

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Komposit

Komposit merupakan suatu material yang terbentuk dari dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekaniknya dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Material Komposit memiliki sifat dari Komposit merupakan jumlah sistem fasa sifat gabungan antara bahan matriks atau pengikat material konvensional pada umumnya, mulai dari proses pembuatannya, dari proses pencampuran yang tidak homogen. dengan penguat (D.Callister, 2001).

Komposit memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan logam, berikut adalah kelebihannya :

1. Bahan Komposit dapat dirancang dengan kekuatan dan kekakuan tinggi, sehingga dapat memberikan kekuatan dan kekakuan spesifik yang melebihi sifat logam.
2. Memiliki sifat kekuatan dan kekakuan yang baik.
3. Komposit mempunyai daya redam yang baik.
4. Komposit dirancang terhindar dari korosi.
5. Bahan komposit dapat memberikan penampilan dan memiliki kehalusan permukaan yang lebih baik (Jones, 1999).

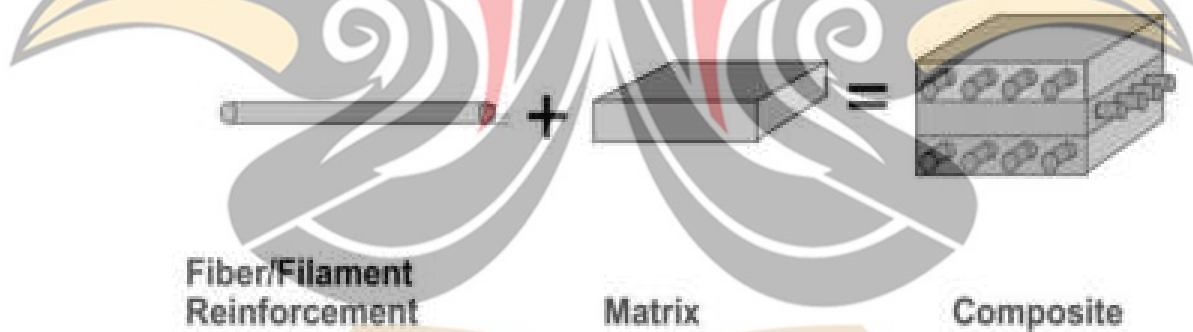
2.2. Bahan Penyusun Komposit

Material komposit tersusun dari penguatan yang tertanam dalam matriks, Adapun:

1. Penguat (*reinforcement*), adalah bagian komposit yang berguna untuk penanggung beban utama di komposit, umumnya berbentuk serat yang memiliki sifat kurang ductile akan tetapi lebih kuat (serat, partikel, serpihan).

2. Matrik yaitu fasa dalam komposit yang memiliki bagian atau fraksi volume terbesar. Fungsi matriks adalah mentransfer (menyalurkan) tegangan pada serat secara merata, mampu melindungi serat dari gesekan mekanik, memegang dan mempertahankan serat pada posisinya serta melindungi dari lingkungan yang merugikan. Kebanyakan matriks terbuat dari resin karena variasinya yang luas di propertiesnya dan biaya yang relatif rendah (Epoxy, Polyester, Polyurethane).

Bahan penguat pada komposit dikelompokkan menjadi empat bagian, serat (fiber) butiran, lempeng, dan lembaran. Pada penguat atau reinforcement dari sumbernya dibagi menjadi dua jenis yaitu sintetis dan alami. Bahan sintetis yang biasa digunakan sebagai penguat pada bahan komposit seperti E-Glass, Kevlar-49, Carbon / Graphite, Silicone Carbide, Alumunium Oxide dan Boron. Beberapa jenis serat alam yang sering digunakan sebagai penguat antara lain serat kenaf, sabut kelapa, sisal, daun nanas, kapuk dan rami. (Kumar, 2016). Berikut gambar penyusun pada komposit, gambar 2.1

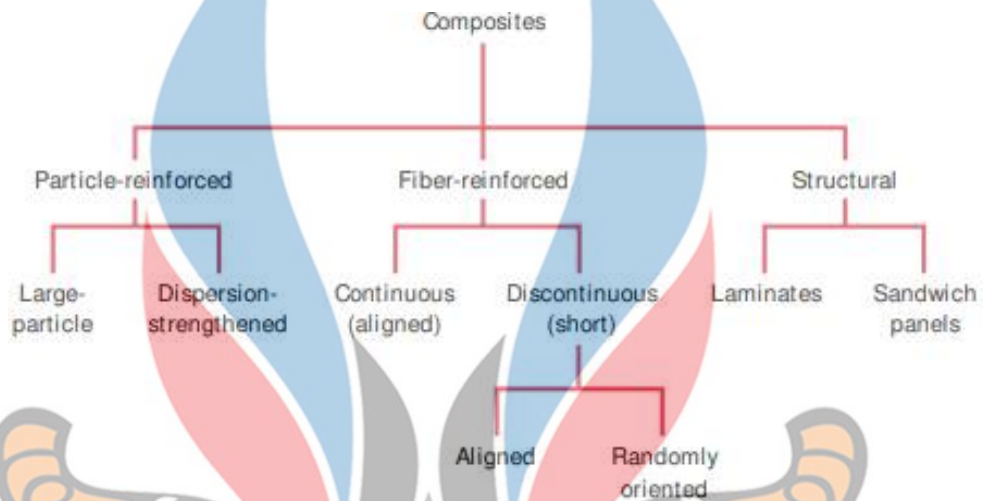


Gambar 2.1 Bahan Penyusun Komposit

Fiberglass Reinforced Plastic merupakan bahan komposit yang diperkuat serat atau bahan yang berpenguat serat diikat dalam bahan lain yang disebut matriks. Ada beberapa jenis faktor yang mempengaruhi sifat bahan komposit yang diperkuat serat merupakan orientasi, bentuk, panjang serta komposisi serat dan sifat mekanik dari matriks dan ikatan dalam campuran dari serat dan matriks (D.Callister, 2001)

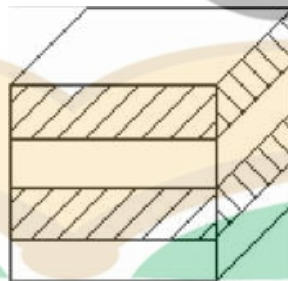
2.3. Klasifikasi Komposit

Komposit adalah bahan yang terdiri dari gabungan dua atau lebih bahan yang berbeda (keramik, logam, polimer). Secara keseluruhan dari jenis penguatnya bahan komposit dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, adapun jenis-jenis komposit pada Gambar 2.2 :



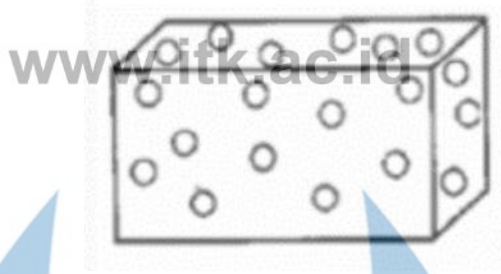
Gambar 2.2 Klasifikasi Dari Komposit Digolongkan Pada Jenis Penguatnya

1. *Structural Composite* atau komposit terstruktur merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu. *Structural composites* memiliki dua jenis penguat struktur yaitu *laminates* serta *sandwich panel*. Adapun gambar dapat dilihat pada Gambar 2.3 sebagai berikut :



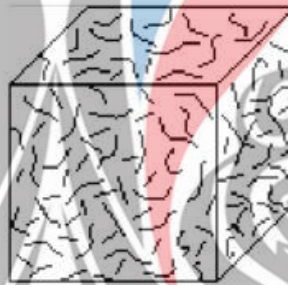
Gambar 2.3 Pada Structural Composite

2. *Particle-reinforced composites* atau komposit partikel adalah komposit yang menggunakan serbuk/partikel sebagai penguat serta terdistribusi merata didalam matriknya. *Particle-reinforced composites*. Adapun gambar dapat dilihat pada Gambar 2.4 :



Gambar 2.4 Pada Structural Composite

3. *Fiber-reinforced composites* atau komposit serat merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lapisan yang menggunakan penguat berupa fiber. Komposit dengan penguat fiber ini masih bisa dibagi menjadi kontinyu dan tidak kontinyu berdasarkan penataan serat. Fiber yang digunakan *glass fibers, carbon fibers*. *Fiber-reinforced composites* dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut :



Gambar 2.5 Fiber-reinforced composites

Adapun fase matriksnya, komposit dapat ditinjau/klasifikasikan sebagai berikut :

- A. *Polymer-Matrix Composite* (PMC) adalah komposit yang menggunakan serat sebagai matriksnya, *Fibre Reinforced Polymer of Plastics* (FRP) atau komposit jenis ini sering juga disebut komposit berpenguat serat. Bahan ini menggunakan suatu polimer berbahan resin sebagai matriksnya dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon sebagai penggantinya. Komposit polimer ini terdiri dari resin polimer sebagai pengikatnya dan serat sebagai penguat sedang. Keunggulan dari komposit polimer ini mudah dibentuk, murah serta kebanyakan industri menggunakan komposit dengan jumlah besar pada temperatur ruangan.
- B. *Metal-Matrix Composite* (MMC) adalah komposit yang matriks atau bahan pengikatnya terbentuk dari bahan logam dan komposit jenis ini memiliki

keunggulan dalam kekuatan dan ketahanan terhadap aus. Bahan ini dapat digunakan pada temperatur tinggi daripada bahan dasar yang sama. Komposit berpengikat logam memiliki beberapa keunggulan melebihi komposit berpengikat polimer, yaitu:

- a) Penggunaan pada temperatur yang tinggi.
- b) Tidak mudah terbakar
- c) Lebih tahan terhadap degradasi yang diakibatkan oleh cairan organik

Komposit logam memiliki kelemahan seperti jauh lebih mahal daripada komposit berpengikat polimer akibatnya komposit logam menjadi sangat terbatas penggunaannya.

C. Ceramic-Matrix Composite (CMC) adalah komposit yang matriksnya terbentuk dari bahan keramik. Bahan keramik memiliki sifat yang sangat kuat atau tahan untuk teroksidasi dan menurun pada temperatur yang tidak stabil, namun bahan keramik sangat sulit untuk retak karena memiliki sifat yang getas. Material keramik beberapa kelebihan yang sangat baik, antara lain :

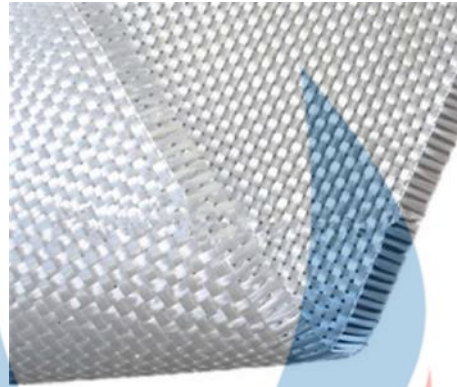
- a) Keramik memiliki karakteristik permukaan yang tahan aus.
- b) Unsur kimianya yang stabil pada temperatur yang tinggi.
- c) Keramik merupakan material yang memiliki nilai Modulus Young (*stiffness*)

Akan tetapi material keramik juga memiliki beberapa kekurangan, sebab keramik sangat sulit untuk diproduksi secara massal dan biaya pada produksinya relatif mahal karenanya sangat kurang efektif untuk digunakan (D.Callister, 2001).

2.4. Serat

Serat adalah salah satu bahan utama penyusun komposit yang berfungsi sebagai penahan beban, sehingga besar kecil kekuatan bahan komposit sangat bergantung pada serat pembentuknya. Serat dibedakan menjadi dua yaitu serat alam dan serat sintesis. Serat alam adalah serat yang berasal dari alam seperti serat eceng gondok, serabut kelapa, dan serat pohon pinang. Adapun serat sintesis adalah serat yang terbuat dari bahan-bahan anorganik menggunakan komposisi bahan kimia seperti serat gelas, serat karbon dan

nylon dan lainnya. Terdapat serat lainnya seperti keramik, silikon karbida dan selulosa (Sapuan, 2017). Gambar 2.6 adalah contoh serat sintetis.



Gambar 2.6 Contoh dari serat sintetis

Ada beberapa fungsi utama dari serat, adapun fungsinya sebagai berikut :

- a. Memberikan penghantar listrik yang baik pada komposit.
- b. Sebagai pembawa beban.
- c. Memberikan sifat kekuatan, stabilitas panas dan kekakuan.

Serat juga memiliki persyaratan sebagai bahan penguat yang mempunyai struktur komposit, dapat ditunjukkan sebagai berikut :

- a. Memiliki modulus elastisitas yang tinggi.
- b. Memiliki kekuatan patah yang tinggi.
- c. Diameter serat yang seragam.
- d. Memiliki kekuatan yang seragam diantara serat.
- e. Mudah dalam proses produksi.

2.5. Resin

Resin *thermosetting* merupakan salah satu jenis plastik yang digunakan untuk menjadi bahan komposit dengan serat, penggunaan *thermosetting* sebagai matriks memiliki beberapa keunggulan seperti dapat mengikat serat dengan baik serta mudah, memiliki viskositas yang rendah, bahan penguat dan kekakuan yang baik dengan kelengketan. Resin *thermosetting* juga mudah menjadi keras secara permanen ketika panas atau suhu ruangan sangat panas, sebagian besar polimer ini

juga memiliki dimensi yang lebih baik Adapun macam-macam resin atau matriks yang banyak digunakan dengan jenis *thermosetting* sebagai berikut :

1. Resin *Polyester*

Resin *Polyester* adalah salah satu bagian dari jenis matriks polimer *thermosetting* yang sering digunakan atau banyak digunakan pada pembuatan komposit modern. Resin ini memiliki ciri khusus yaitu tahan air, dapat diberi warna, transparan, fleksibel. Polyester ini juga dapat bertahan pada cuaca ekstrim dan tahan kimia, suhu kerja dapat mencapai 70⁰ atau lebih tergantung pada penggunaannya. *Polyester* ini juga dapat diberikan penambahan katalis atau pengerasan (*curing*), resin cair jua dapat mengeras dalam suhu ruangan maka bahan ini dikembangkan secara luas sebagai plastik penguat serat atau FRP (*Fiber Reinforced Polymer*). Resin *Polyester* memiliki rumus $C_{22}H_{26}O_{16}$.

2. Resin *Epoxy*

Resin *Epoxy* adalah salah satu jenis bagian dari jenis matriks polimer *thermosetting*. Resin ini banyak digunakan pada industri teknik maka dari itu banyak memiliki kegunaan. Kegunaan dari resin jenis *epoxy* ini sebagai perekat, cat pelapis dan pada cetakan cor serta benda-benda cetakan (Berthelot, 2015).

2.6. **Katalis**

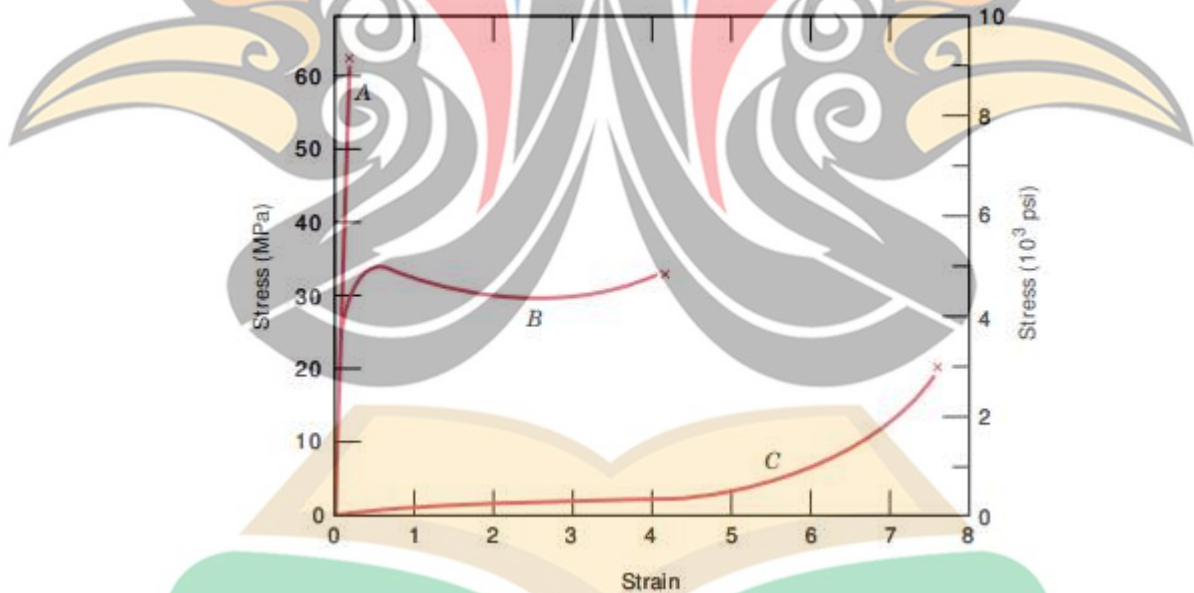
Katalis adalah zat yang mengeraskan cairan resin atau zat *curing* untuk sistem perekat. Pengeras akan bergabung secara kimia dengan bahan perekatnya, pengeras monomer, polimer atau senyawa campuran. Fungsi dari katalis sebagai zat *curing* dan meningkatkan waktu silang polimernya. Jika diberi katalis banyak diberikan pada resin akan mempercepat reaksi *curing*. Kelemahan dari katalis akan mengakibatkan panas yang tinggi pada saat *curing* sehingga akan merusak produk yang akan dibuat. Produl tersebut akan menjadi bahan komposit getas/rapuh, komposisi pemberian katalis dibatasi 1% - 2% dari berat resin (Prasada, 2015). Adapun Gambar 2.7 menunjukkan dari katallis



Gambar 2.7 Contoh Dari Katalis

2.7. Sifat Mekanik Dari Komposit Matriks Polimer

Adapun sifat mekanik dari polimer itu sendiri sangat sensitive terhadap laju regangan, temperatur dan lingkungan. Kurva tegangan-regangan untuk komposit yang getas, plastis dan elastis dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut:



Gambar 2.8 Kurva Tegangan-Regangan (A) Getas (B) *Plastis* (C) *Elastis*

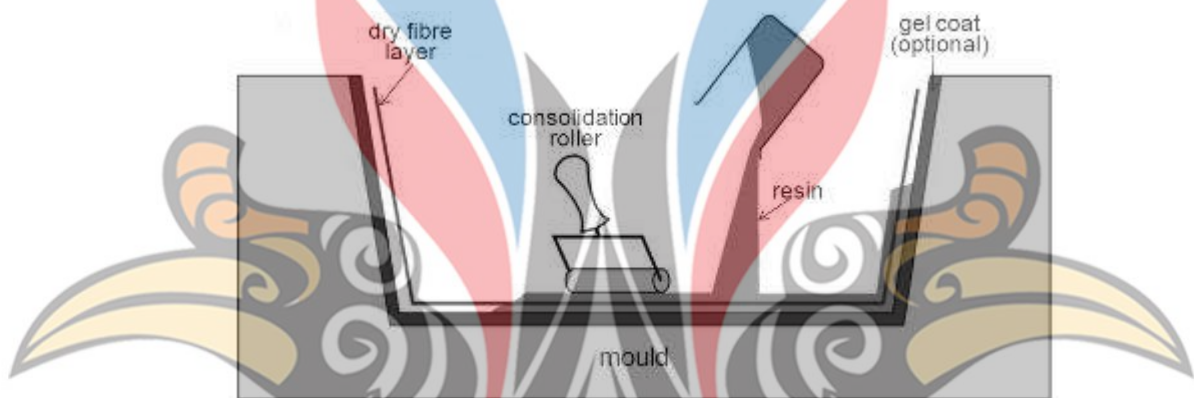
2.8. Metode Pembuatan Komposit

Terdapat dua cara yang banyak digunakan dalam pembuatan komposit yaitu pencetakan tangan serta menggunakan pompa *vacuum* sebagai berikut :

www.itk.ac.id

2.8.1. Pencetakan tangan (*Hand Lay-Up*)

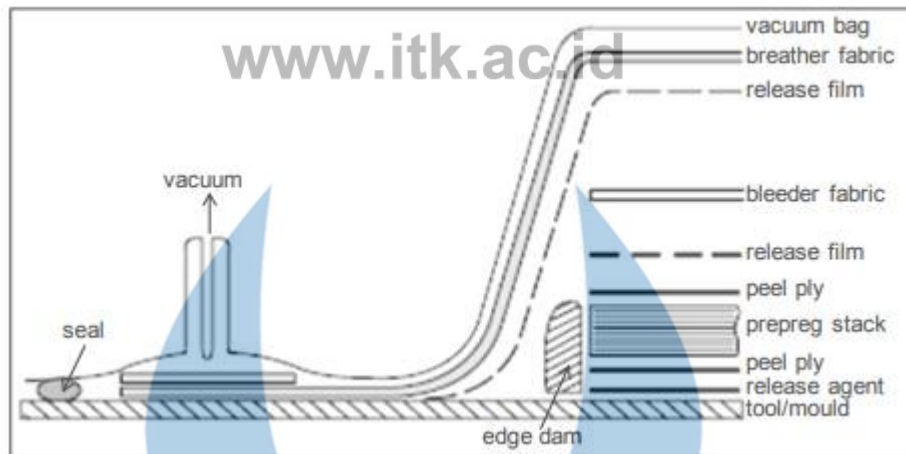
Pada proses pembuatan komposit menggunakan metode *Hand Lay-Up* merupakan pembuatan komposit dengan menggunakan lapisan demi lapisan sehingga diperoleh ketebalan yang ditentukan atau diinginkan. Lapisan tersebut berisi resin dan bahan penguat (*reinforcement*), biasanya bahan penguat yang sering digunakan adalah serat *fiberglass* dan serat alam, lalu setelah didapatkan ketebalan yang diinginkan, langkah selanjutnya menggunakan *roller* agar menghilangkan udara yang terjebak serta meratakan. Metode *Hand Lay-Up* dapat dilihat pada Gambar 2.9 berikut :



Gambar 2.9 Metode *Hand Lay-Up*

2.8.2. Pengemasan Vakum (*Vacuum Bagging*)

Pada proses pembuatan komposit menggunakan metode *Vacuum Bagging* menggunakan pompa *vacuum*. Fungsi dari pompa *vacuum* adalah menghisap udara yang berada di dalam wadah tempat diletakkannya komposit yang akan dilakukan proses pencetakan. Metode ini juga sering diaplikasikan pada pembuatan mobil balap, kapal pesiar serta pembuatan perahu, adapun metode *vacuum bagging* dapat dilihat pada Gambar 2.10 berikut:

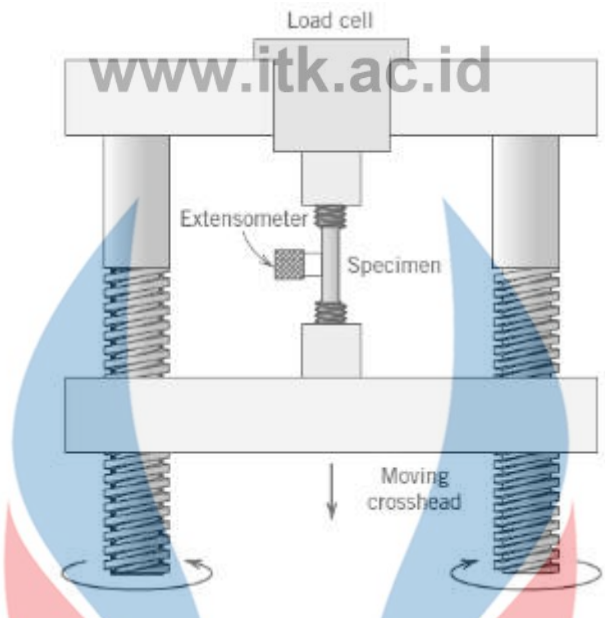


Gambar 2.10 Metode Vacuum Bagging

2.9. Pengujian Tarik Bahan Komposit

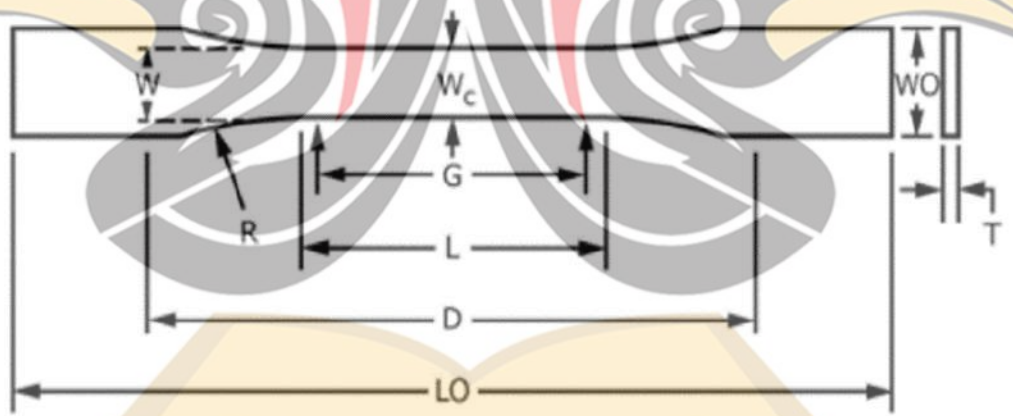
Uji Tarak merupakan metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan atau material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Untuk pengujian komposit ditinjau dari kekuatan tarik dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine*. Adapun bagian dari mesin uji tarik untuk komposit terdiri dari beberapa bagian yaitu bagian atas disebut sebagai *crosshead* atau bagian yang bergerak menarik benda uji, sepasang ulir *silinder* akan membawa atau menggerakkan bagian *crosshead*. Sementara itu di bagian bawah dibuat static. Di bagian *crosshead* terdapat sensor *loadcell* yang akan mengukur besarnya gaya tarik, sedangkan untuk mengukur perubahan Panjang digunakan *extensometer*. Instrumen yang sesuai harus digunakan untuk menentukan jarak antara dua titik yang ditunjuk dalam panjang pengukuran atau gage length pada spesimen uji setelah spesimen diregangkan.

Dengan menarik suatu bahan akan diketahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang, skema penarikan spesimen uji tarik dapat dilihat pada Gambar 2.11 Berikut :



Gambar 2.11 Pengujian Tarik

Kekuatan tarik dari komposit dapat diketahui dengan melakukan pengujian sampel sesuai standar ASTM D638-14. Berikut Gambar 2.12 dimensi dari spesimen pengujian



TYPES I, II, III & V

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

Gambar 2.12 Bentuk serta Dimensi Spesimen Pengujian Tarik

Standar pengujian ini digunakan untuk bahan pengujian dengan ketebalan apapun hingga 14 mm (0,55 inci). Standar pengujian ini digunakan untuk sifat tarik komposit matriks resin dengan modulus dibawah 20 GPa, untuk resin polyester memiliki nilai modulus yang mampu mencapai nilai sekitar 2,0 sampai dengan 4,4 GPa. Ukuran tipe 1 digunakan untuk material yang memiliki ketebalan 7 mm atau kurang. Spesimen uji untuk komposit berpenguat harus sesuai dengan dimensi spesimen tipe 1 seperti pada Gambar 2.12 diatas (ASTM, 2014).

2.10. Pengujian *Bending* (Tekuk) Bahan Komposit

Kekuatan bending atau kekuatan lengkung mengakibatkan tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Akibat pengujian bending, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Dalam material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dari pada kekuatan tariknya. Karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima, spesimen tersebut akan patah pada jenis material dan pembebanan. Kekuatan bending dari komposit dapat diketahui dengan melakukan pengujian sampel sesuai standar ASTM D790. Berikut Gambar 2.13 dimensi dari spesimen pengujian.



Gambar 2.13 Bentuk Serta Dimensi Spesimen uji bending

2.12. Kapal Berbahan Dasar *Fiberglass*

Kapal berbahan *fiberglass* memiliki peran penting di dalam menunjang transportasi laut nasional khususnya di wilayah pantai. Kapal jenis ini juga memiliki beberapa keunggulan teknis dan ekonomis. Armada kapal untuk keperluan ini umumnya menggunakan bahan fiberglass (*Fiberglass Reinforced Plastics*), karena konstruksinya ringan, harganya murah, dan proses produksinya cepat (menggunakan cetakan). Dibandingkan dengan kapal berbahan aluminium yang juga ringan, galangan kapal fiberglass tidak memerlukan investasi besar,

teknologinya sederhana, dan tidak memerlukan kualifikasi tenaga kerja yang tinggi (Ma'ruf, 2011)

www.itk.ac.id

Ada beberapa sifat yang menguntungkan dari kapal *Fiberglass* jika dibandingkan jenis kapal lainnya diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Dari berat konstruksinya, kapal *Fiberglass* adalah kapal yang paling ringan daripada kapal dengan bahan material kayu serta baja pada ukuran yang sama.
2. Dari kekuatannya kapal *Fiberglass* memiliki kekuatan konstruksi yang cukup kuat.
3. Ketahanan material kapal *Fiberglass* jika pada air laut memiliki hasil yang sangat baik.
4. Binatang-binatang laut pada badan serta bagian kapal dapat dicegah dengan menambahkan racun-racun pada campuran *gelcoat* pada saat proses pembuatannya, ini juga sangat membantu mempertahankan kekuatan serta umur kapal.
5. Pada permukaan kapal *Fiberglass* lebih licin jika dibandingkan dengan permukaan kapal jenis lainnya yang mengakibatkan gesekan dengan air akan lebih kecil, maka model/bentuk kapal dapat memberikan kecepatan yang tinggi jika diberikan ukuran daya mesin yang sama. Marteen dan widodo (Widodo, 1994).

Kiat-kiat yang mendukung pengganti bahan konvensional (kayu dan besi) dengan bahan lainnya untuk pembuatan kapal adalah:

1. Pasokan/stok kayu yang tersedia semakin berkurang.
2. Biaya produksi baja/besi semakin tinggi.
3. Biaya tenaga kerja semakin tinggi (Pasaribu, 1985).

Bahan dasar *fiberglass* beberapa tahun ini mendapatkan perhatian dikalangan ahli perkapalan sebagai bahan pembuat kapal, menunjukkan bahwa kapal yang terbuat dari bahan-bahan *fiberglass* mengalami peningkatan dalam pembuatannya. Bahan baku *fiberglass* banyak dipakai pada pembuatan kapal seperti *speed boat*, *patrol boat*, *fishing boat*, serta *kapal pesiar* (Sari, 2009).

2.12.1. BKI

Peraturan yang digunakan oleh Biro Perkapalan Indonesia (BKI) untuk pengujian kapal fiber adalah Peraturan Untuk Kapal Plastik Berbahan Fiber, terdapat pada Bagian 1: Peraturan Umum, terdapat pada Bagian C: Peraturan Umum Struktur dan Perlengkapan Lambung, butir 4 Scantling. Persyaratan peraturan ini berlaku untuk FRP yang dibentuk dengan menggunakan bahan yang diperkuat serat gelas, resin poliester tak jenuh, dan resin epoksi melalui laminasi manual atau laminasi semprot. Untuk bahan yang diperkuat *fiber glass* yang diisi dengan serat penguat, jenis *mat* dan *roving* harus memiliki standar kekuatan sebagai berikut:

1. *Tensile Strength* : 10 kg/mm².
2. *Modulus Of Tensile Elasticity* : 700 kg/mm².
3. *Bending Strength* : 15 kg/mm².
4. *Modulus of Bending Elasticity* : 700 kg/mm².

Sedangkan untuk Nilai minimum yang disyaratkan BKI dalam rules BKI 2006 untuk kuat tarik dan kuat tekuk adalah :

Kekuatan Tarik :

$$X_{min} = a \left[X_{ref} \left(\frac{\phi}{0.4} \right) \right] - [1278\phi^2 + 510\phi + 123] \text{MPa} \dots \dots \dots (2.1)$$

Kekuatan Tekuk :

$$X_{min} = a \left[X_{ref} \left(\frac{\phi}{0.4} \right) \right] - [502\phi^2 + 106.8] \text{MPa} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

ϕ = Kandungan volume serat (0.3 atau 30%, sesuai komposisi bahan laminasi yang digunakan dalam sampel). X_{min} = Nilai minimum yang disyaratkan (dalam MPa).

X_{ref} = Nilai acuan (kekuatan tarik = 500 MPa dan kekuatan tekuk = 650 MPa).

α = Faktor untuk susunan serat penguat ($\alpha = 0.55$ untuk kuat tarik dan kuat tekuk dengan sampel $0^\circ / 90^\circ$).

2.13. Penelitian Terdahulu

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan, ditunjukkan pada tabel 2.1:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1	Wenny Ririantika , 2016 PENGARUH VARIASI SUSUNAN SERAT TERHADAP KEKUATAN MATERIAL FIBERGLASS PADA KAPAL PERIKANAN PRODUKSI GALANGAN KAPAL KARYA SAKTI BENGKALIS	Kekuatan bahan yang mempengaruhi kualitas suatu kapal pengaruh variasi susunan serat terhadap kekuatan material fiberglass.
2	Arif Nur Iskandar, 2020 PENGARUH PERBANDINGAN RESIN DAN KATALIS TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT FIBERGLASS- POLYESTER UNTUK BAHAN PEMBUATAN KAPAL	Untuk komposit <i>fiberglass-polyester</i> diperoleh nilai kekuatan tarik tertinggi pada komposisi resin dan katalis 100:1,5; Dengan nilai kekuatan tarik 5,49 kgf/mm ² , elongasi 1,97% dan modulus elastisitas 3,07 kgf/mm ² .