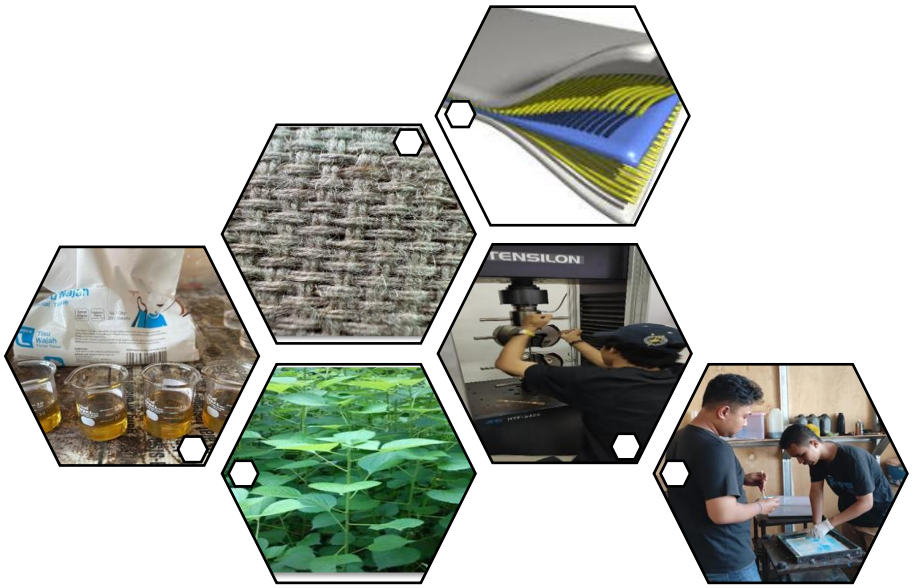
# PENGARUH SINAR MATAHARI PADA KOMPOSIT TENUNAN SEARAT RAMI




**MUH. SYAHRUL RAMADHAN. R**

**D021 18 1307**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2024**

**SKRIPSI**

# PENGARUH SINAR MATAHARI PADA KOMPOSIT TENUNAN SEARAT RAMI

**Oleh:**

**MUH. SYAHRUL RAMADHAN. R**

**D021 18 1307**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2024**

**PENGAJUAN SKRIPSI**

# PENGARUH SINAR MATAHARI PADA KOMPOSIT TENUNAN SEARAT RAMI

**MUH. SYAHRUL RAMADHAN. R**

**D021 18 1307**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Mesin

Pada

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2024**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PENGARUH SINAR MATAHARI PADA KOMPOSIT TENUNAN SERAT RAMI**

Disusun dan diajukan oleh

**MUH. SYAHRUL RAMADHAN. R**

**D021 18 1307**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 05 November 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing utama,

**Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT**

**NIP. 19650630 199103 1 004**

Pembimbing pendamping,

**Dr. Ir. Muhammad Syahid, ST., MT**

**NIP. 19770707 200501 1 001**

Ketua Program Studi,

**Dr. Ir. Muhammad Syahid, ST., MT**

**NIP. 19770707 200501 1 001**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini;

| | |
|---|---|
| Nama | : Muh. Syahrul Ramadhan. R |
| Nim | : D021 18 1307 |
| Judul Skripsi | : Pengaruh Sinar Matahari Pada Komposit Tenunan Serat Rami |

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pemah diajukan untuk gelar atau ijazah pada UniversitaS Hasanuddin atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin.

Demikian pemyataan ini saya buat

Gowa, 15 Oktober 2024

Yang membuat pemyataan,

Muh. Syahrul Ramadhan. R

# KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Sinar Matahari Pada Komposit Tenunan Serat Rami” sebagai salah satu syarat guna menyelesaikan pendidikan Sarjana S1 di Universitas Hasanuddin Makassar.

Ucapan terima kasih yang tak terhingga penulis ucapkan kepada orangtua penulis yakni Ayahanda Abdul Rahman. S.Sos dan Ibunda Sari Bulang untuk do’a, kasih sayang, dukungan, semangat dan pengorbanan yang begitu besar kepada anak-anaknya.

Ketidak sempurnaan skripsi ini merupakan wujud keterbatasan penulis sebagai manusia biasa sehingga masukan berupa saran dan kritikan tetap penulis harapkan. Namun bantuan dari berbagai pihak merupakan motivasi yang tak terhingga. Untuk itu penulis dengan segala kerendahan hati mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT., selaku pembimbing I yang telah banyak membantu dan meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya dalam bentuk bimbingan, pengarahan, dan perbaikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Muhammad Syahid, ST., MT., selaku pembimbing II yang juga telah banyak membantu dan meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya dalam bentuk bimbingan, pengarahan, dan perbaikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Muhammad Syahid, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak dan Ibu dosen serta Staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Bapak Andi Khaerul dan bapak Usman selaku Laboratorium Mekanika Terpakai Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu dan membimbing.
7. Kepada Ibu Andi Haslinah, Pak Yusuf dan Pak Masriadi yang telah memberi dukungan dan bantuan dalam banyak hal.
8. Kepada Kak Azwar dan kak Iqbal yang telah membimbing dan membersamai dalam pembuatan alat hingga akhir penelitian.
9. Sodara iwal dan afa yang telah membersamai saya dari awal penelitian hingga selesai sebagai tim.
10. Seluruh teman-teman asisten Lab mekanika terpakai yang telah memberi bantuan selama meneliti.

11. Kepada sodara-sodara REACTOR 2018 yang telah memberi tawa dan canda, menghapus luka serta duka, menjadi penopang saat tugas kuliah melanda dan membagi jawaban saat ujian final merajalela.
12. Dan terakhir saya banyak-banyak terimakasih kepada teman-teman, keluarga ataupun sodara-sodaraku yang selalu bertanya “kapan selesai” panas telingaku dengarki itu hahahaa.

Akhir kata, penulis berkeyakinan bahwa segala sesuatu yang kita rencanakan akan terasa sulit direalisasikan dengan baik jika tanpa melibatkan orang lain dengan tetap bertumpu pada fitrah Allah subhanahu wa ta'ala sebagai penentu segalanya dan semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat dan informasi bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Penulis

Muh. Syahrul Ramadhan. R

# ABSTRAK

MUH. SYAHRUL RAMADHAN. R. Pengaruh Sinar Matahari Pada Komposit Tenunan Serat Rami (dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT., dan Dr. Muhammad Syahid, ST., MT.)

Komposit serat alam menghadirkan alternatif berkelanjutan untuk aplikasi kelautan, kinerjanya di lingkungan air laut perlu dikaji lebih lanjut untuk sepenuhnya menyadari potensinya dalam mengurangi jejak lingkungan struktur laut. Salah satu serat alam yang banyak dikembangkan dalam bidang material saat ini adalah serat rami. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat mekanis dari komposit tersebut setelah penjemuran pada sinar matahari. Penelitian ini menggunakan tenunan serat rami dengan pola basket. matriks terbuat dari campuran resin epoxy bisphenol A-Epichlorohydrin yang ditambahkan pigment pastes dan hardener epoksi polyaminoamide. Panel komposit dibuat menggunakan 3 lapis tenunan serat rami dengan lama penjemuran sinar matahari selama 12 minggu dengan interval waktu 2 minggu di setiap perlakuannya. Spesimen uji tarik menggunakan standar ASTM D638 tipe 1 dan ASTM D790 tipe 2 untuk spesimen uji bending. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel nilai kekuatan tarik pada sampel panel normal memiliki nilai sebesar (34,15±0,55 MPa) memberikan nilai selisih terhadap sampel pada akhir penjemuran yaitu sebesar 24,12% (25,91±2,05 MPa). Dalam hal kekuatan bending, pada akhir lama penjemuran menununjukkan pola grafik yang cenderung menurun terhadap sampel normalnya (133,47±18,16 MPa) memberikan nilai selisih terhadap sampel pada akhir penjemuran yaitu sebesar 31,08% (91,98±15,21 MPa) pada akhir penjemuran. Oleh karena itu, dapat disimpulkan yang mempengaruhi sifat mekanis yang konsisten menunjukkan adanya degradasi material yang mungkin disebabkan oleh penjemuran yang berkepanjangan.

Kata Kunci: Komposit, Serat Rami, Penjemuran Sinar Matahari, Uji Tarik, Uji Bending

# ABSTRACT

MUH. SYAHRUL RAMADHAN. R. Pengaruh Sinar Matahari Pada Komposit Tenunan Serat Rami (supervised by Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT., dan Dr. Muhammad Syahid, ST., MT.)

Natural fiber composites present a sustainable alternative for marine applications, its performance in seawater environments needs to be studied further to fully realize its potential in reducing the environmental footprint of marine structures. One of the natural fibers that is currently being developed in the materials sector is hemp fiber. This research aims to analyze the mechanical properties of the composite after drying in sunlight. This research uses hemp fiber weaving with a basketball pattern. The matrix is made from a mixture of bisphenol A-Epichlorohydrin epoxy resin with added pigment pastes and polyaminoamide epoxy hardener. Composite panels are made using 3 layers of woven hemp fiber and dried in the sun for 12 weeks with an interval of 2 weeks for each treatment. Tensile test specimens use ASTM D638 type 1 and ASTM D790 type 2 standards for bending test specimens. The research results show that the tensile strength value of the normal panel sample has a value of (34.15 ± 0.55 MPa), giving a difference value to the sample at the end of drying, namely 24.12% (25.91 ± 2.05 MPa). In terms of bending strength, at the end of the drying period it shows a graphic pattern that tends to decrease compared to the normal sample (133.47 ± 18.16 MPa) giving a difference value to the sample at the end of drying which is 31.08% (91.98 ± 15.21 MPa) at the end of drying. Therefore, it can be concluded that the consistent mechanical properties indicate material degradation which may be caused by prolonged drying.

Keywords: Composite, Hemp Fiber, Sun Drying, Tensile Test, Bending Test

# DAFTAR ISI

SKRIPSI ..... i
PENGAJUAN SKRIPSI ..... ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI ..... i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI ..... i
KATA PENGANTAR ..... v
ABSTRAK ..... vii
ABSTRACT ..... viii
DAFTAR ISI ..... ix
DAFTAR TABEL ..... xii
DAFTAR GAMBAR ..... xiii
BAB I PENDAHULUAN ..... 1
1.1. Latar Belakang ..... 1
1.2. Rumusan Masalah ..... 2
1.3. Tujuan Penelitian ..... 2
1.4. Batasan Masalah ..... 2
1.5. Manfaat Penelitian ..... 2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA ..... 3
2.1. Serat Rami ..... 3
2.1.1. Karakteristik Tanaman Rami ..... 4
2.1.2. Proses Pabrikasi Serat Rami ..... 5
2.2. Resin *Epoxy* ..... 7
2.3. Komposit ..... 8
2.3.1. Karakateristik Material Komposit ..... 8
2.3.2. Jenis – jenis Komposit ..... 8
2.3.3. Unsur Pembentuk Komposit ..... 10

2.4. Tenunan Serat Rami ..... 11
2.5. Sinar Matahari ..... 12
2.6. Pengujian Mekanis Komposit Serat Rami ..... 13
2.6.1. Pengujian Tarik ..... 13
2.6.2. Pengujian Bending ..... 14
BAB III METODE PENELITIAN ..... 17
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian ..... 17
3.2. Alat dan Bahan ..... 17
3.2.1. Alat yang digunakan ..... 17
3.2.2. Bahan Yang Digunakan ..... 21
3.3. Metode Penelitian ..... 22
3.4. Pelaksanaan Penelitian ..... 23
3.4.1. Persiapan Alat dan Bahan ..... 23
3.4.2. Pengolahan Serat Rami ..... 23
3.4.3. Proses Pencetakan Panel Komposit ..... 23
3.4.4. Proses Penjemuran Panel Komposit ..... 25
3.4.5. Pemotongan Spesimen ..... 25
3.4.6. Diagram Alir Penelitian ..... 27
3.4.7. Pengukuran dan Variabel/ Parameter ..... 28
3.4.8. Analisa Data ..... 28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... 29
4.1. Pengujian Mekanis Uji Tarik ( *Tensile Test* ) ..... 29
4.1.1. Hasil Uji Tarik ( *Tensile Test*) ..... 29
4.2. Pengujian Mekanis Uji Bending ( *Bending Test*) ..... 34
4.2.1. Hasil Uji Bending ( *Bending Test*) ..... 35
BAB V PENUTUP ..... 42
5.1. Kesimpulan ..... 42

5.2. Saran..... 43

DAFTAR PUSTAKA .....44

LAMPIRAN 1.....49

LAMPIRAN 2.....52

LAMPIRAN 3.....58

LAMPIRAN 4.....61

## DAFTAR TABEL

2.1 Perbandingan sifat serat rami dengan beberapa serat.....3
3.1 Keterangan dimensi ukuran dari gambar spesimen uji tarik…….26
3.2 Keterangan dimensi ukuran dari gambar spesimen uji bending.....26
4.1 Hasil uji tarik sampel TSRT-0.....29
4.2 Hasil uji tarik sampel TSRT-2 .....29
4.3 Hasil uji tarik sampel TSRT-4.....30
4.4 Hasil uji tarik sampel TSRT-6.....30
4.5 Hasil uji tarik sampel TSRT-8.....30
4.6 Hasil uji tarik sampel TSRT-10.....30
4.7 Hasil uji tarik sampel TSRT-12 .....31
4.8 Hasil uji bending sampel TSRB-0 .....35
4.9 Hasil uji bending sampel TSRB-2 .....35
4.10 Hasil uji bending sampel TSRB-4 .....36
4.11 Hasil uji bending sampel TSRB-6 .....36
4.12 Hasil uji bending sampel TSRB-8 .....36
4.13 Hasil uji bending sampel TSRB-10 .....37
4.14 Hasil uji bending sampel TSRB-12 .....37

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tanaman rami (Arisudana, I. 2020) ..... 4
Gambar 2. 2 Serat rami (Wulandari, 2007). ..... 5
Gambar 2. 3 Komposisi Komposit ..... 8
Gambar 2. 4 Komposit Partikel ..... 9
Gambar 2. 5 Komposit Serat ..... 9
Gambar 2. 6 Komposit *Sandwich* ..... 10
Gambar 2. 7 Komposit *Laminat* ..... 10
Gambar 2. 8 Variasi konstruksi tenunan ATBM ..... 12
Gambar 2. 9 Mesin Uji Tarik ..... 13
Gambar 2.10 Dimensi spesimen uji bending ASTM D 790-02 ..... 15
Gambar 2.11 Penampang uji bending ASTM D 790-02 ..... 15
Gambar 3. 1 Timbangan Digital ..... 17
Gambar 3. 2 Oven Listrik ..... 18
Gambar 3. 3 *Scroll saw* ..... 18
Gambar 3. 4 Dongkrak hidrolik ..... 19
Gambar 3. 5 Cetakan Panel Komposit ..... 19
Gambar 3. 6 *Waterpass* dan palu ..... 20
Gambar 3. 7 Mesin pengujian tarik ..... 20
Gambar 3. 8 Mesin pengujian bending ..... 21
Gambar 3. 9 Tenunan Serat Rami ..... 21
Gambar 3. 10 Epoksi Resin ..... 22
Gambar 3. 11 Epoksi *Hardener* ..... 22
Gambar 3. 12 Spesimen uji tarik (ASTM D 638-02a) ..... 25
Gambar 3. 13 Spesimen uji bending ASTM D 790-02 ..... 26
Gambar 4. 1 Grafik hubungan kekuatan tarik TSRT terhadap lama penjemuran selama 12 minggu ..... 31
Gambar 4. 2 Grafik hubungan regangan TSRT terhadap lama penjemuran selama 12 minggu ..... 32
Gambar 4. 3 Grafik hubungan modulus elastisitas TSRT terhadap lama penjemuran selama 12 minggu ..... 33
Gambar 4. 4 Grafik hubungan kekuatan bending TSRB terhadap lama penjemuran selama 12 minggu ..... 37
Gambar 4. 5 Grafik hubungan regangan TSRB terhadap lama penjemuran selama 12 minggu ..... 39
Gambar 4. 6 Grafik hubungan modulus elastisitas TSRB terhadap lama penjemuran selama 12 minggu ..... 40

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi komposit saat ini sudah mengalami pergeseran dari bahan komposit berpenguat serat sintetis menjadi bahan komposit berpenguat serat alam. Sifat komposit berpenguat serat alam yang lebih ramah lingkungan (Utomo, T. T. 2022). Material komposit memiliki peranan yang penting pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Sebagai material alternatif, material komposit memberikan banyak keunggulan, kelebihan material komposit memiliki ketahanan korosi, desain yang fleksibel, memiliki ketangguhan material yang baik dan bobot yang ringan (Setyawan, R. T., & Riyadi, S. 2020).

Tanaman rami adalah tanaman serat nabati yang menghasilkan serat dari kulit kayu. (Zainuri, A. 2019). Tanaman rami atau dalam bahasa latin dikenal dengan nama *Boehmeria Nivea L Gaud* merupakan tanaman tahunan yang berbentuk rumpun dan mudah tumbuh di daerah tropis, Tanaman rami berasal dari tanah jawa (sunda). Rami dapat tumbuh diberbagai kondisi lahan selain itu rami mudah beradaptasi serta rentan terhadap serangan hama. Manfaat dari tanaman rami sendiri batangnya dapat dimanfaatkan untuk dijadikan serat. Serat dari tanaman rami memiliki kekuatan dan daya serap air yang lebih besar serta memiliki serat yang panjang, Serat tersebut dapat digunakan sebagai bahan tekstil (Utomo, I. A. 2023).

Rami diklasifikasikan sebagai serat selulosa yang mirip dengan serat tumbuhan lain seperti kapas, Rami memiliki kompatibilitas yang baik dengan seluruh jenis serat baik serat alam maupun sintetis sehingga mudah untuk dicampur dengan jenis serat apapun (Zainuri, A. 2019). Meneliti tentang komposit serat rami dengan matriks resin polyester untuk mengetahui pengaruh jenis anyaman yang digunakan dalam setiap resin komposit yang diperkuat serat rami polyester terhadap ketangguhan dan kekuatan lentur. Penggunaan serat rami semakin populer khususnya pada industri komposit sebagai serat penguat (Haziza, E. P., & Aritonang, S. 2024).

Karena memiliki potensi yang menjanjikan dimasa depan, maka tidak dapat dipungkiri bahwa pengerjaan material komposit dengan penguat serat rami juga akan mengambil bagian yang penting. Maka hal ini yang mendasari untuk melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh sinar matahari pada komposit tenunan serat rami”.

### 1.2. Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, dapat dirumuskan berbagai masalah yang timbul yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan kekuatan tarik komposit serat rami sebelum dan setelah terpapar sinar matahari dalam rentang waktu 2 sampai 12 minggu?
2. Bagaimana pengaruh kekuatan bending komposit serat rami sebelum dan setelah terpapar sinar matahari dalam rentang waktu 2 sampai 12 minggu?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Menganalisa perubahan kekuatan tarik komposit serat rami sebelum dan setelah terpapar sinar matahari dalam rentang waktu 2 sampai 12 minggu?
2. Menganalisa perubahan kekuatan bending komposit serat rami sebelum dan setelah terpapar sinar matahari dalam rentang waktu 2 sampai 12 minggu?

### 1.4. Batasan Masalah

Adapun Batasan Masalah Dalam Penelitian ini, yaitu:

1. Material komposit yang digunakan adalah Resin Epoksi dan Serat Rami.
2. Penelitian ini tidak membahas tinjauan kimia dari serat rami.
3. Karakteristik sifat material meliputi uji tarik dan bending.
4. Komposit serat rami yang di uji tanpa *pigment paste*.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini, yaitu:

1. Memberi pengetahuan kepada pembaca untuk mengelolah limbah serat rami. Dapat mengetahui terhadap komposit serat rami setelah dan sebelum terpapar sinar matahari.
2. Menjadi referensi mengenai material komposit serat rami untuk penelitian lebih lanjut.

# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1. Serat Rami

Serat rami merupakan bahan yang berasal dari kulit batang rami. Serat rami ini masih dalam bentuk bundelan, karena terikat oleh lapisan pektin yang biasa disebut gum, yaitu sejenis karbohidrat rantai panjang yang menyebabkan helaian serat terikat satu sama lain. Serat rami tergolong dalam serat panjang, kuat, dan baik untuk bahan baku tekstil karena memiliki struktur yang mirip dengan serat kapas. Untuk diambil seratnya, batang tanaman rami dipanen setiap dua bulan sekali dan diproses dengan mesin dekortikator sehingga menghasilkan serat kasar *(china grass).* Sebelum dipintal menjadi benang, serat kasar yang masih banyak mengandung getah (gum) perlu dibersihkan melalui proses degumming, dan proses pemutihan serta pelemasan dengan pemberian minyak *(oiling)* sehingga menjadi serat yang putih dan lemas. Sebagai tanaman berserat *(bast fiber)*, rami mempunyai banyak kegunaan, yaitu sebagai sumber penghasil serat untuk industri tekstil (sebagai subsitusi kapas) maupun bahan baku pulp kertas (Utomo, T. T. 2022).

Di antara serat tumbuhan alami yang tersedia, serat rami menempati urutan teratas karena serat yang kuat dan tahan lama, dapat menyerap lebih banyak air dari pada serat kapas (Setyawan, R. T., & Riyadi, S. 2020). Serat rami juga memiliki keunggulan dalam beberapa sifat dibandingkan beberapa serat alam lain misalnya dalam hal daya lentur, kekuatan tarik, dan daya mulur seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1.** Perbandingan sifat serat rami dengan beberapa serat lain.

| Sifat | Rami | Flax | Kapas |
|---|---|---|---|
| Daya lentur (105 N/m2 ) | 9,5 | 7,8 | 4,5 |
| Kelembaban (%) | 12,0 | 12,0 | 8,0 |
| Kehalusan (denier) | 6,0 | 1,0 | 3,2 |
| Kekuatan Tarik (1010 N/m2) | 9,1 | 8,8 | 2,9 |
| Daya Mulur (%) | 3,7 | 3,3 | 6,9 |

Memanfaatkan keunggulan kekuatan serat rami untuk membuat panel tahan peluru dari komposit serat rami (Novarini 2015). Dimensi serat rami tidak berubah pada kenaikan kelembaban hingga 25 %. Daya serap terhadap airnya *(moisture regain)* terbilang tinggi yaitu 12 % sedangkan daya serap kapas hanya 8 %. Daya serap yang lebih tinggi ini menjadikan rami lebih mampu menyerap cairan tubuh seperti keringat. Oleh karena itu rami sangat sesuai untuk digunakan sebagai pakaian musim panas. Tanaman rami *(Boehmeria nivea)* tanaman yang memiliki kandungan selulosa yang sangat tinggi (Djafar, Ilhamzah, dan Renreng, 2020). Rami juga memiliki ketahanan yang baik terhadap serangan bakteri, jamur, serangga dan pelapukan, stabilitas dimensi tinggi, serta ketahanan luntur warna yang baik terhadap sinar dan pencucian. Dengan berbagai keunggulan dan beberapa sifatnya yang

menyerupai serat kapas, serat rami diharapkan akan sesuai apabila dijadikan sebagai alternatif penghasil serat selulosa untuk mengurangi ketergantungan terhadap kapas impor. Memiliki kekuatan tarik tinggi, ekstensibilitas rendah, memiliki sifat isolasi dan antistatis yang baik, serta memiliki konduktivitas termal yang rendah dan kelembapan yang rendah, memiliki sifat isolasi akustik dan pembuatannya tanpa iritasi kulit. Seratnya sangat putih mengkilat, tidak berubah warna atau kusut (Setyawan, R. T., & Riyadi, S. 2020).

Sifat dari serat rami yang merupakan serat batang ini antara lain :

1. Warna serat rami sangat putih dan berkilau
2. Warnanya tidak berubah warna oleh sinar matahari
3. Memiliki kekuatan tinggi, dan kekuatannya meningkat Ketika basah sekitar 1,4 hingga 1,6 kali kekuatannya saat kering.
4. Daya serap airnya setara dengan serat linen.
5. Kekuatan mulur serat rami berkisar sekitar 2-10 %.
6. Serat rami kurang elastis dan akan putus Ketika sering terlipat.
7. Sifat serat rami mirip dengan serat kapas Ketika terkena bahan kimia dari panas.

**Gambar 2.1.** Serat rami (Wulandari, 2007).

### 2.1.1. Karakteristik Tanaman Rami

Rami, dikenal sebagai rumput Cina. (Haziza, E. P., & Aritonang, S. 2024). Tanaman rami dalam bahasa latin disebut *Boehmeria nivea L. Gaud*, tanaman ini mempunyai akar yang tumbuh vertikal ke dalam tanah sedalam 20-30 cm. Tanaman rami tingginya dapat mencapai 2 m lebih dengan waktu atau masa panen terbaik sekitar 55 hari pada daerah daratan rendah sampai dengan 3 bulan di daerah dataran tinggi atau pegunungan. Tanaman rami sangat cocok dikembangkan di Indonesia bagian barat yang beriklim basah, karena tanaman ini memerlukan banyak curah hujan sepanjang tahun. Rami merupakan tanaman tahunan dengan bentuk tanaman herba berumpun banyak yang menghasilkan serat dari kulit batangnya (Utomo, T. T. 2022).

Tanaman rami yang dikenal dengan nama latinnya *Boehmeria nivea L. Goud*, merupakan tanaman tahunan berbentuk rumpun yang dapat menghasilkan serat alam nabati dari pita *(ribbons)* pada kulit kayunya yang sangat keras dan mengkilap.

Tanaman rami adalah tanaman tahunan yang berbentuk rumpun mudah tumbuh dan dikembangkan di daerah tropis, tahan terhadap penyakit dan hama, serta dapat mendukung pelestarian lingkungan (Alfathoni, A., & Wijianto, S. T. 2019). Tanaman rami dapat dikembangkan lebih luas dan prospeknya sangat bagus (Setyawan, R. T., & Riyadi, S. 2020).

**Gambar 2.2.** Tanaman rami (Arisudana, I. 2020).

### 2.1.2. Proses Pabrikasi Serat Rami

Tanaman rami dipanen dua hingga empat kali panen per tahun dimungkinkan tergantung pada iklim, tetapi di bawah kondisi pertumbuhan yang baik rami dapat dipanen hingga enam kali per tahun. Rami dipanen ketika batang bawah menguning dan tangkai baru mulai muncul dan dapat uga pemanenan diakukan sesaat sebelum atau sesudah mulai berbunga karena ada penurunan pertumbuhan tanaman dan batas maksimal bobot serat pada tahap ini. Waktu panen ini penting karena hasil serat berkurang jika belum matang atau siap panen (Subandi, M. 2017). Adapun proses pabrikasi serat rami terbagi menjadi 3 bagian yaitu dekortikasi, *degumming* dan *spinning.*

**Dekortikasi**

Mesin dekortikasi menghancurkan dan menghilangkan kulit luar dan seluruh bagian kayu bersama dengan gum dan waxes. Serat yang diekstraksi dicuci pada air mengalir dan digantung selama 1-3 hari, serat mengering dan memutih dengan bantuan angin dan sinar matahari. Pengeringan dilakukan sedini mungkin untuk menghindari serangan jamur dan bakteri, setelah di jemur serat rami disikat untuk mengurangi gums dan zat lainnya yang menempel pada serat. Produk yang diproleh melalui mesin dekortikasi serat mentah masih mengandung gum 19-30 %, namun demikian serat terbebas dari jaringan *cortical* (Banerjee, P., 2017).

***Degumming***

Untuk menghilangkan *gum* tersebut maka proses *retting*, Proses ini sangat menentukan kualitas akhir serat siap pintal. Batang basah rami mengandung bahan bergetah *(gum)* antara 20% hingga 35% bergantung pada varietas tanaman. Gum ini sebagian besar terdiri atas pektin dan hemiselulosa (Li dkk 2016). Pektin dan hemiselulosa ini sebagian besar tidak larut dalam air dan harus demikian dilangkan sebelum serat dapat dipintal secara mekanis untuk menghasilkan benang.

*Degumming* bertujuan untuk menghilangkan *gum* pada serat rami dan tidak terikat bersama dengan *residual gum*, secara umum *degumming* dilakukan untuk meghilangkan hemiselulosa yang merupakan setengah dari komponen *gum*. Sedangkan menurut (Murianingrum 2019) serat rami terdiri dari 69-91% a-selulosa, 5-13% hemiselulosa, 1% lignin, 2% pektin, dan abu 2-4%. Ada banyak proses *degumming* yang digunakan diberbagai belahan dunia, dimana serat dihasilkan melalui proses kimia maupun mikroba (Banerjee, P., 2017).

klasifikasi dari *degumming* Meskipun serat rami biasanya *di*-degumming secara kimiawi, kini juga ada perkembangan yang menjanjikan dengan menggunakan mikroba *degumming (retting).* Selain itu, beberapa peneliti melaporkan bahwa penggunaan getaran ultrasonik mempercepat proses *degumming*. Penggabungan proses *degumming* secara biologi maupun kimia dengan teknologi plasma berhasil meningkatkan efektivitas proses *degumming*, memperbaiki sifat mekanik serat, mengurangi konsumsi zat kimia serta mengurangi durasi waktu pengerjaan. Penggabungan metode ini memiliki potensi diaplikasikan tidak hanya untuk *degumming* rami namun juga pada proses pretreatment kain kapas mentah dan serat selulosa alam lainnya dengan keuntungan lebih ramah lingkungan karena efisien dalam penggunaan bahan kimia, air maupun energi (Novarini 2015).

**Pemintalan Serat Rami *(Spinning)***

Setelah melewati proses dekortikasi dan *degumming*, Serat rami dapat dipintal dengan menggunakan tangan maupun dengan peralatan industri. Karakteristik individu serat rami mulai dari proses *degumming* hingga pembuatan top umumnya mengalami perubahan yang signifikan. Perubahan perubahan tersebut diantaranya adalah panjang serat rata-rata/mean length yang menurun drastis (sliver awal 200 mm top rami menjadi 101,8 mm), kehalusan serat yang meningkat 18,8% (makin halus dari 7,5 denier menjadi 6,09 denier), kekuatan individu serat yang menurun hingga 26,9% (48,0 gram menjadi 35,1 gram) dan mulur serat yang meningkat 17,6% (3,52% menjadi 4,14%). Meski demikian, masih terdapat banyak kelemahan serta kekurangan baik jika ditinjau dari aspek teknis maupun kualitas produk serat/*strand* rami. Secara visual, *homogenitas China grass* yang digunakan relatif masih rendah sehingga hal ini berpengaruh terhadap kualitas akhir serat rami. Rendemen serat rami siap pintal dalam bentuk top hanya sebesar 0,8%, sisanya adalah berupa *reused waste* sebanyak 1,3% dan limbah terbuang sebanyak 0,15%. Rendemen tersebut diperoleh dari 100% batang rami basah, dengan asumsi rendemen dari hasil

dekortikasi 3% dan limbah degumming 25%. Kualitas top rami 100% yang dihasilkan dan top rami (Novarini 2015).

## 2.2. Resin *Epoxy*

Resin *epoxy* dalam bentuk cairan kental atau hampir padat dengan stabilitas mekanik, listrik, dimensi yang sangat baik, daya rekat dan retensi panas. Resin *epoxy* memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dari pada poliester. Resin *epoxy* akan mengeras jika dicampur dengan bahan pengeras dan bahan pengisi. Penggunaannya sangat luas seperti untuk isolasi, perlengkapan rumah tangga, komponen mesin, bahan bodi pesawat terbang, struktur. Salah satu contoh polimer yang dapat digunakan sebagai bahan dasar isolasi pasangan luar dalam bidang ketenagalistrikan adalah resin epoksi. Bahan resin *epoxy* memiliki sifat kekentalan rendah, mudah dibentuk, penyusutan, rendah, kerekatan tinggi, sifat mekanis tinggi, isolasi listrik yang tinggi (Utomo, T. T. 2022).

*Bisphenol-A (BPA)* adalah salah satu bahan kimia yang paling banyak diproduksi di seluruh dunia dan banyak ditemukan pada aplikasi dalam produk konsumen termasuk wadah makanan, botol, peralatan makan dan kertas untuk kemasan makanan dan peralatan medis (Over, L. C. 2019). Karakteristik resin *epoxy* sebagai termosetting dipengaruhi jenis bahan/zat dan proporsi zat *curing* serta siklus *curing* dan aditif yang dapat ditambahkan selama proses formulasi. Untuk *thermosetting epoxies*, rentang kekuatan tarik dari 90 hingga 120 MPa dengan modulus tarik mulai dari 3100 hingga 3800 MPa Selain itu, resin termosetting ini biasanya memiliki temperatur *glass transition (Tg)* berkisar antara 150 hingga 220 C (Ramon, E. and Sguazzo, C. 2018).

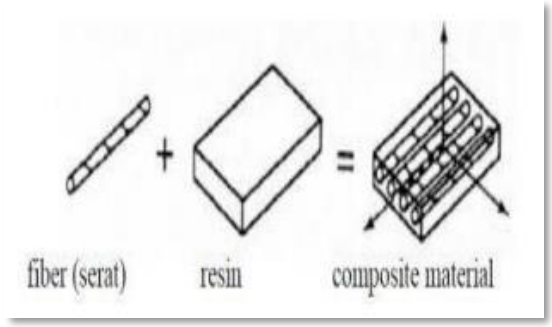
Resin epoksi adalah resin yang paling umum digunakan. Mereka adalah cairan organik dengan berat molekul rendah yang mengandung gugus epoksida. Epoksida memiliki tiga anggota dalam cincinnya, satu oksigen dan dua atom karbon. Reaksi epiklorohidrin dengan fenol atau amina aromatik membuat sebagian besar epoksi. Meskipun epoksi lebih mahal daripada matriks polimer lainnya, epoksi adalah matriks *PMC (polymer Matrics composites)* yang paling populer. Lebih dari dua pertiga matriks polimer yang digunakan dalam aplikasi luar angkasa berbasis epoksi (Setyawan, R. T., & Riyadi, S. 2020). Alasan utama mengapa epoksi adalah bahan matriks polimer yang paling banyak digunakan adalah:

a. Kekuatan tinggi
b. Viskositas rendah dan laju aliran rendah, yang memungkinkan pembasahan serat yang baik dan mencegah misalignment serat selama pemrosesan
c. Volatilitas rendah selama pengeringan
d. Tingkat penyusutan rendah, yang mengurangi kecenderungan mendapatkan kekuatan geser besar, tegangan ikatan antara epoksi dan penguatnya
e. Tersedia dalam lebih dari 20 tingkat untuk memenuhi persyaratan properti dan pemrosesan tertentu

## 2.3. Komposit

Material komposit adalah material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material yang memiliki sifat mekanik lebih kuat dari material dasarnya. Material komposit terdiri dari dua bagian yaitu matriks sebagai pengikat atau pelindung komposit dan reinforcement sebagai pengisi komposit. Komposit yang diperkuat dengan serat alam dan buatan merupakan jenis komposit yang banyak dikembangkan sebagai alternatif pengganti logam. Komposit serat rami sering digunakan pada alat yang membutuhkan kombinasi sifat dasar, tidak hanya kekuatan tetapi juga bobotnya yang ringan. Komposit memiliki banyak keunggulan, termasuk kepadatan rendah, kekuatan tinggi, ketahanan korosi, dan biaya perakitan rendah. Komponen utama komposit adalah bahan pengisi berupa serat-serat sebagai kerangkanya, dan elemen pendukung lainnya adalah *matriks*. *Reinforcement* dan *matriks* adalah dua elemen yang dibutuhkan untuk membentuk komposit (Utomo, T. T. 2022).

Komposisi dapat dilihat pada gambar 2.3.




**Gambar 2..3** Komposisi Komposit.

### 2.3.1. Karakateristik Material Komposit

Sifat-sifat material komposit dalam pembuatan sebuah material komposit, suatu pengkombinasian optimum dari sifat-sifat bahan penyusunnya untuk mendapatkan sifat-sifat tunggal yang sangat diharapkan. Bebrapa material komposit polymer diperkuat serat yang memiliki kombinasi sifat-sifat yang ringan, kaku, kuat dan mempunyai nilai kekerasan yang cukup tinggi. Disamping itu juga sifat dari material komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu material yang digunakan sebagai bentuk komponen dalam komposit, bentuk geometri dari unsur-unsur pokok dan akibat struktur dari sistem komposit (Utomo, T. T. 2022).

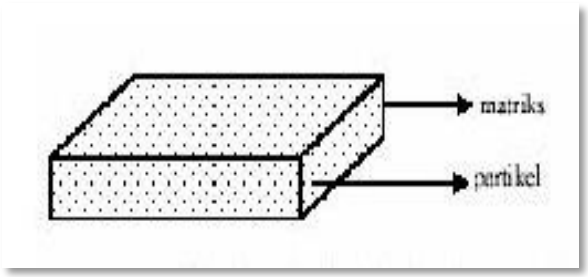
### 2.3.2. Jenis – jenis Komposit

Jenis - jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakan, yaitu :

#### 2.3.2.1. Komposit Partikel *(Particle Composite)*

Komposit partikel merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriks. Komposit yang terdiri dari partikel dan matriks yaitu butiran (pasir, batu) yang diperkuat semen yang sering dijumpai sebagai beton, senyawa kompleks ke dalam senyawa kompleks.

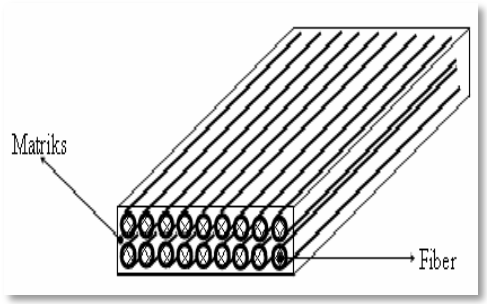
Komposit partikel merupakan produk yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks bersama-sama dengan satu atau lebih unsur-unsur perlakuan seperti panas, tekanan, kelembaban, katalisator dan lain-lain. Komposit partikel ini berbeda dengan jenis serat acak sehingga bersifat isotropis. Kekuatan komposit serat dipengaruhi oleh tegangan koheren diantara fase partikel dan matriks yang menunjukkan sambungan yang baik (Arisudana, I. 2020).




**Gambar 2.4.** Komposit Partikel.

**2.3.2.2. Komposit Serat**

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat. Jenis komposit ini hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan pengisi berupa serat. Biasanya disusun secara acak maupundengan orientasi tertentu bahkan juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman (Arisudana, I. 2020).




**Gambar 2.5.** Komposit Serat.

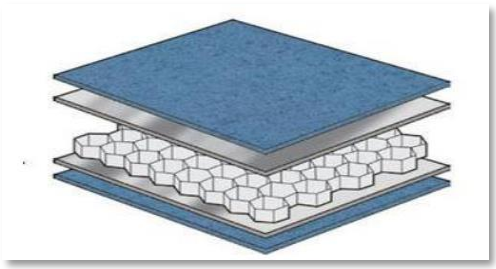
**2.3.2.3. Komposit Struktural *(Structural Composite)***

Komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih material yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat tersendiri**.**

1. *Komposit Sandwich (Sandwich Composite)*

   *Komposit sandwich* merupakan gabungan dua lembar skin yang disusun pada dua sisi luar dan core yang ringan di antara dua skin. Struktur *sandwich* biasanya digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan

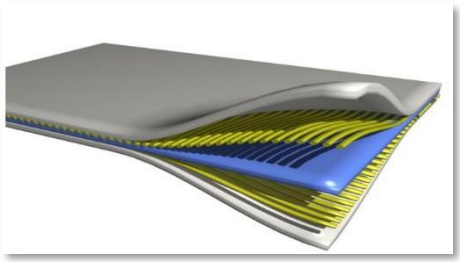
dan kekauan bending yang tinggi dengan bobot yang ringan. Skin berfungsi untuk menahan beban aksial dan tranfersal (sehingga harus kuat dan kaku) (Arisudana, I. 2020).



**Gambar 2.6.** Komposit *Sandwich*

2. Komposit Laminat *(Laminated Composite)*

Komposit Laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik sifat sendiri (Arisudana, I. 2020).



**Gambar 2.7.** Komposit *Laminat.*

### 2.3.3. Unsur Pembentuk Komposit

#### 2.3.3.1. *Matriks*

*Matriks* sebagai bahan bantalan untuk melindungi kekuatan tinggi dan serat rapuh terhadap benturan. Matriks biasanya bersifat lebih ulet, kurang keras, dan berkarakter kontinyu. *Matriks* sebagai pengikat serat dan menyalurkan beban pada serat. Serat ditambahkan ke matriks dalam bentuk tertentu. Serat biasanya memilki sifat lebih kuat dari pada matriks (Hendra 2017). Komposit dapat diklasifikasikan menurut jenis bahan matriks menjadi *metal matrix composites (MMC), ceramic matrix composites (CMC)*, *polymer matrix composites (PMCs)* (Raheem.J.A. 2015) dan *carbon matrix materials* (Zweben 2015). Berikut beberapa penjelasan mengenai matriks tersebut :

1. *Metal Matrics Composite (MMC)*

Matriks dalam komposit ini meliputi aluminium, magnesium dan titanium,tembaga, timah, *kobalt*, perak, dan *superalloy* (Zweben 2015). Tipe serat yang biasa digunakan termasuk karbon dan silikon karbida

(Raheem.J.A. 2015). *MMC* memiliki keunggulan yaitu ketahanan aus dan konduktifitas yang luar biasa dibandingkan dengan material metal konvensional (Zweben 2015).

2. *Ceramic Matrics Composite (CMC)*

   *Matriks* keramik adalah pilihan umum untuk aplikasi suhu tinggi seperti piston, bilah rotor di bagian turbin gas. Matriks berbahan keramik memiliki keunggulan seperti ketahanan korosi yang tinggi, titik leleh yang tinggi, mempunyai kekuatan tekan yang unggul dan stabilitas pada suhu yang tinggi. *Matriks* keramik ini bisa bertahan baik pada suhu tinggi dan beroperasi secara efisien di lingkungan yang korosif (Zweben 2015). Kerugian dari bahan matriks keramik adalah kerapuhannya, yang membuatnya mudah rentan. Selain rapuh, matriks keramik ini juga kurang memiliki sifat yang seragam dan memiliki ketahanan kejut termal dan mekanis yang rendah, serta kekuatan tarik rendah (Zweben 2015).

3. *Carbon Matrics Composite (CMC)*

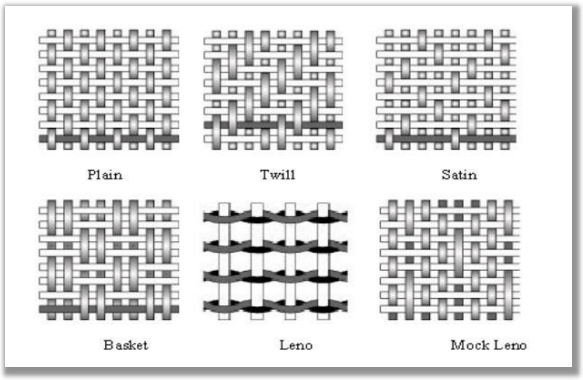
   Matriks ini berbahan dasar serat karbon. Adapun keuntungan utama dari matriks karbon dan komposit karbon/karbon (C/C) adalah tahan terhadap suhu tinggi lebih dari 2200 ºC, dan pada suhu yang tinggi kemampuan *carbon* dapat meningkat (Zweben 2015).

4. *Polymer Matrics Composite (PMC)*

   Terdapat dua kelas utama matriks berbahan dasar polimer yaitu, termoset dan termoplastik dengan jenis penguat biasanya serat karbon, serat gelas dan serat alami (Zweben 2015). Termoset sejauh ini merupakan resin matriks yang paling banyak digunakan untuk struktur aplikasi. Dalam aplikasi *PMC*, polimer termosetet atau termoplastik dapat digunakan sebagai komponen matriks. Pada umumnya, *PMC* merupakan kombinasi yang sangat baik antara serat dan matriks. Dalam sistem ini, serat memberikan kekuatan yang tinggi sedangkan matriks polimer menyebarkan beban dan membantu ketahanan terhadap pelapukan dan korosi (Zweben 2015). Kelebihan yang dimiliki oleh *PMC* yaitu memberikan berbagai macam kelebihan diantaranya, nilai kekuatan yang tinggi, nilai kekuatan impak yang baik, proses produksi dan peralatan yang murah, ketahanan kimia dan korosi yang luar biasa, serat karakteristik mekanik yang baik (Zweben 2015).

## 2.4. Tenunan Serat Rami

Tenunan serat rami dibuat menggunakan sebuah alat yang dinamanakan Alat Tenun Bukan Mesin (ATBM) yang sistem kerjanya digerakkan manual oleh penenunnya yang menggunakan tangan dan kaki untuk proses pengoprasiannya. Ada beberapa jenis tenunan yang dibuat dengan alat tenun bukan mesin, diantaranya adalah tenunan jenis *plain*, *twill*, *satin*, basket, *leno*, *mock leno* (Gambar 2.8.)




**Gambar 2.8.** Variasi konstruksi tenunan ATBM (Habibie, S 2021).

Komposit yang diperkuat tenunan memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan yang dipekuat serat karena merupakan tenun dengan *two* dimensional *reinforcement*, yang mana memiliki nilai kekuatan tarik pada dua arah atau pada masing-masing arah orientasi seratnya, sedangkan jika hanya dalam berbentuk serat biasanya memiliki penataan dalam bentuk *one* dimensional reinforcement yang hanya memiliki kekuatan dan modulus maksimum pada arah eksis serat.

## 2.5. Sinar Matahari

Matahari memiliki efek menguntungkan dan berbahaya. Matahari sangat penting untuk kehidupan di Bumi karena berfungsi mendukung kehidupan melalui fotosintesis pada tanaman, dan dengan memberikan kehangatan dan cahaya. Namun paparan sinar matahari berlebih dapat memberikan efek negatif pada kulit yang tidak terlindungi seperti kulit terbakar, terasa kasar, penuaan dini, hingga kanker kulit.Efek negatif tersebut yang disebabkan oleh sinar matahari yaitu sinar ultraviolet atau sinar UV. Radiasi UV merupakan salah satu komponen utama yang dipancarkan oleh sinar matahari. Radiasi UV terdiri dari 2 tipe yaitu: UV-A dan UV-B, pada huruf A pada UV-A berarti "*Aging*" (penuaan) dengan panjang gelombang 320-400 nm dapat menembus dermis yang menyebabkan pigmentasi. Sedangkan UV-B yang huruf B berarti "*Burning*" (pembakaran) dengan panjang gelombang 290-320 nm.

ketika komposit terkena paparan UV, foton UV diserap oleh polimer yang menghasilkan reaksi foto-oksidasi (Joseph, 2002). Selanjutnya, (Hang, 2015) menyatakan bahwa paparan radiasi UV menyebabkan pengurangan ketebalan bahan karena penguapan *volatil* dan penyusutan. Sementara efek gabungan dari kelembaban dan sinar UV mempercepat pembentukan *microcracks* dan pengelupasan lapisan diantara *matriks* dan serat (Lu, 2018). Dalam referensi lain (Earl dan Shenoi, 2004), dikatakan bahwa tantangan utama dalam industri kelautan adalah paparan larutan alkali pada struktur FRP. Adanya *hidroksil* kelompok dalam bahan *matriks* mudah bereaksi dengan basa larutan. Larutan alkali berinteraksi dengan bahan *matriks* dan tidak hanya menyerang polimer tetapi juga *mendegradasi* struktur *interfase* serat/*matriks*. Degradasi ini terutama karena

hidrolisis antara matriks dan larutan basa. Paparan suhu tinggi juga merupakan jenis lingkungan agresif yang dihadapi oleh material komposit.

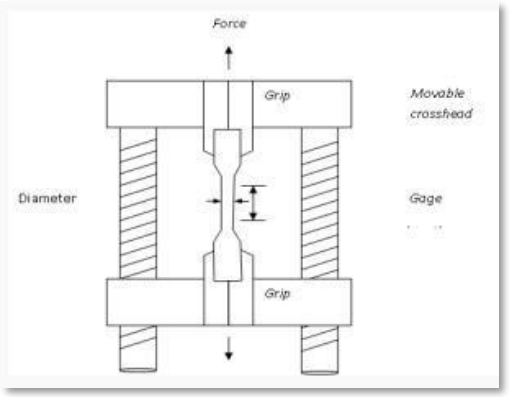
Serat sintetis seperti karbon, aramid, dan kaca dikenal sebagai bahan tahan suhu tinggi dan akan mempertahankan sebagian besar sifat mekaniknya pada ketinggian suhu. Karena bahan komposit terdiri dari kombinasi *matriks* dan serat, paparan tinggi suhu lebih mempengaruhi sifat yang didominasi *matriks* daripada sifat yang didominasi serat. Paparan polimer dekat dengan suhu transisi gelas dalam masa pakai menyebabkan degradasi sifat mekanik (Wang, 2007). Selanjutnya (Kumar, 2002), menyatakan bahwa paparan sinar *ultraviolet* (UV) juga termasuk jenis lingkungan agresif yang bisa menghasilkan radikal bebas dalam polimer yang mengakibatkan pengurangan berat molekul dan degradasi ekstensif pada komposit.

Secara umum dapat dikatakan bahwa kekuatan mekanis komposit (kuat tarik dan kuat lentur) akan mengalami degradasi apabila *diekspose* pada lingkungan yang agresif. *Degradasi* sifat mekanik ini disebabkan oleh rusaknya ikatan antara matrix dan reinforcement akibat *ekspose* pada lingkungan temperatur yang berubah pada ruang terbuka yang membuat komposit mengalami pengembangan dan penyusutan yang berulang menyebabkan lapisan *matriks* akan mudah retak saat diberi beban.

## 2.6. Pengujian Mekanis Komposit Serat Rami

### 2.6.1. Pengujian Tarik

Pengujian tarik komposit epoksi bertulang rami tenun bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis dari material komposit yang diperkuat oleh anyaman rami (Djafar dkk, 2021). Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena mengahsilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat (Fadhilah, M. D. 2021).




**Gambar 2.9.** Mesin Uji Tarik.

Pengujian tarik dilakukan dengan pertambahan beban secara perlahan-lahan, kemudian akan terjadi pertambahan Panjang yang sebanding dengan gaya yang bekerja kemudian nantinya akan diperoleh sifat mekanis dari material yang diuji tersebut.

Pengujian tarik dilakukan dengan pertambahan beban secara perlahan-lahan, kemudian akan terjadi pertambahan Panjang yang sebanding dengan gaya yang bekerja kemudian nantinya akan diperoleh sifat mekanis dari material yang diuji tersebut.

Berikut adalah sifat sifat yang dihasilkan oleh pengujian Tarik:

1. Tegangan Tarik ($\sigma$)

   Tegangan Tarik merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya pepatahan (*fracture*). Kekuatan tarik maksimum dari suatu bahan dapat dirumuskan :

$$\sigma = \frac{P}{Ao} \qquad (1)$$

   Dimana, $\sigma$ merupakan Tegangan tarik maksimum (Mpa, N/$mm^2$), P merupakan beban maksimum (N), dan $Ao$ merupakan luas penampang awal ($(mm^2)$.
2. Regangan tarik ($e$)

   Regangan tarik maksimum adalah pertambahan Panjang maksimum yang dihasilkan dari suatu material setelah dilakukan pengujian tarik. Regangan tarik dapat menunjukkan pertambahan Panjang dari suatu material setelah perpatahan terhadap Panjang awalnya.

$$e = \frac{\Delta L}{Lo} x\ 100\% \qquad (2)$$

   Dimana, $\Delta L$ adalah Panjang sesudah patah (mm), Lo merupakan Panjang awal (mm), $e$ adalah Regangan (%)
3. Modulus Elastisitas ($E$)

   Ukuran kekakuan suatu material dalam grafik tegangan-regangan. Modulus elastisitas tersebut dapat dihitung berdasarkan *slope* kemiringan garis *elastic* yang linier

$$E = \frac{\sigma}{e} \qquad (3)$$

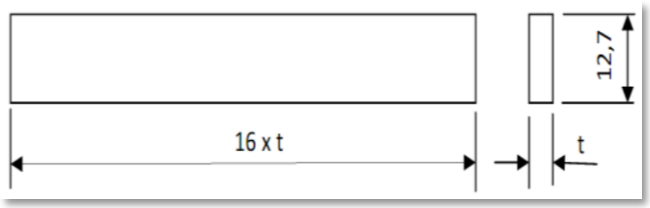
   Dimana, $E$ adalah Modulus elastisitas (Mpa), $\sigma$ adalah tegangan maksimum (KN/$mm^2$), dan $e$ adalah Regangan (%).

### 2.6.2. Pengujian Bending

Alat uji bending adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kekuatan lengkung (bending) pada suatu bahan atau material. Pada umumnya alat uji bending memiliki beberapa bagian utama, seperti: rangka, alat tekan,point

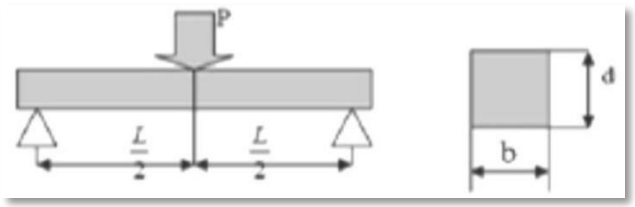
bendingdan alat ukur. Rangka berfungsi sebagai penahan gaya balik yang terjadi pada saat melakukan uji bending.Rangka harus memiliki kekuatan lebih besar dari kekuatan alat tekan, agar tidak terjadi kerusakan pada rangka pada saat melakukan pengujian. Uji bending adalah suatu proses pengujian material dengan cara di tekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan lengkung (bending) suatu material yang di uji.

Pengujian bending mengacu pada standar ASTM D790 dengan kondisi pengujian statis. Kekuatan bending atau kekuatan lengkung adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Berdasarkan standar pengujiannya yang digunakan yaitu ASTM D790 maka bentuk specimen dan ukurannya dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini :




**Gambar 2.10.** Dimensi spesimen uji bending ASTM D790-02.

Pengujian bending produk serat komposit mengikuti standar ASTM D790-02 dengan metode *three point* bending, metode pengujian lihat gambar 7 ini digunakan untuk menentukan kekuatan bending terhadap momen lengkung (Sutrisno & Azmal, 2020).




**Gambar 2.11.** Penampang uji bending ASTM D790-02.

Momen yang terjadi pada komposit dapat dihitung dengan persamaan :

$$\boldsymbol{M} = \frac{\boldsymbol{P}}{\boldsymbol{2}} \times \frac{\boldsymbol{L}}{\boldsymbol{2}} \qquad (4)$$

Kekuatan bending dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\boldsymbol{\sigma b} = \frac{\boldsymbol{3FL}}{\boldsymbol{2bd^2}} \qquad (5)$$

Modulus elastisitas bending dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\boldsymbol{E_b} = \frac{\boldsymbol{L^3.m}}{\boldsymbol{4\ b\ d^3}} \qquad (6)$$

Dimana :

M = Momen (Nmm)
L = Panjang Span (mm)
P = Gaya (N)
Eb = Modulus Elastisitas (MPa)
$\sigma b$ = Kekuatan bending
$d$ = Tebal (mm)
$b$ = Lebar (mm)
$m$ = Hubungan tangensial dari kurva defleksi (N/mm)