponen dalam suatu material. Ini melibatkan bagaimana partikel-partikel tersebut tersusun dan berinteraksi dalam skala yang cukup besar, sehingga bisa diamati dengan mata telanjang atau menggunakan alat sederhana seperti mikroskop biasa. Struktur makro material sangat mempengaruhi sifat-sifat material seperti kekuatan, kekerasan, dan keuletan misalnya dalam logam dan material komposit, struktur makro dapat berupa butir-butir yang terlihat dengan jelas.

Metalografi adalah teknik atau metode persiapan material untuk mengukur, baik secara kuantitatif maupun kualitatif dari informasi yang terkandung dalam material yang dapat diamati, seperti fase, biji-bijian, komposisi kimia, orientasi butir, jarak atom, dislokasi, topografi dan sebagainya. Dalam metalografi ada dua hal yang dicermati, yaitu struktur makro dan struktur mikro. Struktur makro adalah struktur logam yang terlihat dalam makro pada permukaan terukir dari spesimen yang telah dipoles. Sedangkan struktur mikro

adalah struktur permukaan logam yang telah dipersiapkan secara khusus terlihat dengan menggunakan pembesaran minimal $25\times$ (Yogie Pranata 2015).

Analisis struktur makro digunakan untuk menentukan apakah parameter struktur berada dalam spesifikasi tertentu dan didalam penelitian digunakan untuk menentukan perubahan-perubahan struktur makro yang terjadi sebagai akibat komposisi atau perlakuan yang diberikan. Dengan analisa makro struktur, kita dapat mengamati bentuk dan ukuran kristal material, kerusakan material akibat proses deformasi, proses perlakuan panas, dan perbedaan komposisi. Dalam material komposit, struktur makro melibatkan tata letak dan distribusi fase-fase yang berbeda dalam material tersebut, ini tidak dapat mencakup matriks yang mengelilingi serat atau partikel penguat, struktur makro yang baik akan memastikan distribusi serat seragam dan interaksi yang efektif antara serat dan matriks untuk mencapai sifat yang diinginkan.



Gambar 3.2 Mikroskop
Sumber : (Sita Yusnia 2022)

Objek yang difoto adalah penampang melintang spesimen serat. Pengambilan foto makro bertujuan untuk mengetahui luas penampang serat dan keliling serat, dan juga jenis patahan, objek difoto kemudian hasil foto dianalisis.

2.8. Jenis – Jenis Kerusakan Pada Material

a. *Matrix Cracking* (Retak Matriks)

Retak pada matriks adalah salah satu bentuk kerusakan awal yang umum terjadi pada material komposit. Retakan ini biasanya muncul akibat beban mekanis atau dampak energi rendah hingga sedang, terutama pada arah yang sejajar dengan serat. Meskipun retakan ini tidak langsung menyebabkan kegagalan struktural, namun dapat membuka jalan bagi kelembaban atau zat kimia untuk masuk, yang pada akhirnya dapat mempercepat degradasi material.

b. *Fatigue Damage* (Kerusakan Akibat Kelelahan)

Kerusakan akibat kelelahan terjadi karena beban berulang yang menyebabkan akumulasi kerusakan mikro, seperti retak matriks, pelepasan serat-matriks, dan patah serat. Proses ini mengarah pada penurunan kekakuan dan kekuatan material secara bertahap, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kegagalan struktural.

c. *Fibre-Matrix Debonding* (Pelepasan Serat Matriks)

Pelepasan antara serat dan matriks terjadi ketika ikatan di antara keduanya gagal, biasanya akibat beban siklik, atau ketidaksesuaian sifat mekanis. Kerusakan ini mengurangi efisiensi transfer beban dari matriks ke serat, yang dapat menyebabkan retakan transversal dan delaminasi.

d. Delaminasi

Delaminasi adalah pemisahan antara lapisan-lapisan dalam material komposit, sering kali terjadi akibat beban siklik, benturan, atau cacat manufaktur. Kerusakan ini dapat menyebabkan penurunan kekakuan dan kekuatan struktural secara signifikan, serta mempercepat kegagalan material jika tidak segera ditangani.

e. *Void and Porosity* (Rongga dan Porositas)

Void dan porositas adalah cacat manufaktur berupa ruang kosong atau gelembung udara yang terperangkap dalam matriks selama proses produksi. Kehadiran void dapat mengurangi kekuatan mekanis material, seperti kekuatan tekan dan tarik, serta meningkatkan kerentanan terhadap penetrasi kelembaban. Dalam aplikasi seperti dirgantara, kandungan void sekitar 1% masih dapat diterima, namun peningkatan 1-3% dapat mengurangi sifat mekanis hingga 20%.

f. *Fatigue Damage* (Kerusakan Akibat Kelelahan)

Kerusakan akibat kelelahan terjadi karena beban berulang yang menyebabkan akumulasi kerusakan mikro, seperti retak matriks, pelepasan serat-matriks, dan patah serat. Proses ini mengarah pada penurunan kekakuan dan kekuatan material secara bertahap, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kegagalan struktural.

2.9 Resin Polyester

Resin polietser adalah jenis plastik atau polimer yang dibuat dari poliester dan pengeras, yang digunakan sebagai matriks dalam komposit. Resin ini termasuk

kedalam resin termoset, yang mengeras karena reaksi kimia, reaksi kimia ini membentuk rantai panjang polimer yang menghasilkan bahan padat dan tahan lama saat diawetkan. Resin poliester dikenal karena fleksibilitas, ketahanan terhadap panas, dan biaya yang relatif rendah dibandingkan resin lainnya. Resin poliester umumnya digunakan dalam kombinasi dengan berbagai bahan penguat seperti fiberglass untuk membuat material komposit dengan sifat mekanik yang ditingkatkan.

Resin poliester merupakan bahan utama yang banyak digunakan di industri karena keserbagunaan dan kegunaannya yang tak tertandingi. Dari konstruksi hingga aplikasi kelautan, otomotif hingga seni dan kerajinan. Matriks yang dipergunakan adalah matriks jenis termoset yaitu polyester BQTN 157. Matriks polyester berupa resin cair dengan viscositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan menggunakan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin lainnya. Sifat resin ini adalah kaku dan getas. Mengenai sifat thermalnya karena banyak mengandung monomer stiren, maka suhu deformasi thermal lebih rendah daripada resin termoset lainnya. Resin ini mempunyai karakteristik yang khas yaitu dapat dibuat kaku dan fleksibel, transparan, dapat diwarnai, tahan air, tahan bahan kimia dan cuaca. Resin polyester ini dapat digunakan pada suhu 79°C. berat jenis resin ini 1,3-1,4 kg/cm³. Adapun karakteristik resin polyester BQTN 157 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2. Karakteristik resin polyester BQTN 157

Item	Satuan	Nilai Tipikal	Satuan
Berat jenis	gr/cm ³	1,4	25%
Kekerasan	-	40	Barcol GYZJ 934-1
Suhu distorsi panas	⁰ C		
Penyerapan air suhu ruang	% %	0,188 0,44	24 jam 7 jam
Kekuatan Fleksural	Kg/mm ²	9,4	
Modulus Fleksural	Kg/mm ²	300	
Kekuatan tarik	Kg/mm ²	5,8	
Modulus Elastisitas	Kg/mm ²	300	
Elongasi	%	2,45	

Sumber : (Mirwan Irsyad, 2015)

2.9. Jurnal Rujukan

Penelitian yang dilakukan oleh (Aryan Fitrayuda Dkk, 2020) tentang “Analisis Sifat Mekanis Komposit Polyester Sisal Menggunakan Metode Anova. Menyimpulkan bahwa peningkatan kekuatan mekanis pada variable fraksi volume dipengaruhi oleh densitas dari komposit itu sendiri. Berdasarkan hasil analisis *One Way Anova* diperoleh nilai *P-Value* sebesar 0,008 selanjutnya dibandingkan dengan taraf signifikan ($\alpha=0,05$). Dengan mengacu pada persamaan (1) bahwa nilai *p-Value* ($0,008 < \alpha 0,05$) maka hipotesis H_0 ditolak yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai rata-rata perlakuan atau dengan kata lain variable fraksi volume serat berpengaruh signifikan terhadap kuat tarik komposit.

Fikran, 2023 tentang “Perbandingan Kekuatan Tarik Bahan Komposit Serat Polimer Matriks Sisal Lamina (Agave Sisalana)”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat mekanik pengaruh susunan gabungan variasi sudut lamina dan komposisi campuran serat dan matriks. Berdasarkan hasil pengujian penambahan komposisi campuran serat meningkatkan kekuatan tarik dan ketangguhan material. Komposisi 5% fiber 95% dan 15% fiber 85% resin (15S-85R) menghasilkan tegangan tarik maksimum $\sigma = 45,1823 \text{ N/mm}^2$ dan regangan maksimum $\epsilon = 9,6849 \%$ dengan beban maksimum $F_m = 10902,4996 \text{ N}$.