PENGARUH PENAMBAHAN *PIGMENT PASTES* KOMPOSIT TENUNAN SERAT RAMIE PADA LINGKUNGAN AIR LAUT

MUH. IHWAL RAMADHAN RUSDY

D021 18 1503

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024

SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN *PIGMENT PASTES* KOMPOSIT TENUNAN SERAT RAMIE PADA LINGKUNGAN AIR LAUT

Oleh :

MUH. IHWAL RAMADHAN RUSDY

D021 18 1503

DEPARTEMEN MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024

PENGAJUAN SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN *PIGMENT PASTES* KOMPOSIT TENUNAN SERAT RAMIE PADA LINGKUNGAN AIR LAUT

MUH. IHWAL RAMADHAN RUSDY

D021 18 1503

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Mesin

pada

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN *PIGMENT PASTES* KOMPOSIT TENUNAN SERAT RAMIE PADA LINGKUNGAN AIR LAUT

Disusun dan diajukan oleh

Muh. Ihwal Ramadhan Rusdy
D021 18 1503

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 22 Oktober 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing utama,

Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT
NIP. 19650630 199103 1 004

Pembimbing pendamping,

Ir. Azwar Hayat, ST., M.Sc., Ph.D
NIP. 19840126 201212 1 002

Ketua Program Studi,

Dr. Ir. Muhammad Syahid, ST., MT
NIP. 19770707 200511 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "pengaruh penambahan pigment pastes komposit tenunan serat ramie pada lingkungan air laut" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT sebagai Pembimbing Utama dan Ir. Azwar Hayat, ST., M.Sc., Ph.D sebagai Pembimbing Pendamping. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 22 Oktober 2024

Yang Menyatakan

Muh. Ihwal Ramadhan Rusdy
NIM D021 18 1503

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Pengasih atas segala limpahan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam tidak lupa kami haturkan kepada baginda Nabi Muhammad Shallallahu ‘Alaihi wa Sallam. Nabi sang Revolusioner islam pembawa panji-panji kebenaran, pembawa cahaya ilmu pengetahuan yang terus berkembang hingga kita merasakan nikmatnya hidup zaman ini.

Penulisan skripsi ini, penulis tentu tak lepas dari pengarahan dan bimbingan dari berbagai pihak dan tidak lepas dari hambatan. Namun, semua itu merupakan proses yang harus dilalui, menjadikan penulis sebagai bentuk pelajaran dan pengalaman selama melaksanakan penelitian ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Ayah Ir. H. Rusdy Ramli dan ibu tercinta Hj. Sri Rejekiwati dan juga kepada saudara dan saudari saya yang baik telah membantu, memberi motivasi dan semangat untuk penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT selaku dosen pembimbing utama yang telahmemberikan arahan, bimbingan kepada penulis sehingga penyusuna skripsi ini dapat diselesaikan.
3. Bapak Ir. Azwar Hayat, ST., M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing kedua saya yang telah membantu dan memberikan arahan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir. 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. Nadya Indriani Sazqia selaku penyemangat, pendengar keluh kesah dalam penulisan skripsi, penasehat yang baik dan senantiasa memberikan support.
7. Sahabat ZTN dengan segala gerak gerik dan keunikannya.
8. Kepada Ibu Andi Haslinah, Pak Yusuf dan Pak Masriadi yang telah memberi dukungan dan bantuan dalam banyak hal.
9. Kepada kak Azwar dan kak Iqbal yang telah membimbing dan membersamai dalam pembuatan alat hingga akhir penelitian.
10. Saudara afa dan figo yang telah membersamai saya dari awal penelitian hingga selesai sebagai tim.
11. Seluruh teman-teman asisten Lab mekanika terpakai yang telah memberi bantuan selama meneliti.
12. Sahabat REACTOR18, sebagai teman seperjuangan mulai dari mahasiswa baru sampai sekarang.

Demikian, penulis ucapkan terima kasih dan semoga skripsi ini dapat memberikanmanfaat kepada pembaca maupun bagi penulis.

Penulis,

Muh. Ihwal Ramadhan Rusdy

ABSTRAK

MUH. IHWAL RAMADHAN RUSDY. *Pengaruh Penambahan Pigment Pastes Komposit Tenunan Serat Ramie Pada Lingkungan Air Laut* (dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT., dan Ir. Azwar Hayat, ST., M.Sc., Ph.D)

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 perendaman pada air laut. 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. Dalam penelitian ini, Cerepol Pigment Pastes digunakan sebagai variasi dalam panel komposit dengan proporsi 5%, 7,5% dan 10% dari total volume matriks untuk digabungkan ke dalam matriks. spesimen uji tarik menggunakan standar ASTM D638 tipe 1 dan ASTM D790 tipe 2 untuk spesimen uji bending. hasil penelitian menunjukkan bahwa masing-masing sampel normalnya (43,50 ± 0,85 MPa, 42,24 ± 1,87 MPa, 44,91 ± 1,61 MPa) memberikan nilai selisih terhadap sampel pada akhir perendaman yaitu sebesar 2,26%, 5,01%, dan 10,68% (44,51 ± 2,05 MPa, 40,12 ± 1,89 MPa, 40,11 ± 2,76 MPa). Dalam hal kekuatan bending, pada akhir lama perendaman menunjukkan pola grafik yang cenderung menurun terhadap sampel normalnya yaitu pada variasi 5%, 7,5%, dan 10% (146,20 ± 19,02 MPa, 143,95 ± 22,45 MPa, 137,14 ± 5,49 MPa). masing-masing memperoleh nilai selisih sebesar 3.31%, 9,57% dan 6,87% (141,35 ± 1,80 MPa, 130,17 ± 1,77 MPa, 127,71 ± 3 MPa) pada akhir perendaman. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa lama perendaman menjadi faktor utama yang mempengaruhi sifat mekanis dan penambahan konsentrasi pigment pastes merupakan faktor kedua.

Kata Kunci: Komposit, Serat Rami, Pigment Pastes, Perendaman Air Laut, Uji Tarik, Uji Bending

ABSTRACT

MUH. IHWAL RAMADHAN RUSDY. *Effect of Pigment Pastes Addition of Ramie Fiber Woven Composites on Seawater Environment* (supervised by Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT. and Ir. Azwar Hayat, ST., M.Sc., Ph.D.)

Natural fiber composites represent a sustainable alternative for marine applications, and their performance in seawater environments needs to be further investigated to fully realize their potential in reducing the environmental footprint of marine structures. One of the natural fibers that are widely developed in the field of materials today is ramie fiber. This study aims to analyze the mechanical properties of such composites after immersion in seawater. The matrix consists of a mixture of bisphenol A epichlorohydrin epoxy resin with pigment pastes and epoxy polyaminoamide hardener. The composite panel is made of 3 layers of ramie fiber weave. In this study, Cerepol pigment pastes were used as a variation in the composite panel with proportions of 5%, 7.5% and 10% of the total matrix volume to be incorporated into the matrix. ASTM D638 Type 1 standard was used for tensile test specimens and ASTM D790 Type 2 standard was used for flexural test specimens. The results showed that each of the normal specimens (43.50 ± 0.85 MPa, 42.24 ± 1.87 MPa, 44.91 ± 1.61 MPa) gave a difference value to the specimen at the end of immersion of 2.26%, 5.01%, and 10.68% (44.51 ± 2.05 MPa, 40.12 ± 1.89 MPa, 40.11 ± 2.76 MPa). With respect to the flexural strength, the graph shows a pattern at the end of the soaking time that tends to decrease with respect to the normal sample, namely in the 5%, 7.5%, and 10% variations (146.20 ± 19. 02 MPa, 143.95 ± 22.45 MPa, 137.14 ± 5.49 MPa), which respectively obtained a difference value of 3.31%, 9.57% and 6.87% (141.35 ± 1.80 MPa, 130.17 ± 1.77 MPa, 127.71 ± 3 MPa) at the end of soaking. Therefore, it can be concluded that the soaking time is the main factor affecting the mechanical properties and the addition of pigment paste concentration is the second factor.

Keywords: Composite, Ramie Fiber, Pigment Pastes, Seawater Immersion, Tensile Test, Bending Test

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
PENGAJUAN SKRIPSI ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI iv
KATA PENGANTAR v
ABSTRAK vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR LAMPIRAN xv
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN xvi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Tujuan 2
1.4. Batasan Masalah 3
1.5. Manfaat 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1. Komposit 4
2.1.1. Klasifikasi Bahan Komposit 4
2.1.2. Tipe Komposit Serat 8
2.1.3. Faktor yang mempengaruhi performa komposit 10
2.2. Matrik 11
2.3. Serat 12
2.3.1. Serat Alam 13
2.4. Tanaman Rami 15
2.4.1. Sifat-Sifat Serat Rami 15
2.5. Tenunan 16
2.5.1. Pola Tenunan 16
2.6. Degradasi 18
2.6.1. Degradasi pada media air laut 18
2.6.2. Lapisan Pelindung Cat 20

2.6.3. Pigment pastes 20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 22
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian 22
3.2. Alat dan Bahan 22
3.2.1. Alat 22
3.2.2. Bahan 27
3.3. Pelaksanaan Penelitian 29
3.4. Pembuatan Spesimen Komposit 32
3.4.1. Spesimen Uji Tarik 32
3.4.2. Spesimen Uji Bending 33
3.5. Pengukuran dan Variabel/ Parameter 34
3.6. Analisa data 34
3.7. Flow chart 35
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN 37
4.1. Hasil Pengamatan Visual 37
4.2. Hasil Pengujian Kekuatan Mekanis 38
4.2.1. Hasil Tensile Test (RPT) 38
4.2.2. Hasil *Bending Test* (RPB) 56
BAB 5 PENUTUP 75
5.1. Kesimpulan 75
5.2. Saran 75
DAFTAR PUSTAKA 76
LAMPIRAN 80

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 sifat mekanik dari beberapa jenis serat 13
Tabel 2. 2 Klasifikasi Serat Tekstil 14
Tabel 2. 3 Perbandingan sifat kain dengan gaya anyaman yang berbeda (Yan Li et al., 2009) 17
Tabel 2. 4 Unsur pokok dalam media air laut (Benjamin D, 2006) 19

Tabel 3. 1 Fraksi volume penyusun komposit 30
Tabel 3. 2 Keterangan dimensi ukuran dari gambar spesimen uji tarik..... 33
Tabel 3. 3 Keterangan dimensi ukuran dari gambar spesimen uji bending..... 34

Tabel 4. 1 Hasil Uji Tarik Sampel RPT50 38
Tabel 4. 2 Hasil Uji Tarik Sampel RPT52 38
Tabel 4. 3 Hasil Uji Tarik Sampel RPT54 39
Tabel 4. 4 Hasil Uji Tarik Sampel RPT56 39
Tabel 4. 5 Hasil Uji Tarik Sampel RPT58 39
Tabel 4. 6 Hasil Uji Tarik Sampel RPT510 39
Tabel 4. 7 Hasil Uji Tarik Sampel RPT512 40
Tabel 4. 8 Hasil Uji Tarik Sampel RPT750 43
Tabel 4. 9 Hasil Uji Tarik Sampel RPT752 43
Tabel 4. 10 Hasil Uji Tarik Sampel RPT754 43
Tabel 4. 11 Hasil Uji Tarik Sampel RPT756 44
Tabel 4. 12 Hasil Uji Tarik Sampel RPT758 44
Tabel 4. 13 Hasil Uji Tarik Sampel RPT7510 44
Tabel 4. 14 Hasil Uji Tarik Sampel RPT7512 44
Tabel 4. 15 Hasil Uji Tarik Sampel RPT100 48
Tabel 4. 16 Hasil Uji Tarik Sampel RPT102 48
Tabel 4. 17 Hasil Uji Tarik Sampel RPT104 48
Tabel 4. 18 Hasil Uji Tarik Sampel RPT106 48
Tabel 4. 19 Hasil Uji Tarik Sampel RPT108 49
Tabel 4. 20 Hasil Uji Tarik Sampel RPT1010 49
Tabel 4. 21 Hasil Uji Tarik Sampel RPT1012 49
Tabel 4. 22 Hasil kekuatan Tarik 55
Tabel 4. 23 Hasil Uji Bending Sampel RPB50 56
Tabel 4. 24 Hasil Uji Bending Sampel RPB52 57
Tabel 4. 25 Hasil Uji Bending Sampel RPB54 57
Tabel 4. 26 Hasil Uji Bending Sampel RPB56 57
Tabel 4. 27 Hasil Uji Bending Sampel RPB58 57
Tabel 4. 28 Hasil Uji Bending Sampel RPB510 58
Tabel 4. 29 Hasil Uji Bending Sampel RPB512 58
Tabel 4. 30 Hasil Uji Bending Sampel RPB750 61
Tabel 4. 31 Hasil Uji Bending Sampel RPB752 61
Tabel 4. 32 Hasil Uji Bending Sampel RPB754 61
Tabel 4. 33 Hasil Uji Bending Sampel RPB756 62
Tabel 4. 34 Hasil Uji Bending Sampel RPB758 62
Tabel 4. 35 Hasil Uji Bending Sampel RPB7510 62
Tabel 4. 36 Hasil Uji Bending Sampel RPB7512 62
Tabel 4. 37 Hasil Uji Bending Sampel RPB100 66

Tabel 4. 38 Hasil Uji Bending Sampel RPB102 66
Tabel 4. 39 Hasil Uji Bending Sampel RPB104 66
Tabel 4. 40 Hasil Uji Bending Sampel RPB106 66
Tabel 4. 41 Hasil Uji Bending Sampel RPB108 67
Tabel 4. 42 Hasil Uji Bending Sampel RPB1010 67
Tabel 4. 43 Hasil Uji Bending Sampel RPB1012 67
Tabel 4. 44 Hasil kekuatan bending 72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 *Fibrous composites* 4
Gambar 2. 2 *Particulate composites* 5
Gambar 2. 3 *Flake composites* 5
Gambar 2. 4 *Filled composites* 6
Gambar 2. 5 *Laminate composites* 7
Gambar 2. 6 Klasifikasi Bahan Komposit (Fadilah & Widyaputra, 2020) 8
Gambar 2. 7 *Continuous Fiber Composite* 8
Gambar 2. 8 *Woven Fiber Composite* 9
Gambar 2. 9 Tipe *Discontinuous Fibre Composite* 9
Gambar 2. 10 *Hybrid Fiber Composite* 10
Gambar 2. 11 Serat Alam Rami (Wulandari, 2007) 16
Gambar 2. 12 Pola tenunan penguat komposit (Yan Li et al., 2009)..... 17
Gambar 2. 13 Proses lay-up sederhana (Habibie et al., 2021) 18

Gambar 3. 1 Timbangan Digital 22
Gambar 3. 2 Oven Listrik 23
Gambar 3. 3 Scroll Saw 23
Gambar 3. 4 Alat Press Hidrolik..... 24
Gambar 3. 5 Cetakan Ukuran 250 mm x 250 mm x 4mm 24
Gambar 3. 6 Mesin Pengujian Tarik 25
Gambar 3. 7 Alat Pengujian Bending..... 25
Gambar 3. 8 Waterpass dan Palu..... 26
Gambar 3. 9 Tenunan Serat Rami..... 27
Gambar 3. 10 EposchÖn Epoxy resin bisphenol A-Epichlorohydrin 27
Gambar 3. 11 EposchÖn Epoxy Hardener polyaminoamide..... 28
Gambar 3. 12 Cerepol Pigment Pastes 28
Gambar 3. 13 material penyusun komposit 29
Gambar 3. 14 perendaman panel pada air laut skala laboratorium 32
Gambar 3. 15 Panel RP5..... 32
Gambar 3. 16 Panel RP75..... 32
Gambar 3. 17 Panel RP10..... 32
Gambar 3. 18 Spesimen uji tarik (ASTM D 638 – 02a) 33
Gambar 3. 19 Spesimen uji bending ((ASTM D 790 – 02) 33

Gambar 4. 1 Panel RP5 sebelum perendaman..... 37
Gambar 4. 2 Panel RP75 sebelum perendaman..... 37
Gambar 4. 3 Panel RP10 sebelum perendaman..... 37
Gambar 4. 4 Panel RP5 setelah perendaman..... 37
Gambar 4. 5 Panel RP75 setelah perendaman..... 37
Gambar 4. 6 Panel RP10 setelah perendaman..... 37
Gambar 4. 7 Hubungan kekuatan tarik RPT5 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 40
Gambar 4. 8 Hubungan regangan tarik RPT5 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 41
Gambar 4. 9 Hubungan modulus tarik RPT5 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 42

Gambar 4. 10 Hubungan kekuatan tarik RPT75 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 45
Gambar 4. 11 Hubungan regangan tarik RPT75 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 46
Gambar 4. 12 Hubungan modulus tarik RPT75 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 47
Gambar 4. 13 Hubungan kekuatan tarik RPT10 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 50
Gambar 4. 14 Hubungan regangan tarik RPT10 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 51
Gambar 4. 15 Hubungan modulus tarik RPT10 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 52
Gambar 4. 16 Hubungan lama perendaman terhadap Kekuatan Tarik RPT selama 12 minggu pada kondisi Laboratorium 53
Gambar 4. 17 hubungan antara kekuatan Tarik berdasarkan penambahan pigment pastes 55
Gambar 4. 18 Hubungan kekuatan bending RPB5 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 58
Gambar 4. 19 Hubungan regangan bending RPB5 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 59
Gambar 4. 20 Hubungan Modulus Elastisitas RPB5 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 60
Gambar 4. 21 Hubungan Kekuatan Bending RPB75 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 63
Gambar 4. 22 Hubungan Regangan Bending RPB75 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 64
Gambar 4. 23 Hubungan Modulus Elastisitas RPB75 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 65
Gambar 4. 24 Hubungan Tegangan Bending RPB10 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 68
Gambar 4. 25 Hubungan Regangan Bending RPB10 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 69
Gambar 4. 26 Hubungan Modulus Elastisitas RPB10 terhadap lama perendaman selama 12 minggu pada Skala Laboratorium. 70
Gambar 4. 27 Hubungan lama perendaman terhadap kekuatan bending RPB selama 12 minggu pada kondisi Laboratorium 71
Gambar 4. 28 Hubungan antara kekuatan Bending berdasarkan penambahan pigment pastes 73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Tarik spesimen 5% pigment pastes..... 81
Lampiran 2. Hasil Uji tarik spesimen 7,5% pigment pastes..... 82
Lampiran 3. Hasil Uji tarik spesimen 10% pigment pastes..... 83
Lampiran 4. Hasil Uji Bending spesimen 5% pigment pastes 84
Lampiran 5. Hasil Uji Bending spesimen 7,5% pigment pastes 85
Lampiran 6. Hasil Uji Bending spesimen 10% pigment pastes 86
Lampiran 7. foto panel komposit..... 87
Lampiran 8. Foto spesimen uji tarik sebelum pengujian..... 88
Lampiran 9. Foto spesimen uji tarik setelah pengujian..... 89
Lampiran 10. Foto spesimen bending sebelum pengujian 90
Lampiran 11. Foto spesimen bending setelah pengujian 91
Lampiran 12. ASTM D638 – 02a 92
Lampiran 13. ASTM D 790 - 02 93
Lampiran 14. Foto kegiatan penelitian..... 94

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan penjelasan
±	Plus-minus
°C	Celsius
ASTM	American Standard Testing and Material
CC	Centimeter Cubic
CFRP	Carbon-fiber Reinforced Polymer
g	Gram
GFRP	Glass Fiber Reinforced Polymer
GPa	Gigapascal
H2SO4	Asam Sulfat
kN	kilonewton
mm	milimeter
Mpa	Megapascal
MWCNT	Multi-walled carbon nanotubes
N	Newton
NaCl	Natrium klorida
NaOH	Natrium Hidroksida
ppm	parts per million
PVC	Polivinil Klorida
RP10	Rami Pigment 10%
RP5	Rami Pigment 5%
RP75	Rami Pigment 7,5%
UHSCC	Ultra-high strength cement-based composites
UV	Ultra-Violet

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Ilmu pengetahuan dan teknologi berkembang pesat setiap tahunnya, termasuk bidang material logam dan non logam yang memegang peranan penting dalam industri. Meskipun material logam menempati posisi yang sangat penting dalam bidang industri, namun sejauh ini belum ada material yang ringan, mudah dibentuk, tidak mudah berkarat, kuat dan lebih ekonomis. Oleh karena itu, dikembangkan material komposit dengan serat alam untuk mendapatkan material dengan sifat-sifat tertentu, khususnya untuk pembuatan lambung kapal.

Menurut Muhajir (2016) Komposit adalah sistem material multi fasa yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material dengan sifat yang berbeda. Komposit terdiri dari serat dan matriks. Serat berfungsi sebagai material rangka yang menyusun komposit. Sedangkan matriks berfungsi untuk merekatkan serat dan menjaganya agar tidak berubah posisi.

Salah satu jenis serat alam yang dapat dimanfaatkan sebagai pengisi dalam material komposit adalah rami (Boehmeria Nivea). Rami merupakan serat tumbuhan tertua yang telah digunakan ribuan tahun. Sejak jaman prasejarah rami telah digunakan di Cina, India dan Indonesia. Di Indonesia, tanaman rami terdapat hampir di seluruh daerah di tanah air (Novarini et al., 2015).

Serat rami telah muncul sebagai bahan yang sangat menjanjikan untuk digunakan dalam aplikasi komposit karena banyak sifatnya yang menguntungkan, termasuk biodegradabilitas, rasio kekuatan-ke-berat yang tinggi, dan keberlanjutan lingkungan. Penelitian telah menunjukkan bahwa serat rami dapat secara signifikan meningkatkan sifat mekanik komposit, seperti kekuatan, kekakuan, dan stabilitas termal (Haboubi et al., 2024).

Dahal (2023) mengatakan komposit yang diperkuat serat alami, termasuk yang mengandung rami, sering menghadapi tantangan terkait penyerapan kelembaban, yang dapat merusak sifat mekanik. Airinei (2021) dalam penelitiannya telah menunjukkan bahwa serat rami dapat menyerap sejumlah besar air, dengan penyerapan air meningkat seiring kandungan serat rami dalam komposit meningkat.

Menurut Jiang et al., (2020) air laut menyebabkan degradasi pada komposit serat alami melalui kombinasi proses fisik, kimia, dan mekanis yang secara signifikan merusak sifat-sifatnya. Mekanisme utama melibatkan penyerapan kelembaban, yang menyebabkan pembengkakan, peningkatan berat, dan penurunan kekuatan mekanik. Misalnya, uji perendaman air laut pada komposit polivinil klorida (PVC) yang diperkuat serat jerami menunjukkan penurunan yang nyata dalam kekuatan tarik dan lentur, di samping peningkatan koefisien gesekan dan tingkat keausan spesifik, menunjukkan keausan abrasif yang parah dan kualitas ikatan dua fase yang buruk.

Demikian pula, komposit polimer yang diperkuat serat kaca (GFRP) mengalami pengurangan modulus Young, modulus geser, dan modulus kompresi dengan peningkatan kandungan dan suhu air laut, menyoroti peran kelembaban dan efek termal dalam mempercepat degradasi (X. Zhang & Deng, 2022).

Contardi (2023) dalam penelitiannya mengatakan penambahan pasta pigmen, terutama yang mengandung antioksidan alami seperti kurkumin, berpotensi mengurangi beberapa efek ini. Misalnya, biokomposit serat dengan kurkumin menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap tekanan termal dalam skenario pemutihan karang, menunjukkan bahwa sifat antioksidan serupa dapat meningkatkan daya tahan komposit serat alami dalam air laut.

Menurut Irawan (2018) dalam penelitiannya, Penambahan pasta pigmen ke serat ramie berpotensi mengubah karakteristik permukaan dan interaksinya dengan bahan matriks dalam komposit. Partikel pigmen dapat mempengaruhi adhesi matriks serat, yang merupakan faktor penting dalam menentukan sifat mekanik komposit. Misalnya, adanya rongga, retakan awal, dan delaminasi pada komposit epoksi yang diperkuat serat ramie dapat menyebabkan kegagalan, menunjukkan bahwa setiap modifikasi pada permukaan serat, seperti penambahan pasta pigmen, dapat memengaruhi kekuatan komposit.

Dari berbagai permasalahan – permasalahan tersebut maka penulis sangat tertarik untuk meneliti dengan judul: “Pengaruh Penambahan *Pigment Pastes* Komposit Tenunan Serat Ramie Pada Lingkungan Air Laut”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbedaan kekuatan Tarik material komposit tenunan serat rami dengan perbedaan konsentrasi *pigment pastes* sebelum dan setelah direndam pada air laut.
2. Bagaimana perbedaan kekuatan Bending material komposit tenunan serat rami dengan perbedaan konsentrasi *pigment pastes* sebelum dan setelah direndam pada air laut.

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui perbedaan kekuatan Tarik material komposit tenunan serat rami dengan perbedaan konsentrasi *pigment pastes* sebelum dan setelah direndam pada air laut.
2. Untuk mengetahui perbedaan kekuatan Bending material komposit tenunan serat rami dengan perbedaan konsentrasi *pigment pastes* sebelum dan setelah direndam pada air laut.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Material komposit yang digunakan adalah Resin Epoksi dan tenunan serat rami
2. Pola tenunan serat alam yang digunakan adalah pola tenunan basket
3. Karakterisasi sifat material meliputi uji tensile dan bending
4. *Pigment pastes* digunakan sebagai campuran material komposit serat rami.
5. Media air laut yang digunakan pada proses perendaman adalah air laut alami.

1.5. Manfaat

1. Menambah wawasan dan pengetahuan bagi pembaca tentang pengaruh penambahan *pigment pastes* terhadap sifat mekanis pada material komposit tenunan serat rami.
2. Menjadi referensi mengenai material komposit tenunan serat rami untuk penelitian lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Komposit

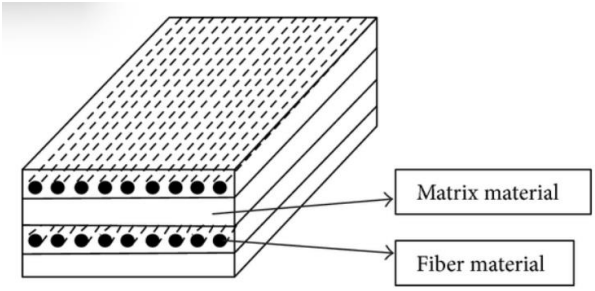
Bahan komposit didefinisikan sebagai kombinasi dari dua atau lebih bahan penyusun yang berbeda dengan sifat fisik, kimia, atau mekanik yang berbeda, yang bila digabungkan, menghasilkan material dengan karakteristik yang berbeda dari komponen individu. Definisi ini mencakup berbagai bahan dan struktur, dari agregat sederhana hingga sistem rekayasa yang kompleks. Konstituen komposit biasanya mencakup fase penguat, seperti serat, lembaran, atau partikel, tertanam dalam bahan matriks, yang dapat berupa polimer, logam, atau keramik. Fase penguatan juga memberikan kekuatan dan kekakuan, sedangkan matriks mengikat serat, mendistribusikan beban dan melindunginya dari kerusakan lingkungan (Vasif & Nesrin, 2018).

Fungsi utama serat dalam komposit ini adalah untuk memberikan kekuatan dan kekakuan tinggi, yang sangat penting untuk berbagai aplikasi struktural. Serat sintetis, seperti karbon dan basal, umumnya digunakan karena sifat mekaniknya yang unggul, termasuk kekuatan tarik tinggi dan modulus, yang penting untuk menahan beban yang diterapkan dan meningkatkan kinerja keseluruhan bahan komposit (Rajak et al., 2022a).

2.1.1. Klasifikasi Bahan Komposit

Menurut Filza (2023) Komposit serat (*fiber-matrik composites*) dapat dibedakan menjadi lima berdasarkan struktur penyusun dan bentuknya, yaitu:

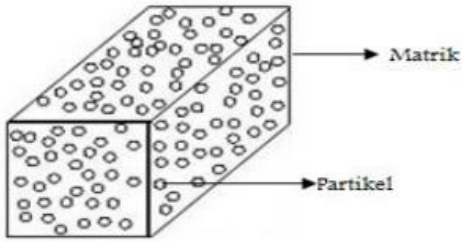
1. *Fibrous composites,* merupakan material komposit yang menggunakan bahan penguat berupa satu lapisan serat yang disusun secara orientasi, jenis komposit ini paling banyak digunakan dikarenakan memiliki sifat mekanik yang baik dalam pengaplikasiannya.



Gambar 2. 1 *Fibrous composites*

Serat yang digunakan pada *fibrous composites* juga harus menggunakan serat dengan diameter yang lebih kecil tapi lebih kuat daripada matriksnya, dan kekuatan lentur yang tinggi pula.

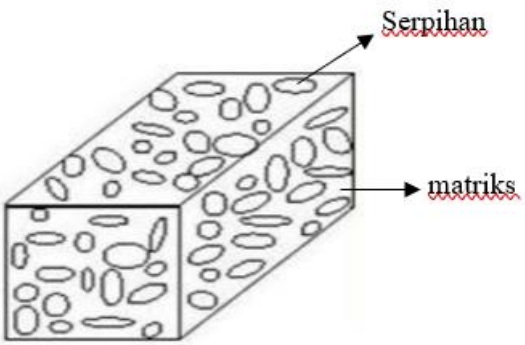
2. *Particulate composites*, adalah material komposit yang menggunakan bahan penguat berupa partikel dan matriks.



Gambar 2. 2 *Particulate composites*

Material komposit ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain kemampuan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan material, kekuatan yang lebih seragam ke segala arah, dan melalui penguatan dan pengerasan partikel dengan cara menghambat pergerakan dislokasi.

3. *Flake composites,* merupakan material komposit dengan bahan campuran berupa matriks dengan serpihan yang didistribusikan sebagai penguatnya, contoh serpihan yang biasa digunakan adalah *glass,* metal, dan mika.

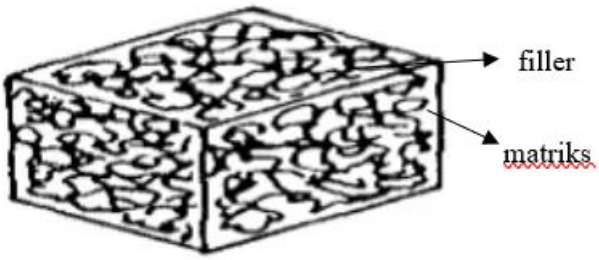


Gambar 2. 3 *Flake composites*

Flake composites juga bersifat isotropis, yaitu jenis material yang memiliki sifat yang sama jika material ditarik atau dikompresi ke segala arah. Bahan ini hanya memiliki satu nilai untuk modulus elastisitas, rasio Poisson, modulus geser, dan

ultimate tensile strength. Contoh bahan tersebut adalah logam, plastik, karet, dll.

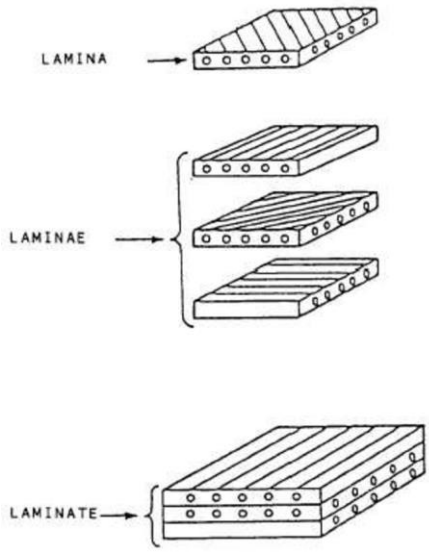
4. *Filled composites,* adalah material komposit di mana ada partikel yang berfungsi hanya untuk meningkatkan volume daripada bertindak sebagai penguat. Pada *filled composites*, bahan tambahan atau pengisi biasanya ditambahkan ke matriks.



Gambar 2. 4 *Filled composites*

Ada dua jenis *filled composites,* yang pertama adalah material *filler* ditambahkan kedalam hasil komposit normal untuk memperkuat komposit dan mengurangi massanya. Tipe kedua yaitu komposit terdiri dari kerangka matriks 3-D untuk menahan material kedua. Komposit yang paling banyak digunakan dari jenis *filled composites* adalah komposit dengan struktur *sandwich* dan *honeycombs*.

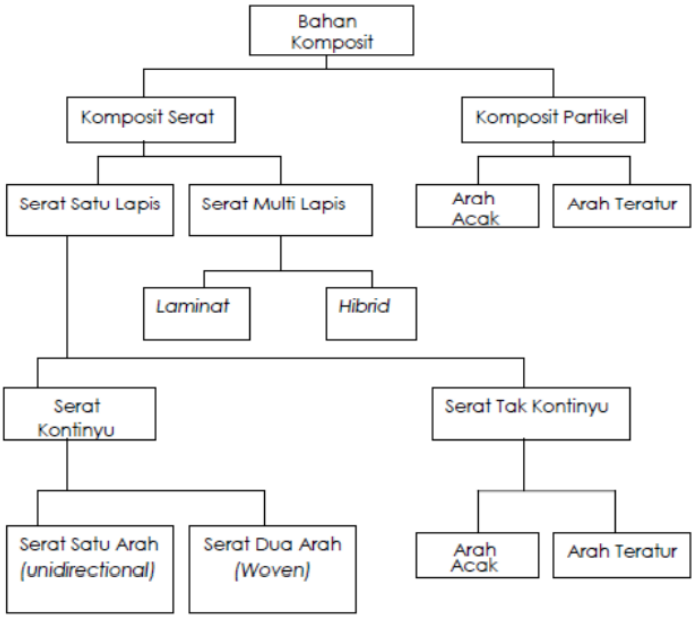
5. *Laminate composites,* adalah komposit dengan susunan dua lapisan atau lebih, dimana lapisan-lapisan tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda pula, baik dari segi material, arah penguat, dan bentuknya.



Gambar 2. 5 *Laminate composites*

Laminate composites banyak digunakan dalam dunia otomotif maupun perindustrian lainnya.

Menurut Fadilah & Widyaputra (2020) Tergantung pada geometri dan jenis serat, bahan komposit dapat dibagi menjadi berbagai jenis, hal ini dapat dimaklumi karena serat merupakan unsur utama dalam komposit. Klasifikasi komposit secara umum ditunjukkan pada gambar 2.6:

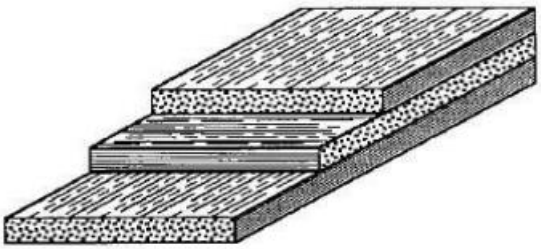


Gambar 2. 6 Klasifikasi Bahan Komposit (Fadilah & Widyaputra, 2020)

2.1.2. Tipe Komposit Serat

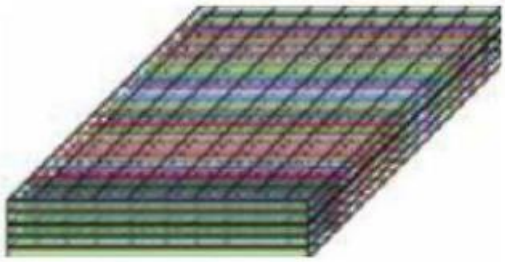
Menurut Yasa Utama et al., (2016) kekuatan material komposit juga dipengaruhi oleh arah dan penempatan seratnya. Berdasarkan penempatannya ada beberapa tipe arah pada serat komposit, yaitu:

1. *Continuous Fiber Composite,* tipe ini memiliki serat yang Panjang dan juga lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Akan tetapi, tipe ini memiliki kelemahan pada pemisahan antar lapisan. Hal ini disebabkan karna kekuatan antar lamina dipengaruhi oleh matriksnya.



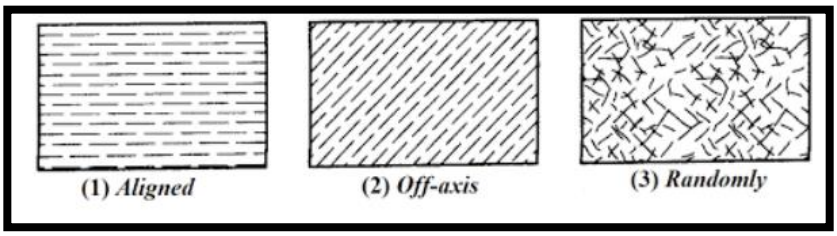
Gambar 2. 7 *Continuous Fiber Composite*

2. *Woven Fiber Composite,* komposit tipe ini tidak mudah dipengaruhi oleh pemisahan antar lapisan karna susunan seratnya mengikat serat antar lapisan seperti anyaman. Akan tetapi, susunan seratnya yang memanjang dan tidak begitu lurus menyebabkan kekuatan dan kekakuannya melemah.



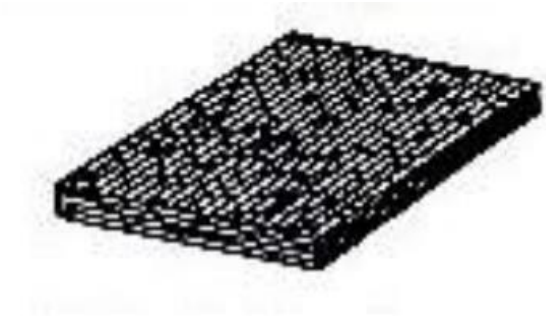
Gambar 2. 8 *Woven Fiber Composite*

3. *Discontinuous Fibre Composite,* tipe ini memiliki serat yang pendek, tipe ini juga terbagi menjadi tiga, yaitu :
   1) *Aligned discontinuous fiber*
   2) *Off-axis aligned discontinuous fiber*
   3) *Randomly oriented discontinuous fiber*



Gambar 2. 9 Tipe *Discontinuous Fibre Composite*

4. *Hybrid Fiber Composite,* merupakan kombinasi dari serat lurus dan serat acak agar dapat menghilangkan kekurangan dari kedua sifat tipe dan untuk menggabungkan kelebihannya.



Gambar 2. 10 *Hybrid Fiber Composite*

2.1.3. Faktor yang mempengaruhi performa komposit

Menurut dameanto purba (2011), di dalam penelitiannya Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi performa Fiber-Matrik Composites antara lain :

1. Faktor serat

   selain berfungsi untuk memperbaiki sifat dan struktur matriks, serat juga berfungsi sebagai bahan penguat pada matriks untuk menahan gaya yang diterima yang dapat mempengaruhi performa komposit.

2. Letak serat

   Letak dan arah serat juga sangat berpengaruh terhadap performa dari komposit. Berdasarkan letak dan arahnya, serat dapat diklasifikan menjadi tiga bagian, yaitu :

   a. *One dimensional reinforcement,* mempunyai kekuatan dan *modulus* maksimum pada arah *axis* serat
   b. *Two dimensional reinforcement,* atau yang biasa disebut planar, memiliki kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah orientasi serat
   c. *Three dimensional reinforcement,* bersifat *isotropic* dan kekuatannya paling tinggi dibandingkan tipe yang lain. Tipe ini jika arah serat semakin acak, maka apabila terdapat serat yang satu arah, maka sifat mekaniknya akan lemah, namun jika arah seratnya menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar sehingga kekuatannya meningkat.

3. Panjang serat

   Panjang serat sangat berpengaruh terhadap modulus komposit, serat Panjang lebih kuat dibandingkan serat pendek. Hal ini disebabkan karena serat Panjang dapat menyerap beban lebih baik dibandingkan serat pendek.

4. Bentuk serat

   Bentuk serat dengan diameter lebih kecil memiliki kekuatan Tarik yang lebih besar dibandingkan dengan serat berdiameter besar,

karena semakin kecil diameter serat maka semakin besar kekuatan tariknya.

5. Faktor matrik

Matriks berfungsi untuk mengikat serat. Selain itu matriks juga berfungsi untuk menyebar beban ke serat karena memiliki modulus kekuatan yang tinggi.

2.2. Matrik

Menurut Mukherjee et al., (2023) Dalam penggunaannya, jenis bahan komposit umumnya dibedakan berdasarkan bentuk bahan penguat yang terdapat dalam matriks ikatan, atau berdasarkan bahan pembentuk matriks ikatan itu sendiri.

Dalam kehidupan sehari-hari, material komposit dengan penguat serat memegang peranan yang sangat penting dibandingkan dengan material komposit bertulang lainnya. Penguat serat (partikel atau serpihan) juga memainkan peran yang cukup besar. Umumnya, komposit biasanya menggunakan bahan yang berasal dari bahan polimer, logam, atau keramik.

Karena matriks berfungsi sebagai penerima beban pertama sebelum diteruskan ke serat. Maka bahan matriks harus kompatibel dengan serat agar serat dapat melekat dengan kuat dengan matriksnya sehingga tidak mudah rusak karena reaksi yang diterima oleh komposit. Kegunaan matriks pada bahan komposit yaitu :

1. Sebagai penerima beban sebelum diteruskan ke serat.
2. Sebagai penahan yang mempertahankan posisi serat pada tempatnya
3. Melindungi serat dari dari perlakuan mekanik

Bahan yang sering digunakan sebagai matriks pembuatan komposit yaitu :

1. Polimer

   Polimer adalah bahan yang paling sering digunakan dalam pembuatan komposit, beberapa jenis polimer antara lain :

   a. Thermoset, merupakan resin yang tidak dapat berubah bentuk karena perlakuan panas, maka dari itu bahan ini tidak dapat pula di daur ulang. Contohnya *epoxy, polyester,* dan *phenotic.*
   b. Thermoplastik, adalah resin atau plastik yang dapat berubah bentuk jika diberikan perlakuan panas sehingga bisa di daur ulang. contohnya *nylon, polyamid,* dan *polyether.*

2. Keramik

   Pembuatan komposit dengan bahan keramik biasanya dilakukan dengan menggunakan metode metalurgi serbuk. Serat yang telah diatur letak dan arahnya dituangkan keramik yang sudah dicampur kemudian dikeraskan. Komposit ini tahan terhadap temperatur tinggi. Contohnya SiC dan SiN.

3. Karet

Karet adalah polimer hidrokarbon yang dihasilkan dari pengolahan lateks atau lateks kebun. Karet juga memiliki kelenturan, elastisitas dan sifat redaman yang baik. Karet bersifat semi kristalin jika dibawah temperatur kamar.

4. Matriks logam
   Matriks logam terbuat dari logam yang dicairkan kemudian dituangkan ke serat yang sudah diatur dengan pemanasan.
5. Matriks karbon
   Matriks karbon dibuat dengan cara serat dipanaskan dengan temperatur tinggi didalam ruangan yang berisi campuran gas dan tidak ada oksigen sama sekali hingga terjadi karbonisasi kemudian dilapisi dengan resin seperti *epoxy, polyester, nylon,* dan urethane.

Pemilihan matriks harus didasarkan pada perpanjangan putus yang lebih besar dari pada pengisi. Selain itu, perhatikan berat jenis, viskositas, kemampuan pembasahan, tekanan dan suhu *Curing*, penyusutan dan kekosongan (*voids*).

Kekosongan (*voids*) dalam komposit mengurangi kekuatan komposit. Kekosongan ini terjadi karena udara terperangkap saat pencetakan, sementara serat selalu mengirimkan tegangan ke matriks. Hal seperti inilah yang menimbulkan keretakan (*cracking*), *cracking* ini menurunkan kekuatan tarik komposit karena matriks akan lebih dominan menahan beban saat ditarik.

voids berbanding terbalik dengan kekuatan komposit, jika semakin banyak *voids* yang terdapat pada komposit, maka komposit akan semakin rapuh, dan apabila semakin sedikit *voids* pada komposit, maka semakin kuat komposit tersebut.

Dalam pembuatan material komposit, matriks berperan sebagai pengikat penguat dan juga sebagai pelindung partikel dari unsur lingkungan. Beberapa bahan matriks dapat memberikan sifat plastisitas dan ketangguhan yang diinginkan. Dalam penelitian ini, matriks yang digunakan adalah polimer termoset jenis resin epoksi.

Matrik epoksi paling banyak digunakan, walaupun harganya mahal, resin ini mempunyai karakteristik kekuatan tinggi, ketidakstabilan rendah, Tingkat penyusutan rendah yang mengurangi kecenderungan mendapatkan tegangan geser yang besar ikatan antara epoksi dan penguatnya, viskositas dam tingkat alirannya rendah yang memungkinkan membasahi serat dengan baik dan mencegah ketidakberaturan serat selama pemrosesan.

2.3. Serat

Menurut Rajak et al., (2022) Peran utama serat dalam komposit adalah untuk meningkatkan sifat mekanik material. Serat bertindak sebagai komponen penguat dalam komposit, menahan beban dan mendistribusikan tegangan melalui matriks, yang biasanya merupakan polimer, logam, atau keramik. Penguatan ini sangat penting untuk mencapai rasio kekuatan-ke-berat yang tinggi, membuat komposit yang diperkuat serat ideal untuk aplikasi yang

membutuhkan bahan ringan namun kuat, seperti di industri kedirgantaraan, otomotif, kelautan, dan konstruksi. Oleh karena itu, serat harus memiliki tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matriks komposit.

Serat merupakan komponen penting, karena serat menentukan sifat mekanik dari komposit seperti kekakuan, keuletan, dan sebagainya. Fungsi utama dari serat adalah:

1. Sebagai pembawa beban. Dalam struktur komposit 70 % - 90 % beban dibawa oleh serat.
2. Memberikan sifat kekakuan, kekuatan, stabilitas panas.
3. Memberikan insulasi kelistrikan (konduktivitas) pada komposit, tetapi ini tergantung dari serat yang digunakan.

Tabel 2. 1 sifat mekanik dari beberapa jenis serat

		Cotton	Flax	Jute	Kenaf	E-Glass	Ramie	Sisal
Diameter	Mm	-	11–33	200	200	5–25	40–80	50–200
Panjang	Mm	10–60	10–40	1–5	2–6	-	60–260	1–5
Kekuatan tarik	MPa	330–585	345–1035	393–773	930	1800	400–1050	511–635
Modulus Elastisitas	GPa	4.5–12.6	27.6–45.0	26.5	53.0	69.0–73.0	61.5	9.4–15.8
Massa jenis	g/cm^3	1.5–1.54	1.43–1.52	1.44–1.50	1.5	2.5	1.5–1.6	1.16–1.5
Regangan Maksimum	%	7.0–8.0	2.7–3.2	1.5–1.8	1.6	2.5–3.0	3.6–3.8	2.0–2.5
Spesifik kekuatan tarik	km	39.2	73.8	52.5	63.2	73.4	71.4	43.2
Spesifik Kekakuan	km	0.85	3.21	1.80	3.60	2.98	4.18	1.07

Orientasi serat penguat menentukan kekuatan komposit, dan orientasi serat sesuai dengan arah kekuatan maksimum. Orientasi serat mempengaruhi jumlah serat yang dapat dikemas ke dalam matriks. Semakin hati-hati ditata, semakin banyak penguatan yang bisa dimasukkan. Jika mereka sejajar, kemungkinannya hingga 90%, jika kedua bagian saling tegak lurus, kemungkinannya adalah 75%, dan urutan acak hanya memiliki peluang pengisian 15-50%. Ini menentukan peracikan maksimum pada yang terbaik.

2.3.1.Serat Alam

Serat alam yaitu serat yang berasal dari alam (bukan buatan ataupun rekayasa manusia). Serat alam atau bisa dikatakan serat alam ini biasanya didapat dari serat tumbuhan (pohon) seperti pohon bambu, pohon kelapa, pohon pisang dan tanaman lainnya yang memiliki serat di batang dan daunnya.

Menurut Sandeep Yadav & Sanjay Mishra (2024), Serat alam yang berasal dari tumbuhan, hewan, atau sumber mineral, memiliki sifat yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, menjadikannya

alternatif yang layak untuk bahan sintetis di berbagai industri. Serat – serat ini, seperti rami, goni, kepompong sutra, dan sabut, sering dibuang sebagai limbah pertanian tetapi memiliki sifat mekanik yang sangat baik, termasuk kekuatan tarik dan lentur yang cukup besar, yang dapat ditingkatkan melalui berbagai perawatan dan digunakan sebagai penguat dalam komposit polimer.

Komposit serat alam memiliki keunggulan lain dibandingkan serat kaca, yaitu komposit serat alam lebih ramah lingkungan karena terdegradasi secara alami dan lebih murah dibandingkan serat kaca. Serat kaca sulit terdegradasi secara alami. Selain itu, kaca juga menghasilkan gas dan debu yang berbahaya bagi kesehatan jika didaur ulang, sehingga diperlukan bahan alternatif untuk menggantikan *fiberglass*.

Dari Tabel dibawah dapat dilihat begitu luasnya sumber bahan baku serat alam baik itu serat selulosa, serat protein, polimer alami, polimer sintetik dan anorganik.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Serat Tekstil

SERAT ALAMI		SERAT BUATAN
Asal Nabati – Serat Selulosa		**Berbasis Polimer Alami**
Serat Biji: Kapas, Kapok		**Selulosa Regenerasi**: Viscose, Modal, Lyocell, Cupro
Serat Batang: Jute, Flax, Hemp, Rami, Kenaf		**Protein Regenerasi**: Casein, Arachin Zein
Serat Daun: Sisal, Abaca, Henequen		**Selulosa Esters** : Asetat
		Karet: Elastomer
		Alginate
Asal Hewan - Serat Protein		**Berbasis Polimer Sintetis**
Wool		Acrylic, Aramid, Chlorofibre,
Serat Rambut : Angora, Mohair, Alpaca		Fluorofibre, Modacrylic, Polyamide,
Sutera		Polyester, Polyethylene, Polyimide,
		Polypropylene, Vinylal, Polyactide.
Anorganik		**Anorganik**
Asbestos		Karbon, Keramik, Glass, Metal

Serat tekstil secara kasar dibagi menjadi serat alam dan serat buatan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. 2 Serat alam mengacu pada serat yang ada di alam, ditemukan dalam sayuran, dan merupakan tumbuhan (serat selulosa), hewan (serat protein), dan mineral (asbes).

Serat buatan adalah serat yang tidak terdapat di alam, meskipun serat dapat tersusun dari bahan-bahan alami. Mereka terbagi dalam tiga kategori besar: yang dibuat dengan mengubah polimer alami (serat regenerasi), yang terbuat dari polimer sintetis (serat sintetis), dan yang terbuat dari bahan anorganik (terbuat dari logam, elektronik, karbon atau kaca).

2.4. Tanaman Rami

Rami adalah salah satu tanaman tahunan herba yang dibudidayakan secara luas di wilayah asli Cina, Jepang, dan Malaysia di mana telah digunakan selama lebih dari satu abad sebagai salah satu kain tekstil (Rehman et al., 2019).

Rami adalah tanaman yang tidak bercabang, tumbuh cepat yang tumbuh hingga ketinggian 1 - 2 m dan memiliki diameter batang 12 - 20 mm. Serat yang diekstraksi dari batang adalah serat kulit pohon yang paling kuat dan terpanjang. Mereka digunakan untuk membuat sweater dalam kombinasi dengan kapas, juga digunakan dalam pelapis, mantel gas, jaring ikan, dan pengemasan laut, dan lain-lain (Sengupta & Basu, 2020).

Tanaman rami tumbuh dari rhizoma yang memiliki bentuk ramping dan mengandung batang, serat, dan daun masing-masing mengandung 3,9 persen, 61 persen, dan 35 persen yang dapat dimanfaatkan untuk bahan baku tekstil dengan mencampurkannya dengan serat kapas dan polyester (Wulandari, 2007).

Produk berbasis bio juga sedang dikembangkan dengan memanfaatkan produk berbasis bio di bidang mobil, furnitur, konstruksi, dll. Serat rami banyak digunakan dalam produksi berbagai tekstil, pulp dan kertas, bahan kimia pertanian, bahan komposit, dan banyak lagi. Serat rami diproses mirip dengan linen.

Namun, Pemisahan serat rami lebih sulit daripada serat batang lainnya. Pada dasarnya pemisahan dilakukan dengan cara mematahkan dan memukul batang, kemudian dikerok untuk memisahkan serat dari batang. Kekuatan serat rami lebih tinggi dibandingkan dengan serat alami lainnya.

2.4.1. Sifat-Sifat Serat Rami

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. 11 Serat Alam Rami (Wulandari, 2007)

2.5. Tenunan

Tenun itu sendiri di dalam KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia), yaitu “Tenun berarti hasil kerajinan yang berupa bahan (kain) yang dibuat dari benang (kapas, sutera dan sebagainya) dengan cara memasukkan benang pakan secara melintang pada benang lusi”. Menenun merupakan sebuah keahlian untuk membuat lembaran kain dengan berbagai macam corak.

Kemajuan teknologi tekstil seperti menenun, merajut dan mengepang telah menyebabkan pengembangan komposit tekstil dengan sifat mekanik yang sangat baik. Kain menarik sebagai penguat karena memberikan integritas yang sangat baik dan cocok untuk aplikasi struktural. Kekuatan pendorong untuk peningkatan pemanfaatan kain dibandingkan dengan bukan tenunan adalah drapabilitasnya yang sangat baik, pengurangan biaya produksi dan peningkatan sifat mekanik, terutama kekuatan interlayer atau antarmuka (Gu & Ding, 2005).

Sambungan antara serat yang berdekatan dalam penguat tekstil memberikan kekuatan antarmuka tambahan yang melengkapi antarmuka serat-resin yang relatif buruk. Karakteristik non-delaminasi komposit jalinan tiga dimensi di bawah pengaruh benturan balistik juga memiliki potensi signifikan dalam aplikasi proteksi balistik.

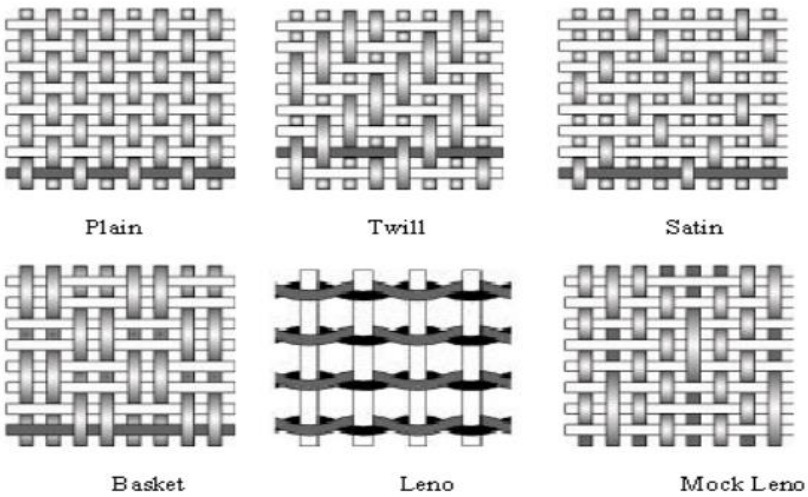
2.5.1. Pola Tenunan

Pola tenun seperti polos, *twill*, satin, keranjang, leno dan mock leno adalah beberapa pola tenun yang umum digunakan dalam tekstil dan digunakan sebagai penguat saat membuat komposit. Karakteristik tenunan ditunjukkan pada Gambar 2.12, dan sifat masing-masing dirangkum dalam Tabel 2. 3.

Tabel 2. 3 Perbandingan sifat kain dengan gaya anyaman yang berbeda (Yan Li et al., 2009)

Tenunan / Sifat	Plain	Twill	Satin	Basket	Leno	Mock Leno
Stability	****	***	**	**	*****	***
Drape	**	****	*****	***	*	**
Porosity	***	****	*****	**	*	***
Smoothness	**	***	*****	**	*	**
Balance	****	****	**	****	**	****
Symetrical	*****	***	*	***	*	****
Crimp	**	***	*****	**	**/*****	**

Note: *****=exellent, ****=good, ***=acceptable, **=poor, *=very poor

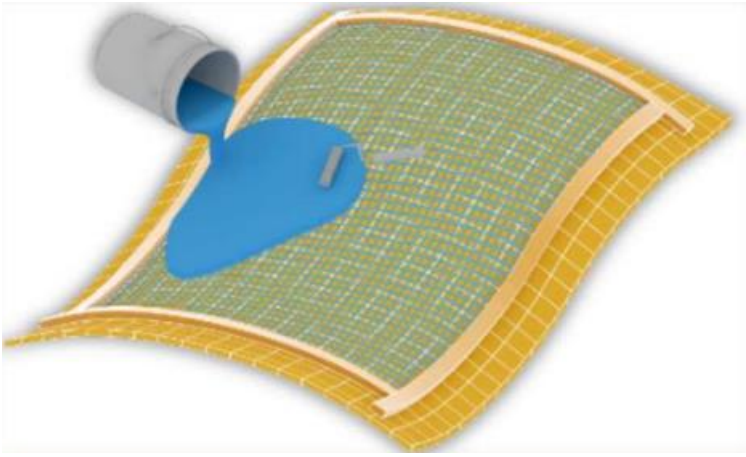


Gambar 2. 12 Pola tenunan penguat komposit (Yan Li et al., 2009)

Tekstil disiapkan secara terpisah dan dimasukkan ke dalam matriks dengan salah satu metode berikut:

Proses lay-up sederhana. Metode ini digunakan ketika matriks resin sintetis diterapkan pada lapisan pelapis tekstil yang bergantian. Metode ini juga digunakan untuk skala industri untuk membuat komposit serat. infiltrasi resin antar lapisan. Serat disusun dalam bentuk penampang dan menembus (di bawah vakum atau di bawah

tekanan gas inert) bahan matriks dalam keadaan cair (Habibie et al., 2021).



Gambar 2. 13 Proses lay-up sederhana (Habibie et al., 2021)

2.6. Degradasi

Menurut Xu et al., (2015) Degradasi material adalah kondisi dimana bahan memburuk dalam sifat dan kinerjanya karena berbagai faktor lingkungan dan operasional. Fenomena ini menjadi perhatian yang signifikan di berbagai industri, termasuk kedirgantaraan, teknik sipil, teknik biomedis, dan tenaga nuklir, karena dapat menyebabkan penurunan kemudahan servis, kegagalan mekanis, dan kerugian ekonomi.

Mekanisme degradasi dapat beragam, termasuk reaksi kimia, paparan suhu tinggi, pemuatan mekanis siklik, dan faktor lingkungan seperti sinar UV, serangan jamur dan bakteri, erosi, dan keausan.

Menurut Soltani et al., (2016) juga di dalam penelitiannya, Degradasi material adalah fenomena multifaset yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik lingkungan maupun operasional. Penyebab umum termasuk oksidasi, korosi, paparan UV, dan kelelahan termo-mekanis, yang mengubah sifat struktural dan perilaku dinamis dari waktu ke waktu, terutama dalam sistem nonlinier di mana variasi suhu dapat secara signifikan mempengaruhi kondisi stabilitas.

Faktor lingkungan secara signifikan berkontribusi terhadap degradasi material melalui berbagai mekanisme, berdampak pada berbagai jenis bahan dengan berbagai cara. Untuk komposit polimer, paparan zat kimia seperti NaOH dan H2SO4, terutama pada suhu tinggi, menyebabkan degradasi substansial, termasuk kekasaran permukaan, pembentukan pori, dan penurunan kekuatan Tarik (Kojnoková et al., 2022).

2.6.1. Degradasi pada media air laut

Degradasi material dalam air laut merupakan masalah multifaset yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk jenis material, kondisi lingkungan, dan aktivitas biologis. Misalnya, komposit polimer yang

diperkuat serat kaca (GFRP) menunjukkan degradasi yang signifikan ketika terkena kandungan dan suhu air laut yang lebih tinggi, yang menyebabkan penurunan substantif dalam sifat mekanik seperti modulus Young dan modulus geser (X. Zhang & Deng, 2022).

Li et al., (2022) di dalam penelitiannya mengatakan, air laut menyebabkan degradasi dalam komposit melalui berbagai mekanisme, terutama melibatkan penyerapan kelembaban, reaksi kimia, dan kerusakan fisik. Perilaku penyerapan air komposit sering mengikuti hukum difusi Fickian, di mana laju dan kandungan maksimum penyerapan air secara signifikan dipengaruhi oleh suhu sekitar daripada konsentrasi NaCl. Kelembaban yang diserap ini dapat menyebabkan degradasi antarmuka serat atau matriks, menyebabkan deikatan, retak matriks, dan delaminasi, yang pada akhirnya akan mengurangi sifat mekanik seperti kekuatan tarik, kekuatan geser, dan kekuatan lentur.

Unsur pokok yang terkandung pada air laut dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut:

Tabel 2. 4 Unsur pokok dalam media air laut (Benjamin D, 2006)

Anion	Part/Million	Equevalents Per Million	Part Per Million Per Unit Chlorinity
Chloride, Cl^-	18.980,00	535,30	998,90
Sulfate,$SO4^{2-}$	2.649,00	55,10	139,40
Bicarbonete, $HCO3^-$	139,70	2,30	7,35
Bromine, Br^-	64,60	0,80	0,80
Fluoride, F^-	1,30	0,10	0,07
BoricAcid,H3BO3	26,00	-	1,37
Total		593,60	
Cation	**Part/Million**	**Equevalents Per Million**	**Part Per Million Per Unit Chlorinity**
Sodium, Na+	10.556,10	159,00	555,60
Magnesium, MG2+	1.272,00	104,60	66,95
Calcium, Ca2+	400,10	20,00	21,06
Potassium, K+	380,00	9,70	20,00
Strotium, Sr2+	13,30	0,30	0,70
Total		593,60	

Salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk mengatasi degradasi, korosi, serta hewan dan tumbuhan laut, dan yang telah terbukti efektif, adalah lapisan pelindung (*protective coatings*). Komponen utama dari pelindung ini adalah cat.

2.6.2. Lapisan Pelindung Cat

Cat adalah bahan cair atau lengket yang terdiri dari penghantar medium (*vehicle*) yang merupakan bahan cair dari cat itu sendiri. Pewarna dan bahan pendukung (partikel kecil dan tidak larut konduktivitas sedang) ditambahkan dengan bahan tambahan dalam jumlah tertentu sesuai dengan campuran dan dosis.

Menurut Bayuseno et al., (2009) Cat selalu mengandung pigmen dan juga resin (polimer). Pada dasarnya cat dapat dikelompokan sebagai:

1. Wahana (*vehicle*), adalah zat cair yang membuat cat memiliki fluiditas dan meninggalkan selaput kering yang padat (*Dry film*) saat mengering atau menguap. Wahana merupakan campuran dari pelarut dan resin cat.
2. Pigmen, yang tersuspensikan dalam wahana. Pigmen mengendalikan laju korosi atau laju difusi reaktan-reaktan pada selaput kering (*dry film*).
3. Aditif, berfungsi untuk mempercepat proses pengeringan atau membuat lapisan cat kering lebih tahan terhadap lingkungan sekitarnya.

Wahana kemudian menjadi kering setelah melewati salah satu proses berikut:

- Unsur pelarut dalam wahana mengalami penguapan
- Transformasi kimia, terutama oksidasi komponen cair dalam wahana, seperti minyak cat. Cat mengering dari permukaan dan diaplikasikan atau disemprotkan lapis demi lapis sampai ketebalan yang diinginkan tercapai.
- Polimerisasi adalah reaksi kimia antara wahana dan pengeras yang ditambahkan ke cat sebelum digunakan. Bahan pengering ini disebut cat dua komponen.

Dalam hal ini, cat mengering di seluruh lapisan pada saat yang bersamaan, sehingga dapat diaplikasikan atau disemprotkan dalam lapisan tebal sekaligus. Jika cat telah dicampur dengan pengering, maka cat harus digunakan karena jika tidak cat akan menjadi rusak.

Ketika cat telah kering, maka selanjutnya yang bertindak sebagai pengikat (*Binder*) adalah wahana. Bagian ini menahan pigmen pada posisinya, mengikat lapisan ke permukaan, dan bertindak sebagai penghalang yang membatasi masuknya air, oksigen, dan ion agresif ke permukaan material.

2.6.3. Pigment pastes

Menurut Pyeon et al., (2022) Pigmen pasta memainkan peran penting dalam pengembangan dan peningkatan bahan komposit, menawarkan manfaat estetika dan fungsional. Pigmen ini sering

diintegrasikan ke dalam komposit untuk mencapai efek warna yang diinginkan dan meningkatkan sifat material. Misalnya, penggabungan pigmen dalam komposit semen berkekuatan ultra-tinggi (UHSCC) tidak hanya mempengaruhi sifat mekaniknya tetapi juga mempengaruhi perkembangan warna, seperti yang ditunjukkan oleh korelasi antara konsentrasi pigmen dan intensitas warna.

Menurut Kumar et al., (2021), dan Chungkrang, (2020) Pewarna pigmen adalah kategori penting dari pewarna yang digunakan secara luas di berbagai industri karena sifat dan aplikasinya yang unik. Tidak seperti pewarna, pigmen adalah senyawa tidak larut yang memberikan warna dengan memantulkan cahaya daripada menyerapnya, membuatnya cocok untuk berbagai substrat termasuk tekstil, plastik, cat, dan tinta. Pigmen alami, berasal dari sumber nabati, hewani, atau mineral, telah digunakan secara historis untuk mewarnai tekstil, makanan, obat-obatan, dan kosmetik, menawarkan alternatif yang lebih ramah lingkungan untuk pewarna sintetis.