PENGARUH JENIS POLIMER PADA KEKUATAN MATERIAL KOMPOSIT SERAT ALAM IJUK SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN BILAH KINCIR ANGIN TAMBAK GARAM

Oleh:

ANDI ILHAM AKBAR

D211 15 321

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

SKRIPSI

PENGARUH JENIS POLIMER PADA KEKUATAN MATERIAL KOMPOSIT SERAT ALAM IJUK SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN BILAH KINCIR ANGIN TAMBAK GARAM

OLEH:

ANDI ILHAM AKBAR

D211 15 321

Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2022

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH JENIS POLIMER PADA KEKUATAN MATERIAL KOMPOSIT SERAT ALAM IJUK SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN BILAH KINCIR ANGIN TAMBAK GARAM

Disusun dan diajukan oleh

ANDI ILHAM AKBAR

D21115321

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 8 Maret 2022

Menyetujui,

Pembimbing I,

Prof. Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT.
NIP. 195709141987031001

Pembimbing II,

Dr. Muhammad Syahid, ST. MT.
NIP. 197707072005111001

Ketua Departemen Teknik Mesin,

Dr. Eng. Jalaluddin, S.T., M.T.
NIP 197208252000031001

ii

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA DIRI

Nama lengkap ` : ANDI ILHAM AKBAR.

Nama Panggilan : Illank

Tempat / Tanggal Lahir : Makassar, 15 Mei 1997

Jenis Kelamin : Laki-Laki

Agama : Islam

Golongan Darah : A

Alamat : Perumahan Taman Makassar Indah Blok A7/18A, Tamangapa Antang

Telepon / No. HP : 082271157933

E-mail : andi.ilhmakbr@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

- SDN 1 Mamuju (2002-2008)
- SMP Islam Athirah Bukit Baruga (2008-2011)
- SMA Islam Athirah Bukit Baruga (2011-2015)
- Universitas Hasanuddin (2015-2022)

RIWAYAT ORGANISASI

- MAPALA 09 SMFT-UH
- OKFT-UH
- HMM FT-UH
- SISPALA ADIWIYATA

ABSTRAK

Bahan yang dipilih untuk pembuatan bilah kincir angin adalah bahan dari kayu yang jika terlalu lama berinteraksi dengan air akan menyebabkan kayu itu lapuk kemudian rusak. Bahan komposit dari serat alam hadir dengan menawarkan ketahanan terhadap korosi atau bahkan lapuk jauh lebih tinggi dibanding kayu dan secara biaya relatif murah dan limbah setelah pemakaian yang dapat terurai dan ramah lingkungan. Oleh karena itu dalam penelitian ini, ingin mengetahui bagaimana pengaruh kekuatan mekanik material komposit berbahan dasar serat alam ijuk yang menggunakan variasi jenis polimer yang berbeda pada pengujian kekuatan lengkung *(bending)* dan juga pada pengujian kekuatan tarik *(tensile).*

Hasil dari peneliatian ini memperoleh persentase kekuatan tarik dari resin poliester naik sebesar sebesar 28,09% dari 38,66 MPa menjadi 49,62 MPa, untuk resin jenis epoksi justru mengalami penurunan sebesar 11,53% dari 31,37 MPa menjadi 27,75 MPa, dan untuk resin vinilester mengalami kenaikan sebesar 2,82% dari 38,54 MPa menjadi 39,63 MPa.

Dan juga untuk menunjukan nilai kekuatan bending dimana, tertinggi diperoleh dari jenis spesimen resin polyester dengan nilai kekuatan bending sebelum dilakukan pemanasan sebesar 61,14 MPa dan mengalami penurunan dengan persentase sebesar 14,16% menjadi 52,48 MPa, kemudian pada jenis resin vinilester nilai awal kekuatan bending sebelum pemanasan yaitu 44,13 MPa dan juga mengalami penurunan nilai sebesar 14,02% menjadi 37,94 MPa, sedangkan kenaikan kekuatan bending setelah pemanasan hanya terjadi pada jenis resin epoksi sebesar 3,13% dari 42,69 MPa menjadi 44,03 MPa.

.

Kata kunci : Komposit, Serat Alam, Ijuk, Resin, Polyester, Vinilester, Epoksi, Tensile, Bending, Mpa.

A*BSTRACT*

The material chosen for the manufacture of windmill blades is wood which if too long interacts with water will cause the wood to rot and then break. Composite materials from natural fibers are present by offering much higher resistance to corrosion or even weathering than wood and are relatively inexpensive and waste after use that is biodegradable and environmentally friendly. Therefore, in this study, we wanted to find out how the mechanical strength of composite materials made from natural fibers based on fibers using different types of polymers affects the bending strength test and also the tensile strength test.

The results of this study showed that the percentage of tensile strength of polyester resin increased by 28,09% from 38,66 MPa to 49.62 MPa, for epoxy resin it decreased by 11.53% from 31.37 MPa to 27.75 MPa. , and for vinylester resin increased by 2.82% from 38.54 MPa to 39.63 MPa.

And also to show the value of the vending strength where, the highest was obtained from the type of polyester resin specimen with a bending strength value before heating of 61.14 MPa and decreased by a percentage of 14.16% to 52.48 MPa, then the vinylester resin type the value the initial bending strength before heating was 44.13 MPa and also decreased in value by 14.02% to 37.94 MPa, while the increase in bending strength after heating only occurred in the type of epoxy resin by 3.13% from 42.69 MPa to 44. .03 MPa.

Keywords *: Composite, Natural Fiber, Fiber, Resin, Polyester, Vinylester, Epoxy, Tensile, Bending, Mpa.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur sebesar-besarnya peneliti panjatkan ke-hadirat Allah *Subhanahu Wata'ala* yang telah memberikan banyak nikmat, taufik dan hidayah, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir penelitian yang berjudul "***Pengaruh Jenis Polimer Pada Kekuatan Material Komposit Serat Alam Ijuk Sebagai Bahan Pembuatan Bilah Kincir Angin Tambak Garam***" dengan berbagai hambatan dan tantangan yang dilalui.

Selain itu, penulis sebagai manusia biasa menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan naskah tugas akhir ini, baik dari segi tata bahasa, susunan kalimat, maupun isi. Oleh sebab itu dengan segala kerendahan hati, saya selaku penyusun menerima segala kritik dan saran yang membangun dari pembaca.

Tak lupa pula Selama proses pengerjaan skripsi ini penulis menerima begitu banyak bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. atas semua berkat karunia serta pertolongan-Nya yang telah diberikan kepada penulis disetiap langkah dalam penelitian hingga penulisan tugas akhir ini.
2. Kepada kedua orang tua (Abd. Hafid & A. Surmiaty) serta adik saya yang tiada henti-hentinya memberikan dorongan berupa do'a dan semangat dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT, selaku pembimbing pertama atas segala bimbingan, arahan, masukan, dan bantuannya selama penyusunan tugas akhir.
5. Bapak Dr. Muhammad Syahid, ST. MT. selaku pembimbing kedua atas segala petunjuk dan masukannya terhadap penulisan tugas akhir ini.

6. Bapak Dr. Ir. Zulkifli Djafar dan Bapak Dr.eng. Lukmanul Hakim Arma, ST. MT. selaku penguji yang telah memberikan masukan kritik dan saran dalam penulisan tugas akhir ini.
7. Bapak dan ibu dosen serta staf Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Keluarga Sakinah MAPALA 09 SMFT-UH, yang telah menjadi tempat bermain dan belajar. Dan sebagai tempat paling berharga dan berjasa untuk memberikan pembelajaran hidup kedepan bagi saya
9. OKFT-UH dan HMM FT-UH sebagai salah satu organisasi penunjang.
10. Kepada saudara-saudara seperjuangan, *HYDRAULIC*'15 yang selalu ada dalam suka dan duka mulai dari semester 1 hingga sampai tahap akhir penulis, semoga dipermudah segala urusannya dan cepat mendapatkan gelar sarjananya.
11. Saudara di SISPALA ADIWIYATA.
12. Semua pihak yang telah berpartisipasi memberikan do'a dan dukungan namun tidak bisa disebutkan namanya satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna walaupun telah menerima bantuan dari berbagai pihak. Apabila terdapat kesalahan-kesalahan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab peneliti dan bukan para pemberi bantuan. Kritik dan saran yang membangun akan lebih menyempurnakan skripsi ini.

Makassar, 08 Maret 2022

Penulis,

Andi Ilham Akbar.

DAFTAR ISI

SKRIPSI i

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PENGESAHAN ii

DAFTAR RIWAYAT HIDUP iii

ABSTRAK iv

ABSTRACT v

KATA PENGANTAR vi

DAFTAR ISI viii

DAFTAR TABEL x

DAFTAR GAMBAR xi

BAB I 1

PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 3

1.3. Tujuan Penelitian 3

1.4. Batasan Masalah 3

1.5. Manfaat Penilitian 4

1.6. Sistematika Penulisan 4

BAB II 6

TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1 Komposit 6

2.2 Serat Alam Ijuk 9

2.3 Polimer 14

2.4 Sifat Mekanik Material 20

BAB III 26

METODOLOGI PENILITIAN 26

3.1 Waktu dan Tempat 26

3.2 Alat dan Bahan 26

3.2.1 Alat 26

3.2.2 Bahan 27

3.3 Diagram Alir 28

3.4 Prosedur Penelitian 30

BAB IV **32**
HASIL DAN PEMBAHASAN **32**
4.1 Pengujian Tarik *(Tensile)* 32
4.2 Pengujian Bending 38
4.3 Fabrikasi Bilah Tambak Garam 42
BAB V **46**
PENUTUP **46**
5.1 Kesimpulan 46
5.2 Saran 48
DAFTAR PUSTAKA **49**
LAMPIRAN **53**

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Sifat mekanis serat ijuk 10
Tabel 2.2 : Contoh dari jenis-jenis polimer.....17
Tabel 2.3 : Perbandingan kekuatan Mekanis polimer termoset 20
Tabel 2.4 : Keterangan dimensi spesimen uji Tarik.....22
Tabel 4.1 : Perbandingan nilai rata-rata tegangan, regangan, dan modulus elastisitas spesimen uji tarik.....33
Tabel 4.2 : Perbandingan nilai kekuatan tegangan *bending* dan modulus elastisitas *bending* 38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : *fibrous composite* 7
Gambar 2.2 : *Particulate composite* 8
Gambar 2.3 : *Laminated composite* 8
Gambar 2.4 : Serat Ijuk 9
Gambar 2.5 Tiga tipe orientasi *reinforcement* 11
Gambar 2.6 : Struktur molekul linear polimer termoplastik 18
Gambar 2.7 : Bentuk struktur silang termoset 19
Gambar 2.8 : Bentuk specimen uji tarik.....22
Gambar 2.9 : Pengujian Bending (Standar ASTM D 790-02). 22
Gambar 4.1 : Grafik Perbandingan Tegangan Spesimen 34
Gambar 4.2 : Perbandingan nilai regangan spesimen uji tarik.....35
Gambar 4.3 : Perbandingan nilai modulus elastisitas 37
Gambar 4.4 : Grafik perbandingan nilai kekuatan *bending* 39
Gambar 4.5 : Grafik perbandingan nilai modulus *bending*.....40
Gambar 4.6 : Gambar master cetakan dan cetakan bilah 42
Gambar 4.7 : Tampak bawah dan tampak atas bilah hasil fabrikasi 43
Gambar 4.8 : Kegagalan proses fabrikasi pada bagian-bagian bilah. 44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat mendorong banyaknya penemuan beberapa teknologi alternatif sebagai cara dalam memenuhi kebutuhan masyarakat. Khususnya pada bahan material, bahan material yang dibutuhkan adalah bahan material yang berkualitas dan memiliki sifat mekanik yang tinggi. Komposit *polimer* berbahan penguat *(filler)* dari serat alam adalah salah satu alternatif untuk menghasilkan material yang dari sifat mekanik nya lebih baik dari material lainnya.

Tidak hanya itu banyaknya penggunaan dan pengembangan material komposit dari serat alam dikarenakan sifatnya yang dipandang lebih ramah lingkungan baik dalam proses pembuatan sampai proses pembuangan setelah mencapai masa habis pakai. Hal ini juga yang mendukung program regulasi persyaratan material yang telah habis pakai *(end of life)* yang berlaku di negara-negara di amerika, eropa, dan sebagian asia.(abu bakar dabet dkk,2018)

Untuk kebutuhan tersebut, berkembanglah komposit *polimer* yang disertai penguat oleh berbagai *filler* di antaranya serat alam. Ragam jenis *polimer* sudah banyak digunakan sebagai alternatif material suatu alat atau komponen akan tetapi bahan *polimer* yang umunya biasa digunakan dalam pembuatan material komposit adalah *polimer* jenis *termoset*. Pemilihan bahan ini didasarkan bahwa *polimer termoset* memiliki ketahanan terhadap suhu dan bahan kimia atau pelarut yang disebabkan wujudnya yang cair dan kekentalannya tidak terlalu tinggi sehingga mampu membasahi permukaan serat. Polimer jenis epoksi dan poliester merupakan *polimer* termoset yang biasa digunakan dalam pembuatan komposit *polimer*. (Kartini et al., 2002)

Perkembangan komposit *polimer* saat ini sudah mulai mengarah pada pemanfaatan komposit sebagai panel sekaligus struktur utama dari suatu

komponen tertentu. Bahan komposit tidak hanya digunakan dalam bidang transportasi dan properti saja tetapi juga sudah digunakan dalam bidang lainnya, seperti pada alternatif energi contohnya pada bilah kincir angin untuk pembangkit listrik, kebutuhan pertanian untuk pompa irigasi, dan juga pada irigasi di tambak garam.

Penggunaan serat alam sepert serat ijuk, sebagai matrik penguat atau *filler* pada material komposit *polimer* memiliki keunggulan lain bila dibandingkan dengan serat sintetis, komposit serat alam lebih ramah lingkungan karena mampu terdegradasi secara alami dan harganya pun lebih murah dibandingkan serat sintetis. Serat ijuk memiliki kelebihan dibandingkan dengan serat alam lainnya. Serat yang dihasilkan dari pohon aren memilki banyak keistimewaan diantaranya tahan lama, tahan terhadap asam dan garam air laut, dan memperlambat pelapukan kayu serta mencegah serangan rayap tanah.

Rata-rata bahan yang dipilih untuk pembuatan bilah turbin angin adalah bahan dari kayu yang jika terlalu lama berinteraksi dengan air akan menyebabkan kayu itu lapuk kemudian rusak, ada juga yang mengembangkan dengan menggunakan paduan alumunium, ketahanan terhadap korosi atau bahkan lapuk memang jauh lebih tinggi dibanding kayu tetapi pada secara biaya relatif lebih mahal dan limbah setelah pemakaian yang sulit terurai dan tidak ramah lingkungan.(abu bakar dkk, 2018)

Oleh karena itu dalam penelitian ini, ingin mengetahui bagaimana pengaruh kekuatan mekanik material komposit berbahan dasar serat alam ijuk yang menggunakan variasi jenis polimer yang berbeda pada pengujian kekuatan lengkung *(bending)* dan juga pada pengujian kekuatan tarik *(tensile).*

Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis terdorong untuk melakukan penelitian sebagai tugas akhir dengan judul **“Pengaruh Jenis Polimer Pada Kekuatan Material Komposit Serat Alam Ijuk Sebagai Bahan Pembuatan Bilah Kincir Angin Tambak Garam”.**

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan diatas, maka dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah, yakni :

- Bagaimana pengaruh perubahan jenis *polimer* pada pengujian *bending* terhadap kekuatan material yang digunakan pada pembuatan bilah ?
- Bagaimana pengaruh perubahan jenis *polimer* pada pengujian *tensile* terhadap kekuatan material yang digunakan pada pembuatan bilah ?

1.3. Tujuan Penelitian

Beberapa tujuan yang ingin dicapai pada penilitian ini adalah :

- Untuk mengetahui pengaruh perubahan jenis *polimer* pada pengujian *bending* terhadap material bilah yang telah dibuat.
- Untuk mengetahui pengaruh perubahan jenis *polimer* pada pengujian *bending* terhadap material bilah yang telah dibuat.

1.4. Batasan Masalah

Agar penulisan Tugas Akhir ini lebih terarah, maka penulis memberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

- Material komposit yang digunakan adalah serat alam ijuk.
- Pengujian yang dilakukan pada material adalah pengujian *tensile*.
- Pengujian yang dilakukan pada material adalah pengujian *bending*.
- Jenis polimer yang digunakan pada material ada 3 yaitu resin epoksi, polyester, dan vinilester.

1.5. Manfaat Penilitian

Manfaat yang didapat dari penelitian tersebut dibagi menjadi dua, yaitu sebagai berikut:

- Manfaat Langsung

  Dapat mengetahui kekuatan material yang akan digunakan untuk membuat suatu bilah dengan menggunakan bahan dasar material komposit serat alam ijuk, serta dapat mengetahui pengaruh kekuatan material terhadap perubahan jenis polimer. Dan menambah ilmu khususnya dibidang perancangan dan material.

- Manfaat Tidak Langsung

  Secara tidak langsung, data-data yang diperoleh dalam penelitian ini dapat bermanfaat bagi industri-industri kecil yang bergerak di bidang pertanian, tambak, dll. Juga bermanfaat bagi para Peneliti selanjutnya.

1.6. Sistematika Penulisan

BAB I Pendahuluan

Berisi latar belakang yang memperkenalkan gambaran mengenai korosi kelelahan, serta rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode pengumpulan data dan sistematika penulisan.

BAB II Landasan Teori

Berisi tentang tinjauan pustaka atau teori-teori penunjang yang berhubungan dengan penelitian.

BAB III Metodologi Penelitian

Berisi tentang proses penelitian secara lengkap.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Berisi tentang hasil dari analisa terhadap kekuatan material komposit serat alam ijuk dengan menggunakan pengujian *bending* dan *tensile*, beserta dengan pembahasan dan analisanya.

BAB V Penutup

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

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 dua material atau lebih pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat. Komposit dan alloy memiliki perbedaan dari cara penggabungannya yaitu apabila komposit digabung secara makroskopis sehingga masih kelihatan serat maupun matriknya (komposit serat) sedangkan pada alloy paduan digabung secara mikroskopis sehingga tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1975).

Komposit adalah material struktural yang terdiri dari dua gabungan atau lebih unsur, yang digabungkan pada tingkat makroskopik dan tidak larut antara satu dengan yang lain. (Kartini et al., 2002).

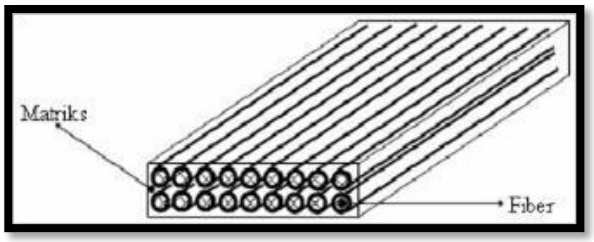
Berdasarkan definisi tersebut maka kondisi ikatan permukaan sangat berpengaruh terhadap kekuatan komposit. Persyaratan dasar kekuatan komposit terletak pada kekuatan antar muka matrik dan penguat. Ikatan antar muka inilah yang menjadi jembatan transmisi tegangan luar yang diberikan dari matrik menuju partikel penguat. Jika ikatan antarmuka terjadi dengan baik maka transmisi tegangan ini dapat berlangsung dengan baik pula. Material komposit tersusun atas 2 (dua) bagian yang berbeda yaitu matrik dan penguat. Matrik merupakan fasa utama dan kontinu, berfungsi menahan fasa penguat dan meneruskan beban. Sedangkan penguat merupakan fasa kedua dan diskontinu yang dimasukkan ke dalam matrik. Material penguat biasanya dalam bentuk serat, partikel, atau serpihan. Matrik memiliki sifat ulet, sementara itu, penguat umumnya memiliki kekuatan lebih tinggi dari

pada matrik, sehingga disebut fasa penguat (*reinforcing phase*). (kartaman et al., 2010)

Komposit dapat digolongkan berdasarkan jenis matrik dan bentuk penguatnya, yaitu

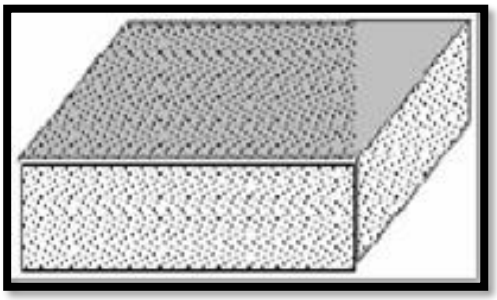
a. Klasifikasi Komposit Berdasarkan Matriks
   - *Metal matrix composites* (MMCs), yaitu komposit yang memiliki matrik berupa logam.
   - *Ceramic Matrix Composites* (CMCs), yaitu komposit dengan matrik dari bahan keramik.
   - *Polymer Matrix Composites* (PMCs), yaitu jenis komposit dengan matrik dari bahan polimer.

b. Klasifikasi Komposit berdasarkan penguat/*reinforcement*
   - *Fibrous composite*, yaitu komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapis dan berpenguat fiber. Kayu adalah komposit alam yang terdiri dari serat *hemiselulosa* dalam *matriks lignin*. Fiber yang digunakan untuk menguatkan matriks dapat pendek, panjang, atau kontinyu. Berdasarkan jenis seratnya dibedakan atas:
     1. Serat Kontinyu, dengan orientasi serat yang bermacam-macam antara lain arah serat satu arah (*unidirectional*), dua arah (*biaxial*), tiga arah (*triaxial*).
     2. Serat diskontinu, serat menyebar dengan acak sehingga sifat mekanik nya tidak terlalu baik jika dibandingkan dengan serat kontinyu.



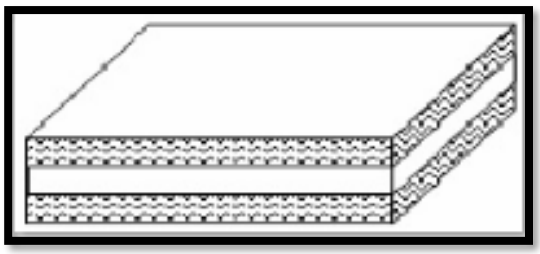
Gambar 2.1 *fibrous composite* (kartaman et al., 2010)

- *Particulate composite*, yaitu komposit dengan penguat berupa partikel/serbuk yang tersebar pada semua luasan dan segala arah dari komposit. *Particulate composite* material (material komposit partikel) terdiri dari satu atau lebih partikel yang tersuspensi di dalam matriks dari matriks lainnya. Partikel logam dan non-logam dapat digunakan sebagai matriks.



Gambar 2.2 *Particulate composite* (kartaman et al., 2010)

- *Laminated composite*, yaitu komposit yang berlapis-lapis, paling sedikit terdiri dari dua lapis yang digabung menjadi satu, dimana setiap lapisan pembentuk memiliki karakteristik sifat tersendiri. Terdiri sekurang-kurangnya dua lapis material yang berbeda dan digabung secara bersama-sama. *Laminated composite* dibentuk dari berbagai lapisan-lapisan dengan berbagai macam arah penyusunan serat yang ditentukan yang disebut *laminat*.



Gambar 2.3 *Laminated composite* (kartaman et al., 2010)

2.2 Serat Alam Ijuk

Serat alam adalah serat yang banyak diperoleh di alam sekitar, yang berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti serat pelepah pisang, bambu, nenas, rosella, kelapa, ijuk, dan lain-lain. Saat ini, serat alam mulai mendapatkan perhatian yang serius dari para ahli material komposit karena:

- Serat alam memiliki kekuatan spesifik yang tinggi karena serat alam memiliki massa janis yang rendah.
- Serat alam mudah diperoleh dan merupakan sumber daya alam yang dapat diolah kembali, harganya relatif murah, dan tidak beracun.

Serat ijuk adalah serat alam yang berasal dari pohon aren (arengga pinnata). Dilihat dari bentuk, pada umumnya berat serat tidaklah homogen. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan dan pembentukan serat tersebut bergantung pada lingkungan alam dan musim tempat serat tersebut tumbuh. Aplikasi serat ijuk masih dilakukan secara tradisional, diantaranya digunakan sebagai bahan tali temali, pembungkus pangkal kayu-kayu bangunan yang ditanam dalam tanah untuk mencegah serangan rayap, saringan air, sapu ijuk dan lain-lain. (Norizan, 2017)

Gambar 2.4 Serat Ijuk

Penelitian yang dilakukan terhadap serat ijuk tunggal, Diperoleh hasil jika kekuatan tarik dari ijuk lebih rendah dari serat nettle (1.594 MPa) dan mempunyai nilai yang hampir sama dengan coir, kenaf, bambu dan hemp (di

antara 138,7 – 270 MPa). Nilai dari modulus tarik sangat rendah (3,69 GPa) dari pada semua serat alam. Tetapi mempunyai nilai regangan paling tinggi diantara serat alam lainnya (19,6 %).

Hal ini menunjukkan bahwa serat ijuk mempunyai kelenturan yang tinggi dibanding serat alam lain. Dengan nilai kekuatan tarik sebesar 190,29 MPa, cukup untuk menjadikan ijuk sebagai penguat material komposit dan layak untuk dilakukan penelitian lebih jauh sebagai material komposit guna mendapatkan nilai mekanis yang lebih baik lagi. Untuk sifat mekanis serat ijuk dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Sifat mekanis serat ijuk (Bachtiar, 2010)

Massa Jenis, gr/cm³	1,29
Kekuatan Tarik, MPa	190,29
Modulus Elastisitas, GPa	3,69
Regangan, %	19,6
Diameter, mm	99-311

Penelitian yang menggabungkan antara matrik dan serat harus memperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhi performa *Fiber-Matrik Composites* antara lain. (Widodo, 2008) :

a) Faktor Serat

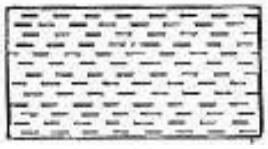
Serat adalah material pengisi *matrik* yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur *matrik* yang tidak dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi material penguat *matrik* pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

b) Letak Serat

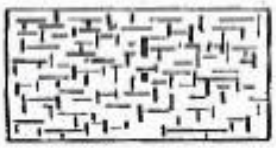
Dalam pembuatan komposit tata letak dan arah serat dalam *matrik* yang akan menentukan kekuatan mekanik komposit, dimana letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut. Menurut tata letak dan arah serat diklasifikasikan menjadi tiga bagian yaitu :

- *One dimensional reinforcement*, mempunyai kekuatan dan modulus maksimum pada arah axis serat.
- *Two-dimensional reinforcement* (planar), mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah orientasi serat.
- *Three-dimensional reinforcement*, mempunyai sifat *isotropic* kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya.

Pada pencampuran dan arah serat mempunyai beberapa keunggulan, jika orientasi serat semakin acak *(random*) maka sifat mekanik pada 1 arahnya akan melemah, bila arah tiap serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar ke segala arah maka kekuatan akan meningkat.



One dimensional reinforcement



Two dimensional reinforcement

Three dimensional reinforcement

Gambar 2.5. Tiga tipe orientasi pada *reinforcement*

c) Panjang Serat

Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matrik sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Ada dua penggunaan serat dalam campuran komposit yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Serat alami jika dibandingkan dengan serat sintetis mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya. Oleh karena itu panjang dan diameter sangat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit.

Panjang serat berbanding diameter serat sering disebut dengan istilah *aspect ratio*. Bila *aspect ratio* makin besar maka makin besar pula kekuatan tarik serat pada komposit tersebut. Serat panjang (*continuous fiber*) lebih efisien dalam peletakannya daripada serat pendek (dis*continuous fiber*). Akan tetapi, serat pendek lebih mudah peletakannya dibanding serat panjang. Panjang serat mempengaruhi kemampuan proses dari komposit serat. Pada umumnya, serat panjang lebih mudah penanganannya jika dibandingkan dengan serat pendek. Serat panjang pada keadaan normal dibentuk dengan proses *filament winding,* dimana pelapisan serat dengan matrik akan menghasilkan distribusi yang bagus dan orientasi yang menguntungkan.

Ditinjau dari teorinya, serat panjang dapat mengalirkan beban maupun tegangan dari titik tegangan ke arah serat yang lain. Pada struktur *continuos fiber* yang ideal, serat akan bebas tegangan atau mempunyai tegangan yang sama. Selama fabrikasi, beberapa serat akan menerima tegangan yang tinggi dan yang lain mungkin tidak terkena tegangan sehingga keadaan di atas tidak dapat tercapai. Sedangkan komposit serat pendek, dengan orientasi yang benar, akan menghasilkan kekuatan yang lebih besar jika dibandingkan *continuos fiber*. Komposit berserat pendek dapat diproduksi dengan cacat permukaan yang rendah sehingga kekuatannya dapat mencapai kekuatan kritisnya. Faktor yang mempengaruhi variasi panjang serat *chopped fiber composites* adalah

critical length (panjang kritis). Panjang kritis yaitu panjang minimum serat pada suatu diameter serat yang dibutuhkan pada tegangan untuk mencapai tegangan saat patah yang tinggi (Schwartz, 1984).

d) Bentuk Serat

Bentuk Serat yang digunakan untuk pembuatan komposit tidak begitu mempengaruhi, yang mempengaruhi adalah diameter seratnya. Pada umumnya, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi. Selain bentuknya kandungan seratnya juga mempengaruhi (Schwartz, 1984).

e) Faktor Matrik

Matrik dalam komposit berfungsi sebagai bahan pengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari perusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik, sehingga matrik dan serat saling berhubungan. Pembuatan komposit serat membutuhkan ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matrik. Selain itu matrik juga harus mempunyai kecocokan secara kimia agar reaksi yang tidak diinginkan tidak terjadi pada permukaan kontak antara keduanya. Untuk memilih matrik harus diperhatikan sifat-sifatnya, antara lain seperti tahan terhadap panas, tahan cuaca yang buruk dan tahan terhadap guncangan yang biasanya menjadi pertimbangan dalam pemilihan material matrik. Material Polimer yang sering digunakan sebagai material matrik dalam komposit ada dua macam adalah *termoplastik* dan *thermoset*.

f) Fraksi Volume Antara Material Pengisi dan Matrik

Jumlah kandungan serat dalam komposit, merupakan hal yang menjadi perhatian khusus pada komposit berpenguat serat. Untuk memperoleh komposit berkekuatan tinggi, distribusi serat dengan matrik harus merata pada proses pencampuran agar mengurangi timbulnya *void*. Untuk menghitung fraksi volume, parameter yang harus diketahui adalah

berat jenis resin, berat jenis serat, berat komposit dan berat serat. Jika selama pembuatan komposit diketahui massa serat dan matrik, serta densitas serat dan matrik, maka fraksi volume dan fraksi massa. (Wardani, 2015)

serat dapat dihitung dengan persamaan (Shackelford, 1992) :

$$V_f = \frac{W_f \,/\, \rho_f}{W_f \,/\, \rho_f + W_m \,/\, \rho_m} \quad \text{.....(2.1)}$$

Keterangan :

V_f = Fraksi volume serat

W_f = Berat serat

W_m = Berat matrik

ρ_f = Massa jenis serat

ρ_m = Massa jenis matrik

2.3 Polimer

Polimer adalah bahan yang sangat bermanfaat dalam dunia teknik. Polimer mudah dibuat dan penerapannya mencakup berbagai bidang industri, seperti serat, karet, plastik, cat, perekat dan penambal. Polimer terdiri dari beberapa bentuk yaitu cair-kental, karet-lunak, sampai padatan-keras. Meskipun demikian, semua berstruktur dan bersifat (kima, mekanis, fisik) serupa. Sifat sifatnya yang ringan, tahan korosi dan kimia, dan murah, khususnya untuk aplikasi-aplikasi pada temperatur rendah. Polimer adalah salah satu bahan rekayasa bukan logam (non-metallic material) yang penting. (Maiti & Bidinger, 1981)

Polimer merupakan suatu molekul raksasa (*makromolekul*) yang terbentuk dari susunan ulang molekul kecil yang terikat melalui ikatan kimia disebut polimer (*poly* = banyak; *mer* = bagian). Suatu polimer akan terbentuk

bila seratus atau seribu unit molekul yang kecil (*monomer***)**, saling berikatan dalam suatu rantai. Jenis-jenis monomer yang saling berikatan membentuk suatu polimer terkadang sama atau berbeda. Sifat-sifat polimer berbeda dari monomer-monomer yang menyusunnya.

Molekul polimer disusun dalam satu struktur rantai dalam struktur tiga dimensi dengan ikatan kovalen, kebanyakan molekul rantai memberikan sifat termoplastik dengan menaikan temperatur sehingga dapat mencair dan mengalir. Bahan tersebut dinamakan polimer termoplastik. Sedangkan polimer yang struktur tiga dimensi nya terkeraskan karena pemanasan tidak dapat mengalir lagi karena pemanasan dinamakan polimer termoset. (Maiti & Bidinger, 1981)

Sifat-sifat khas bahan polimer pada umumnya sebagai berikut .

- Kemampuan cetak yang baik. Pada temperatur relatif rendah bahan dapat dicetak dengan penyuntikan, penekanan, ekstrusi dan seterusnya yang menyebabkan ongkos lebih rendah dari pada logam dan keramik.
- Produk yang ringan dan kuat dapat dibuat. Berat jenis polimer rendah dibandingkan dengan logam dan keramik.
- Banyak diantara polimer bersifat isolasi listrik yang baik. Polimer mungkin juga dibuat konduktor dengan jalan mencampurkan dengan serbuk logam, butiran karbon, dan sebagainya.
- Baik sekali dalam ketahanan air dan ketahanan kimia. Pemilihan bahan yang baik akan menghasilkan produk yang mempunyai sifat-sifat baik sekali. (contoh : politetrafluoroetilenol, dan sebagainya).
- Produk-produk dengan sifat yang cukup berbeda dapat dibuat tergantung pada cara pembuatannya. Dengan mencampur zat pemlastis, pengisi, dan sebagainya sifat-sifat dapat berubah dalam daerah yang luas.
- Umumnya bahan polimer lebih murah.
- Kurang tahan terhadap panas, hal ini berbeda dengan logam dan keramik.

- Kekerasan permukaan yang sangat kurang. Bahan polimer yang keras ada tetapi masih jauh dibawah kekerasan logam dan keramik.
- Kurang tahan terhadap pelarut. Umumnya larut dalam pelarut tertentu kecuali beberapa bahan khusus seperti politetrafluoroetileno. Jika tidak dapat larut, mudah retak karena kontak yang terus menerus dengan pelarut.
- Mudah dimuati listrik secara elektro statis, kecuali beberapa bahan yang khusus dibuat agar menjadi hantaran listrik, kurang higroskopik, dan dapat dimuati listrik.
- Beberapa ada yang tahan abrasi atau mempunyai koefisien gesek yang kecil.

Penggolongan polimer berdasarkan asalnya, yaitu yang berasal dari alam (polimer alami) dan di polimer yang sengaja dibuat oleh manusia (polimer sintetis).

Polimer alam telah dikenal sejak ribuan tahun yang lalu. Polimer alam adalah senyawa yang dihasilkan dari proses metabolisme mahluk hidup. jumlahnya yang terbatas dan sifat polimer alam yang kurang stabil, mudah menyerap air, tidak stabil karena pemanasan dan sukar dibentuk menyebabkan penggunaanya amat terbatas. Contoh sederhana polimer alam seperti amilum dalam beras, jagung dan kentang , pati , selulosa dalam kayu , protein terdapat dalam daging dan karet alam diperoleh dari getah atau lateks pohon karet. protein, DNA, kitin pada kerangka luar serangga, wol, jaring laba-laba, sutera dan kepompong ngengat, adalah polimer-polimer yang disintesis secara alami.

Serat-serat selulosa yang kuat menyebabkan batang pohon menjadi kuat dan tegar untuk tumbuh dengan tinggi seratus kaki dibentuk dari monomer glukosa, yang berupa padatan kristalin yang berasa manis. Polimer alam dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.2 Contoh dari jenis-jenis polimer

Polimer	Monomer	Polimerisasi	Contoh
Pati/amilum	Glukosa	Kondensasi	Biji-bijian, akar umbi
Selulosa	Glukosa	Kondensasi	Sayur, Kayu, Kapas
Protein	Asam amino	Kondensasi	Susu, daging, telur, wol, sutera
Asam nukleat	Nukleotida	Kondensasi	Molekul DNA dan RNA (sel)
Karet alam	Isoprene	Adisi	Getah pohon karet

Selanjutnya Polimer buatan dapat berupa polimer regenerasi dan polimer sintetis. Polimer regenerasi adalah polimer alam yang dimodifikasi. Contohnya rayon, yaitu serat sintetis yang dibuat dari kayu (selulosa). Polimer sintetis adalah polimer yang dibuat dari molekul sederhana (monomer) dalam pabrik atau polimer yang dibuat dari bahan baku kimia disebut polimer sintetis seperti polyetena, polipropilena, poly vynil chlorida (PVC), dan nylon.

Kebanyakan polimer ini sebagai plastik yang digunakan untuk berbagai keperluan baik untuk rumah tangga, industri, atau mainan anak-anak. Polimer sintetis yang pertama kali yang dikenal adalah *bakelit* yaitu hasil kondensasi fenol dengan formaldehida, yang ditemukan oleh kimiawan kelahiran Belgia Leo Baekeland pada tahun 1907. Bakelit merupakan salah satu jenis dari produk-produk konsumsi yang dipakai secara luas. Beberapa contoh polimer yang dibuat oleh pabrik adalah nylon dan poliester, kantong plastik dan botol, pita karet, dan masih banyak produk lain yang ada pada kehidupan sehari-hari.

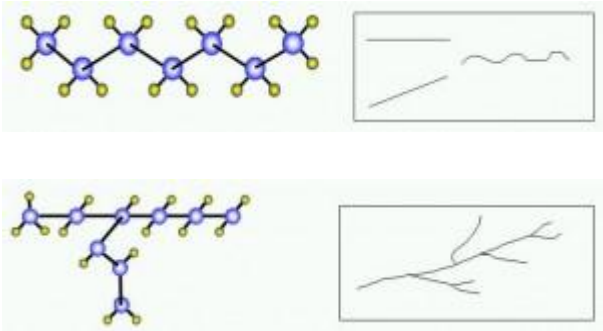
Berdasarkan sifatnya terhadap panas, polimer sintetis dapat dibedakan atas polimer termoplastik (tidak tahan panas, seperti plastik) dan polimer thermoset (tahan panas, seperti melamin). Klasifikasi polimer ini dibedakan menjadi dua, yaitu polimer termoplastik dan polimer thermoset.

- Polimer Termoplastik,

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan didinginkan akan mengeras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru.

Polimer yang termasuk polimer termoplastik adalah jenis polimer plastik. Jenis plastik ini tidak memiliki ikatan silang antar rantai polimer nya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang. Contoh-contoh dari polimer termoplastik yaitu : Polietilena (PE) seperti Botol plastik, mainan, bahan cetakan, ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik dan jas hujan. Polivinilklorida (PVC) seperti pipa air, pipa plastik, pipa kabel listrik, kulit sintetis, ubin plastik, piringan hitam, bungkus makanan, sarung tangan dan botol detergen. Polipropena (PP) seperti tali, botol minuman, serat, bak air, insulator, kursi plastik, alat-alat rumah sakit, komponen mesin cuci, pembungkus tekstil, dan permadani. Polistirena seperti sol sepatu, penggaris, gantungan baju.

Bentuk struktur termoplastik dapat dilihat pada gambar sebagai berikut (Ii & Pustaka, 1994):



2.6 Struktur molekul linear polimer termoplastik

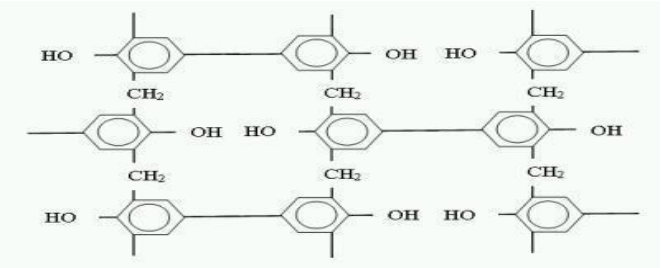
- Polimer Thermosetting

Polimer termoseting adalah polimer yang mempunyai sifat tahan terhadap panas. Jika polimer ini dipanaskan, maka tidak dapat meleleh.

Sehingga tidak dapat dibentuk ulang kembali. Susunan polimer ini bersifat permanen pada bentuk cetak pertama kali (pada saat pembuatan). Bila polimer ini rusak/pecah, maka tidak dapat disambung atau diperbaiki lagi.

Polimer termoseting memiliki ikatan – ikatan silang yang mudah dibentuk pada waktu dipanaskan. Hal ini membuat polimer menjadi kaku dan keras. Semakin banyak ikatan silang pada polimer ini, maka semakin kaku dan mudah patah. Bila polimer ini dipanaskan untuk kedua kalinya, maka akan menyebabkan rusak atau lepasnya ikatan silang antar rantai polimer. Contoh dari polimer termoset antara lain yaitu, melamin resin, epoxy resin, polyester, poliyimides, dll.

Bentuk struktur ikatan silang dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 2.7 Bentuk struktur silang termoset

Dari berbagai jenis polimer termoset yang ada beberapa jenis yang sangat sering kita temukan pada aplikasi pembuatan komponen-kompenen produksi, industri, rumah tangga dll. Yaitu jenis polimer resin epoksi, polyester, dan juga vinilester. Jenis polimer tersebut sangat marak kita jumpai sebagai matrik pengikat serat pada aplikasi pembuatan komposit. Namun secara penggolongan ketahanan terhadap panas, ketiga jenis polimer tersebut termasuk dalam satu golongan tetapi polimer tersebut memiliki kekuatan mekanis yang berbeda-beda.

Selain kemampuan kemampuan untuk saling berikatan atau dengan kata lain kemampuan untuk menghasilkan ikatan dengan serat untuk menghasilkan kekuatan mekanis komposit yang kuat juga berbeda-beda dari ketiga jenis polimer termoset tersebut. Menurut (Cassis, 1998), jika tanpa berikatan dengan

serat/penguat tertententu secara sifat mekanik, vinyl ester memiliki kemampuan lebih baik dibandingkan dengan polyester. Tetapi jika dibandingkan dengan epoksi, vinyl ester memiliki sifat mekanik yang rendah jika dibandingkan dengan epoksi .

Tidak hanya itu kemampuan curing dari masing-masing pun juga berbeda-beda, hal ini bergantung pada kerapatan/densitas yang dimiliki polimer-polimer tersebut berbeda.

Dari beberapa penielitian dan urian diatas perbedaan antar jenis polimer termoset tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.3. Perbandingan kekuatan Mekanis polimer termoset

Sifat	Polyester	vinil ester	Epoksi
Kekuatan Tarik, Mpa	41 – 89	69 - 89	55 – 130
Modulus Elastisitas, GPa	2,06 - 4,41	2,7 – 3,1	2,8 – 4,2
Regangan, %	1,5 - 2,6	6	2,8
Densitas, g/cm³	1,04-1,46	1,11 – 1,25	1,43 – 1,78

2.4 Sifat Mekanik Material

Sifat mekanik adalah sifat yang berhubungan dengan kekuatan bahan / kemampuan suatu bahan untuk menahan gaya luar yang bekerja padanya. Sifat mekanik material komposit diketahui dari penelitian yang bertujuan untuk memanfaatkan serat ijuk dan variasi polimer secara maksimal sebagai struktur dan bahan konstruksi. Beberapa sifat mekanika material yang penting untuk perencanaan konstruksi , antara lain. (Mahmuda et al., 2013) :

a. Kuat Tarik

Kuat tarik material adalah kekuatan untuk menahan gaya tarik tergantung pada bagian batang yang digunakan. Kuat tarik dibedakan menjadi dua macam yaitu kekuatan tarik tegak lurus serat dan kekuatan

tarik sejajar serat. Bagian ujung memiliki kekuatan terhadap gaya tarik 12% lebih rendah dibandingkan dengan bagian pangkal.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{..... (2.2)}$$

Keterangan :

σ = Kekuatan/tegangan tarik pada batas maksimum (kg/cm^2)

A = Luas penampang melintang pada bagian paling kecil di tengah batang benda uji (cm^2)

P = Beban tarik maksimum (kg)

σ adalah kekuatan tarik komposit yang dihasilkan oleh beban tarik (P) dibagi luasan rata-rata komposit (A). untuk regangan (ε) komposit dapat diketahui besarnya menggunakan persamaan :

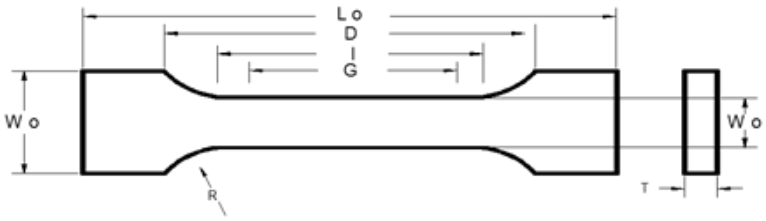
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad \text{..... (2.3)}$$

Dengan ΔL adalah perubahan panjang di panjang awal (L). jika regangan serat sudah diketahui maka besarnya modulus elastisitas (E) adalah

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \text{..... (2.4)}$$

Kekuatan tarik longitudinal pada komposit dapat ditentukan berdasarkan dua kondisi, yaitu : awal regangan patah terjadi pada serat dan awal regangan patah terjadi pada matrik.

Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan panjang daerah ukur (gage length). Nilai regangan ini adalah regangan proporsional yang didapat dari garis. Proporsional pada grafik tegangan-tegangan hasil uji tarik komposit. (Surdia T. d., 1995).



Gambar 2.8 Bentuk specimen uji Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan cara menarik spesimen sampai putus. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik atau dengan universal testing standar (Standar ASTM D 638-02) dengan dimensi seperti pada Gambar 2.8.

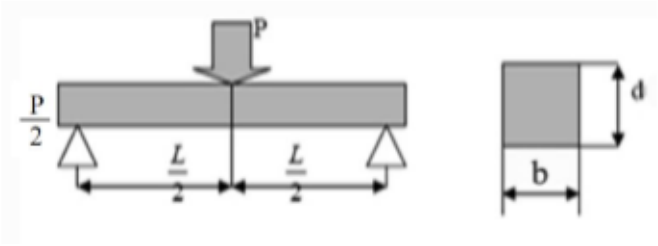
Tabel 2.4 Keterangan dimensi spesimen uji Tarik

Simbol	Ket.	Mm
W	Width of narrow section	13 ± 0.5
L	Legth of narrow section	57 ± 0.5
W_0	Width ovrall, min	19 ± 6.4
L_0	Length overall	165 (no max)
G	Gage Length	50 ± 0.25
D	Distance Between Grips	115 ± 5
R	Radius of fillet	13 ± 0.5
T	Thicknes (diambil dari ketebalan komposit)	

b. Kuat Lentur (Bending)

Material komposit mempunyai sifat tekan lebih baik dibanding tarik, pada perlakuan uji bending spesimen, bagian atas spesimen terjadi proses tekan dan bagian bawah terjadi proses tarik sehingga kegagalan

yang terjadi akibat uji bending yaitu mengalami patah bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Dimensi balok dapat kita lihat pada gambar 2.6. berikut ini : (Standar ASTM D 790-02).



Gambar 2.9 Pengujian Bending (Standar ASTM D 790-02).

Uji bending adalah suatu proses pengujian material dengan cara di tekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan lengkung (bending) suatu material yang di uji. Proses pengujian bending memiliki 2 macam pengujian, yaitu 3 point bending dan 4 point bending. Untuk melakukan uji bending ada faktor dan aspek yang harus dipertimbangkan dan dimengerti yaitu

Tekanan

Tekanan adalah perbandingan antara gaya yang terjadi dengan luasan benda yang dikenai gaya. Besarnya tekanan yang terjadi dipengaruhi oleh dimensi benda yang di uji. Dimensi mempengaruhi tekanan yang terjadi karena semakin besar dimensi benda uji yang digunakan maka semakin besar pula gaya yang terjadi. Selain itu alat penekan juga mempengaruhi besarnya tekanan yang terjadi.

Benda uji

Benda uji adalah suatu benda yang di uji kekuatan lengkung nya dengan menggunakan alat uji bending. Jenis material benda uji yang digunakan sebagai benda uji sangatlah berpengaruh dalam pengujian bending. Karena tiap jenis material memiliki kekuatan lengkung yang

berbeda-beda, yang nantinya berpengaruh terhadap hasil uji bending itu sendiri.

Point bending

Point bending adalah suatu sistem atau cara dalam melakukan pengujian lengkung (*bending*). *Point bending* ini memiliki 2 tipe, yaitu: *three point bending* dan *four point bending*. Perbedaan dari kedua cara pengujian ini hanya terletak dari bentuk dan jumlah point yang digunakan, *three point bending* menggunakan 2 point pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan 1 point pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan sedangkan *four point bending* menggunakan 2 point pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan 2 point (penekan) pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan. Selain itu juga terdapat beberapa kelebihan dan kelemahan dari cara pengujian *three point* dan *four point*.

Sehingga kekuatan bending dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma_b = \frac{\frac{PL}{4} x \frac{1}{2} d}{b \; x \; d \; \frac{1}{12}} \qquad (2.5) \qquad \sigma_b = \frac{12PLd}{8bd^3} \qquad (2.6)$$

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \qquad (2.7)$$

Pada perhitungan kekuatan bending ini, digunakan persamaan yang ada pada standar ASTM D790, sama seperti pada persamaan di atas, yaitu:

$$S = \frac{3PL}{2bd^2} \qquad (2.8)$$

dimana:

S = Tegangan bending (MPa) b = Lebar / *Width* (mm)

P = Beban / *Load* (N) d= Tebal / *Depth* (mm)

L= Panjang Span / *Support span* (mm)

Sedangkan regangan maksimal yang berlaku pada pengujian three point bending dijelaskan dengan persamaan berikut:

$$\varepsilon = \frac{6\delta d}{L^2} \qquad (2.9)$$

Sedangkan untuk mencari modulus elastisitas bending menggunakan rumus :

$$Eb = \frac{L^3 m}{4bd^3} \qquad (2.10)$$

dimana:

S = Tegangan bending (MPa) b = Lebar / *Width* (mm)

P = Beban / *Load* (N) d= Tebal / *Depth* (mm)

L= Panjang Span / *Support span* (mm) δ= Defleksi (mm)

(Callister, 2007).