

PENGARUH SINAR MATAHARI TERHADAP KOMPOSIT DIPERKUAT TENUNAN RAMI DENGAN PENAMBAHAN PIGMENT PASTE



**MUHAMMAD FADHILLAH UMA
D021 18 1331**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**PENGARUH SINAR MATAHARITRHADAP KOMPOSIT DIPERKUAT
TENUNAN SERAT RAMI DENGAN PENAMBAHAN PIGMENT PASTE**

**MUHAMMAD FADHILLAH UMA
D021 18 1331**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**PENGARUH SINAR MATAHARI TERHADAP KOMPOSIT DIPERKUAT
TENUNAN SERAT RAMI DENGAN PENAMBAHAN PIGMENT PASTE**

MUHAMMAD FADHILLAH UMA
D021 18 1331

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Mesin

pada

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**PENGARUH SINAR MATAHARI TERHADAP KOMPOSIT
DIPERKUAT TENUNAN SERAT RAMI DENGAN
PENAMBAHAN *PIGMENT PASTE***

Disusun dan diajukan oleh

MUHAMMAD FADHILLAH UMA
D021181331

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 DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul “Pengaruh Sinar Matahari Terhadap Komposit Diperkuat Tenunan Serat rami dengan penambahan Pigment Paste” 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 yang 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.

Makassar, 22 Oktober 2024



MUHAMMAD ADHILLAH UMA.
D021181331

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Teriring salam dan do'a, semoga Allah SWT senantiasa mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, agar sentosa, sehat dan bahagia hingga tiba masanya, tatkala segala yang fana akan kehilangan substansi dan aksidennya. Lafaz syukur tidak henti-hentinya saya ucapkan, sehingga saya bisa menyelesaikan skripsi yang telah ditetapkan oleh Universitas Hasanuddin sebagai salah satu bagian dari persyaratan yang perlu dipenuhi untuk meraih gelar sarjana. Tak lupa, sholawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa kita dari zaman yang penuh dengan kebodohan, hingga sampai sekarang ini, pada zaman yang penuh dengan kepandaian dan ilmu pengetahuan, meskipun banyak manusia dewasa kini yang kerap menggunakannya untuk memanfaatkan manusia lainnya.

Terakhir, sekaligus menutup bagian kata pengantar dari skripsi yang saya tulis, adalah serangkaian ucapan syukur dan do'a baik kepada para pihak yang tidak pernah bosan untuk membersamai saya dalam rangka meraih gelar sarjana. Tentu penyelesaian skripsi ini tidak akan berjalan dengan lancar tanpa upaya dari pihak-pihak yang ada. Oleh karena itu, saya mengucapkan syukur dan do'a baik kepada pihak yang terlibat, sebagai berikut:

1. Kepada Bapak (alm) La Uma. S.Km dan Ibu Rasnah, yang sudah menjadi manusia pilihan Allah untuk membesarkan anaknya dengan sangat baik, dengan harapan agar anak tersebut dapat menyebarkan kebaikan di muka bumi dengan bijaksana.
2. Kepada Saudara Munawir Uma. S.Km dan Nur Aisyah Uma.S.Kep., N.S, selaku kakak saya yang menjadi motivasi saya untuk menjadi lebih baik lagi.
3. Kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, M.T. selaku pembimbing pertama atas segala bimbingan, arahan serta masukan yang telah diberikan dari penyusunan proposal sampai dengan penyusunan skripsi ini.
4. Kepada bapak Ir. Azwar Hayat, ST., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan segala bimbingan, arahan, serta masukan demi kelancaran penyusunan skripsi ini.
5. Kepada segenap civitas akademika Departemen Teknik Mesin FT-UH, atas segala bantuan dan pelayanan selama saya berkuliah.
6. Kepada Ibu Aslina, Pak Yusuf dan Pak Masriadi terima kasih atas bantuan dan support akan segala hal.
7. Kepada kak Azwar dan kak Iqbal yang telah bersamai selama proses pembuatan alat dan support akan segala hal.
8. Kepada Saudara Iwal, Figo, Kaisan, yang telah membersamai saya selama proses pembuatan alat serta secara umum sudah bersama-sama melewati masa perjuangan.

9. Kepada segenap anak-anaka di REACTOR 2018 yang senantiasa hadir dalam gundah gulana bangku perkuliahan, terkhusus kepada Saudara Nur Wahyudi Bakri, yang sudah menanggung kesalahan kami selama perkuliahan, dan senantiasa mengawal sampai kami wafat pada waktunya masing-masing.
10. Kepada teman-teman seperjuangan Laboratorium Mekanika Terpakai yang telah membantu selama masa penelitian dan penyusunan skripsi.
11. Kepada teman-teman KEPPMI Muna-Makassar, KMPW Muna-Makassar dan IMM Makassar Timur yang sudah mendukung dan berjuang akan sejauh ini.
12. Kepada setiap manusia yang sediakala menetap di hati dan pikiran saya, yang dengan kehadirannya di muka bumi, membuat saya tidak pernah kehabisan motivasi untuk senantiasa memperbaiki diri dan menjadi lebih baik lagi.
13. Kepada diri saya sendiri, yang jika saya mengenang kembali, ada banyak momen yang berupaya untuk membuat saya hancur, tetapi lagi-lagi dapat tetap bertahan pada pendirian dan berani melakukan apa yang menurut saya benar untuk dilakukan tanpa memerdulikan omongan orang.

Demikian kata pengantar ini saya buat dengan penuh kesadaran dan perasaan. Kendati saya sadar bahwa skripsi ini sarat akan kekurangan, saya harap agar skripsi ini dapat menjadi manfaat bagi dunia pendidikan dan manusia secara keseluruhan. Besar harapan saya agar sebuah skripsi tidak memberatkan mahasiswa. Sebab, bukankah skripsi yang baik adalah skripsi yang selesai?

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Gowa, Oktober 2024

Penulis

ABSTRAK

MUHAMMAD FADHILLAH UMA. Pengaruh sinar matahari terhadap komposit diperkuat tenunan serat rami dengan penambahan pigment paste (**Pembimbing Zulkifli djafar dan Azwar hayat**)

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh paparan sinar matahari terhadap karakteristik mekanik dari komposit yang diperkuat dengan serat rami tenun dan diperkaya dengan pasta pigmen. Studi ini dilatarbelakangi oleh signifikansi pengembangan bahan komposit alami, khususnya serat rami, yang memiliki keunggulan dalam hal kekuatan dan keberlanjutan. Namun, paparan sinar matahari, terutama radiasi ultraviolet (UV), dapat menyebabkan degradasi pada material polimer, sehingga berdampak negatif pada sifat mekanik dari komposit tersebut.

Metodologi penelitian yang diterapkan mencakup produksi panel kompositberbahan dasar serat rami yang diperkuat dengan resin epoksi dan pasta pigmen. Selanjutnya, dilakukan serangkaian pengujian mekanik, seperti tes tarik dan tes lentur, pada panel komposit yang telah terpapar sinar matahari dalam durasi yang bervariasi, mulai dari 2 minggu hingga 12 minggu. Hasil dari pengujian-pengujian tersebut kemudian dianalisis secara saksama untuk mengidentifikasi sejauh mana paparan sinar matahari dapat mempengaruhi karakteristik mekanik dari komposit yang diperkuat dengan serat rami dan diperkaya dengan pasta pigmen.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan pasta pigmen memberikan pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanik komposit, dengan variasi hasil yang bergantung pada durasi paparan sinar matahari. Studi ini menyimpulkan bahwa meskipun paparan sinar matahari dapat menyebabkan degradasi, integrasi pasta pigmen mampu meningkatkan kinerja komposit berbasis serat rami. Kontribusi penelitian ini adalah pada pengembangan bahan komposit yang lebih tahan lama dan ramah lingkungan, serta menyorot potensi serat alam seperti rami dalam aplikasi komposit masa depan.

Kata kunci: Komposit, Serat rami, Pasta pigmen, Paparan sinar matahari, Sifat mekanik.

ABSTRACT

MUHAMMAD FADHILLAH UMA: The Effect of Sunlight on Composites Reinforced With Woven Ramie Fiber and Enhanced With Pigment paste (dibimbing oleh Zulkifli djafar dan Azwar hayat)

This research aims to investigate the influence of solar exposure on the mechanical characteristics of composites reinforced with woven ramie fibers and enriched with pigment paste. This study is motivated by the significance of developing natural composite materials, particularly ramie fibers, which possess advantages in terms of strength and sustainability. However, solar exposure, especially ultraviolet (UV) radiation, can cause degradation of polymer materials, thereby negatively impacting the mechanical properties of the composites.

The research methodology applied includes the production of composite panels based on ramie fibers reinforced with epoxy resin and pigment paste. Subsequently, a series of mechanical tests, such as tensile and flexural tests, were conducted on the composite panels that had been exposed to solar radiation for varying durations, ranging from 2 weeks to 12 weeks. The results of these tests were then carefully analyzed to identify the extent to which solar exposure can influence the mechanical characteristics of the composites reinforced with ramie fibers and enriched with pigment paste.

The research findings indicate that the addition of pigment paste has a significant influence on the mechanical properties of the composites, with variations in the results depending on the duration of solar exposure. This study concludes that although solar exposure can cause degradation, the integration of pigment paste can enhance the performance of ramie fiber-based composites. The contribution of this research lies in the development of more durable and environmentally friendly composite materials, as well as highlighting the potential of natural fibers, such as ramie, in future composite applications.

Keywords: Composites, Ramie fibers, Pigment paste, Solar exposure, Mechanical properties.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PENYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAKCIPTA.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I.PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.	3
1.4 Batasan masalah	3
1.5 Manfaat penelitian.....	3
BAB II.TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Sinar Matahari	4
2.2 Tanaman rami	4
2.2.1 Karakteristik tanaman rami	6
2.2.2 Sifat sifat rami	7
2.2.3 Serat	7
2.3 Komposit.....	9
2.3.1 Tipe Komposit Serat.....	9
2.3.2 Faktor yang mempengaruhi performa komposit.....	10
2.3.3 Matriks.	11
2.4 Tenunan.	12
2.4.1 Pola tenunan.....	13
2.5 Resin epoksi	15
2.6 Pigment paste	16

2.6.1. Klasifikasi pigment	17
2.6.2 Sifat warna	17
2.6.3 Fungsi bahan dasar pigmnet	18
2.6.4 Istilah pigment/ nomenklatur	18
2.6.5. Pemilihan pigment	19
2.6.6. Kuantitas pigment dalam cat.....	19
2.7 Pengujian Mekanis.....	19
2.7.1 Pengujian tarik(Tensile).....	19
2.7.2 Pengujian lengkung (Bending).....	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Waktu dan tempat penelitian.....	23
3.2 Alat dan bahan	23
3.2.1 Alat.....	23
3.2.2 Bahan	26
3.3 Cetakan panel komposit	27
3.4 Metode penelitian.....	28
3.5 Pelaksanaan penelitian.....	28
3.5.1Persiapan alat dan bahan.	28
3.5.2 Pengolahan serat rami.....	28
3.5.3 Proses pencetakan panel komposit	29
3.5.4 Proses penjemuran panel komposit.....	30
3.6 Pembuatan spesimen	30
3.6.1 Spesimen uji tatik.....	30
3.6.2 Spesimen uji bending.....	31
3.7 FLOW CHART	32
3.8 Pengukuran dan variabel parameter.....	33
3.9 Analisa data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Pengujian mekanis uji tarik (Tensile test).....	34
4.1.1 Pengujian mekanis ui tarik (Tensile test).....	34
4.1.1.1. Hasil uji tarik spesimen 5%	34
4.1.1.2 Hasil uji tarik spesimen 7,5%	38
4.1.1.3 Hasil uji tarik spesimen 10%	41

4.2 Pengujian mekanis Uji Lentur (Bending Test)	48
4.2.1 Hasil uji bending spesimen 5%	49
4.2.2 Hasil uji bending spesimen 7,5%	52
4.2.3 Hasil uji bending spesimen 10%	56
4.3 Foto Makro.....	64
BAB V PENUTUP.....	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	68
LAMPIRAN	71

DAFTAR TABEL

2.1 Beberapa Karakteristik Kimia dan Fisika Serat Rami Dibandingkan Serat-serat selulosa lainnya	6
2.2 Sifat mekanik dari berbagai jenis serat	8
2.3 Klasifikasi serat tekstil.....	8
2.4 Perbandingan sifat kain dengan anyaman yang berbeda	14
3.1 Keterangan dimensi ukuran dari gambar spesimen uji tarik	30
3.2 Keterangan dimensi ukuran dari gambar spesimen uji bending.	31
4.1 Hasil uji tarik sampel tanpa perlakuan (TP)	34
4.2 Hasil uji tarik sampel 2 minggu.	35
4.3 Hasil uji tarik sampel 4 minggu.	35
4.4 Hasil uji tarik sampel 6 minggu.	35
4.5 Hasil uji tarik sampel 8 minggu	35
4.6 Hasil uji tarik sampel 10 minggu	35
4.7 Hasil uji tarik sampel 12 minggu	36
4.8 Hasil uji tarik sampel tanpa perlakuan (TP).	38
4.9 Hasil uji tarik sampel 2 minggu.	38
4.10 Hasil uji tarik sampel 4 minggu.	38
4.11 Hasil uji tarik sampel 6 minggu.....	39
4.12 Hasil uji tarik sampel 8 minggu.	39
4.13 Hasil uji tarik sampel 10 minggu.	39
4.14 Hasil uji tarik sampel 12 minggu.	39
4.15 Hasil uji tarik sampel tanpa perlakuan (TP)	41
4.16 Hasil uji tarik sampel 2 minggu	42
4.17 Hasil uji tarik sampel 4 minggu	42
4.18 Hasil uji tarik sampel 6 minggu	42
4.19 Hasil uji tarik sampel 8 minggu	42
4.20 Hasil uji tarik sampel 10 minggu	42
4.21 Hasil uji tarik sampel 12 minggu	43
4.22 Hasil uji bending tanpa perlakuan (TP).....	49
4.23 Hasil uji bending sampel 2 minggu.	49

4.24 Hasil uji bending sampel 4 minggu.	49
4.25 Hasil uji bending sampel 6 minggu.	49
4.26 Hasil uji bending sampel 8 minggu.	49
4.27 Hasil uji bending sampel 10 minggu.	50
4.28 Hasil uji bending sampel 12 minggu.	50
4.29 Hasil uji bending sampel tanpa perlakuan (TP)	52
4.30 Hasil uji bending sampel 2 minggu	53
4.31 Hasil uji bending sampel 4 minggu	53
4.32 Hasil uji bending sampel 6 minggu	53
4.33 Hasil uji bending sampel 8 minggu.	53
4.34 Hasil uji bending sampel 10 minggu.	53
4.35 Hasil uji bending sampel 12 minggu.	54
4.36 Hasil uji bending sampel tanpa perlakuan (TP).	56
4.37 Hasil uji bending sampel 2 minggu.	56
4.38 Hasil uji bending sampel 4 minggu.	56
4.39 Hasil bending sampel 6 minggu.	57
4.40 Hasil uji bending 8 minggu.	57
4.41 Hasil uji bending 10 minggu.	57
4.42 Hasil uji bending 12 minggu.	57

DAFTAR GAMBAR

2.1 Tanaman rami	7
2.2 Serat rami	9
2.3 Continuous Fiber Composite	9
2.4 Woven Fiber Composite	10
2.5 Discontinuous Fibre Composite	10
2.6 Hybrid Fiber Composite	10
2.7 Variasi konstruksi tenunan ATBM.....	13
2.8 Beberapa Pola tenunan penguat komposit.....	14
2.9 Proses lay-up sederhana	15
2.10 Patahan.	20
2.11 Metode 3 point dan 4 point bending.	21
3.1 Timbangan digital.....	23
3.2 Oven listrik.....	23
3.3 Scroll Saw.....	24
3.4 Alat press hidrolik.....	24
3.5 Cetakan Ukuran 250 mm x 250 mm x 4 mm.....	24
3.6 Mesin Pengujian Tarik RTF-2425.....	25
3.7 Alat Pengujian Bending.....	25
3.8 Water pass dan Palu.....	25
3.9 Tenunan rami	26
3.10 EposchÖn Epoxy resin bisphenol A-Epichlorohydrin	26
3.11 EposchÖn Epoxy Hardener polyaminoamide.....	27
3.12 Cerepol Pigment Pastes.	27
3.13 Desain cetakan panel komposit	28
3.14 Spesimen uji tarik.....	30
3.15 Spesimen uji bending.....	31
4.1 Hubungan kekuatan tarik terhadap lama penjemuran selama 12 minggu.	36
4.2 Hubungan regangan terhadap lama penjemuran selama 12 minggu	37
4.3 Hubungan modulus tarik terhadap lama penjemuran selama12 minggu	37
4.4 Hubungan kekuatan tarik terhadap lama penjemuran selama12 minggu	39
4.5 Hubungan regangan terhadap lama penjemuran selama 12minggu.....	40
4.6 Hubungan modulus tarik terhadap lama penjemuran selama12 minggu	41

4.7 Hubungan kekuatan tarik terhadap lama penjemuran selama 12 minggu	43
4.8. Hubungan regangan terhadap lama penjemuran selama 12 minggu.....	44
4.9 Hubungan modulus tarik terhadap lama penjemuran selama 12 minggu	44
4.10 Hubungan lama penjemuran terhadap kekuatan tarik selama 12 Minggu	45
4.11 Hubungan lama penjemuran terhadap regangan selama 12 minggu.....	46
4.12 Hubungan modulus tarik terhadap lama penjemuran 12 minggu.....	47
4.13 Grafik general rata-rata variasi pigment paste	48
4.14 Hubungan kekuatan bending terhadap lama penjemuran 12 minggu.....	50
4.15 Hubungan regangan terhadap lama penjemuran 12 minggu	51
4.16 Hubungan modulus tarik terhadap lama penjemuran 12 minggu.....	52
4.17 Hubungan kekuatan bending terhadap lama penjemuran 12 minggu.....	54
4.18 Hubungan regangan terhadap lama penjemuran 12 minggu	55
4.19 Hubungan modulus bending terhadap lama penjemuran 12 minggu.....	55
4.20 Hubungan kekuatan bending terhadap lama penjemuran 12 minggu.....	57
4.21 Hubungan regangan terhadap lama penjemuran 12 minggu	58
4.22 Hubungan modulus bending terhadap lama penjemuran 12 minggu.....	59
4.23 Hubungan kekuatan bending terhadap lama penjemuran 12 minggu.....	60
4.24 Hubungan regangan terhadap lama penjemuran 12 minggu	61
4.25 Hubungan modulus bending terhadap lama penjemuran 12 minggu.....	62
4.26 General rata-rata variasi pigment paste	63
4.27 Foto makro 5%.....	64
4.28 Foto makro 7,5%.....	64
4.29 Foto makro 10%.....	65
4.30 Foto makro 5%.....	65
4.31 Foto makro 7,5%.....	65
4.32 Foto makro 10%.....	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini teknologi komposit serat mengalami kemajuan yang sangat pesat. Pada dasarnya serat dibagi menjadi dua yaitu serat alami (natural fibers) dan serat sintesis (synthetic fibers). Serat alami adalah serat yang berasal dari alam. Sedangkan, serat sintesis adalah serat yang dibuat manusia dan tidak tersedia di alam. Serat banyak dimanfaatkan di dunia perindustrian, seperti pabrik pembuat tali, industri tekstil, industri kertas, karena mempunyai kekuatan yang tinggi, serat sangat baik untuk material komposit (Muhajir, Mizar dan Sudjimat., 2016). Perkembangan komposit tidak hanya komposit sintesis saja tetapi juga mengarah ke komposit natural dikarenakan keistimewaan sifatnya yang dapat di daur ulang atau terbarukan, sehingga mengurangi konsumsi petrokimia maupun gangguan lingkungan hidup. (Munandar et al., 2013).

Banyak jenis serat yang biasa digunakan sebagai material komposit, saat ini banyak diteliti dan dikembangkan komposit dengan berbagai material serat. Indonesia merupakan salah satu Negara yang banyak memiliki hutan dan pegunungan, yang ditumbuhi berbagai macam tanaman atau pepohonan liar dari berbagai jenis yang banyak di antaranya menghasilkan serat alam salah satunya adalah tanaman ramie. (Surono & Sukoco, 2016)

Serat yang dihasilkan dari serat rami biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari, biasa digunakan bahkan sekarang sudah biasa dikembangkan untuk material pembuatan kapal kualitas nomor satu di miliki serat yang panjang, tebal dan tekstur yang lebih kuat. Serat rami juga dapat dibuat kain fashion berkualitas tinggi. Diantara keunggulan serat rami untuk dikembangkan adalah masa tanamnya pendek (55 hari) dan produktifitasnya tinggi (6 ton/kali panen/ha batang basah).

Resin epoksi adalah polimer dari gugus termoset yang mengandung gugus epoksi, yaitu gugus yang mengandung atom oksigen yang terikat berdampingan dengan dua atom karbon. Resin epoksi juga memiliki sifat mekanik dan termal yang tinggi, tahan terhadap cuaca, tahan terhadap air, dan tahan temperatur tinggi. Sehingga apabila terpapar sinar matahari, resin epoksi tidak akan mudah mengalami degradasi jika dibandingkan dengan polyester.

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 dkk, 2002). Selanjutnya, Hang (2015) menyatakan bahwa paparan radiasi UV menyebabkan pengurangan ketebalan bahan karena penguapan volatil dan penyusutan. (Lu dkk, 2018). Selanjutnya Kumar dan Singh (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.

Pasta pigmen dapat meningkatkan daya tarik visual dan sifat fungsional, seperti ketahanan api, dari komposit serat rami yang diperkuat dengan polypropylene atau epoksi, seperti yang ditunjukkan dengan memasukkan penghambat api seperti amonium polifosfat dalam biokomposit epoksi untuk meningkatkan sifat nyala tanpa mempengaruhi kekuatan mekanik (Behera et al., 2022). Fagelman & Guthrie (2006) pada penelitiannya tentang efek dari pigmentasi terhadap sifat mekanik menunjukkan bahwa CI Pigment Blue 15:4 dan CI Pigment Red 122 secara signifikan mempengaruhi sifat kristalisasi campuran Xenoy. (Hu et al., 2014). Janostik & Senkerik, n.d.(2017) meneliti tentang pengaruh pigmen pada sifat mekanik bahan polikarbonat mengungkapkan bahwa pigmen tidak secara signifikan mempengaruhi kekuatan tarik, melakukan penelitian pada konsentrasi pigmen 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, dan 6%. Perubahan sifat kekerasan diamati pada pigmen yang berbeda dengan perubahan paling menonjol terjadi pada konsentrasi pigmen berwarna biru. Lodeiro et al., (2000) melakukan studi tentang pengaruh pigmen organik seperti ftalosianin biru mempengaruhi sifat mekanik pada high density polyethylene (HDPE) menunjukkan pigmen mengubah kristalisasi, menyebabkan perubahan modulus young, tegangan luluh, regangan, dan energi benturan. Kwon et al., (2021) pada penelitiannya menyelidiki dampak pewarna pada sifat mekanik komposit, pewarnaan komposit serat berbasis epoksi menggunakan pigmen magenta kroma tinggi dan tiga pewarna merah, Komposit serat berbasis epoksi yang diwarnai dengan pigmen 0,1wt menunjukkan peningkatan kekuatan mekanik tarik dan lentur, sedangkan yang diwarnai dengan pewarna dispersi 0,1 wt menunjukkan kekuatan yang berkurang. Penggabungan pigmen 0,1 berat (Cinquasia® Magenta D4570) meningkatkan kekuatan mekanik komposit serat berbasis epoksi sebesar 10% Kekuatan lentur ditingkatkan dengan pigmen hingga 0,2wt dalam matriks epoksi tetapi turun pada kandungan pigmen yang lebih tinggi. Sebaliknya, kekuatan lentur menurun dari awal dengan penggabungan pewarna dispersi.

Dari uraian diatas penulis sangat tertarik untuk meneliti dengan judul: "PENGARUH SINAR MATAHARI TERHADAP KOMPOSIT DIPERKUAT DENGAN TENUNAN SERAT RAMI DENGAN PENAMBAHAN PIGMENT PASTE"

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan uraian sebelumnya maka rumusan masalah sebagai berikut:

Bagaimana perubahan kekuatan tarik komposit serat rami yang diberi pigment paste sebelum dan setelah terpapar sinar matahari dalam rentang waktu 2 sampai 12 minggu?

1. Bagaimana perubahan kekuatan bending komposit serat rami yang diberi pigment paste sebelum dan setelah terpapar sinar matahari dalam rentang waktu 2 sampai 12 minggu?

1.3 Tujuan penelitian

Adapun tujuan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

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

1.4 Batasan masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Material komposit yang digunakan adalah resin epoksi dan serat rami
2. Penelitian ini tidak membahas tinjauan kimia dari serat rami
3. Karakterisasi sifat material meliputi uji kekerasan dan bending
4. Pigment paste digunakan sebagai pelapis material komposit serat rami agar tidak terekspos langsung dengan sinar matahari

1.5 Manfaat penelitian

Bagi Peneliti

Memberi pengetahuan kepada peneliti untuk mengolah limbah serat rami. Dapat mengetahui penambahan pigment paste terhadap komposit serat rami setelah dan sebelum terpapar sinar matahari.

Bagi Masyarakat

Memberi pengetahuan kepada masyarakat tentang mengolah serat rami menjadi komposit serat alam untuk mengganti material.

Bagi Industri

1. Memberi inovasi baru pengganti material logam menjadi material komposit serat alam yang lebih ramah lingkungan.
2. Dapat diaplikasikan dimasa kini.

Bagi Universitas

Diharapkan hasil penelitian ini dapat menambah wawasan ilmu pengetahuan khususnya di jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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 dkk, 2002). Selanjutnya, Hang (2015) menyatakan bahwa paparan radiasi UV menyebabkan pengurangan ketebalan bahan karena penguapan volatil dan penyusutan. (Lu dkk, 2018). Selanjutnya Kumar dan Singh (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.

Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Bakri, dkk (2015) dimana pengaruh lingkungan terbuka dapat menurunkan kuat lentur dan kualitas dari komposit jika dibiarkan dalam waktu yang lama. Hal yang sama dilaporkan oleh Umar, dkk (2018) yang menguji akselerasi paparan sinar UV sebagai model cuaca selama 1.000 jam. Terjadi kerusakan pada material komposit akibat adanya pengaruh paparan tersebut. Berkurangnya kadar air pada komposit menyebabkan debonding atau kurang melekatnya serat dengan bahan pengikat atau resin. Sehingga, komposit menjadi cepat rusak dan tidak mampu menahan beban yang tinggi.

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 matrix akan mudah retak saat diberi beban.

2.2 Tanaman rami

Pemanfaatan tanaman rami kini semakin meluas, salah satunya sebagai serat penguat (reinforcement fiber) pada industri komposit. Konsumsi serat alam untuk produk komposit di Eropa bahkan diperkirakan mengalami peningkatan 10% setiap tahunnya. Sebagai contoh, di Eropa penggunaan serat alam untuk bahan baku komposit pada tiap unit kendaraan dapat mencapai 5 – 10 kg. Peluang besar ini perlu dimanfaatkan sebaik mungkin dengan pengembangan rami secara menyeluruh melalui peningkatan budidaya, penguasaan teknologi pengolahan dan diversifikasi produk akhir. Berdasarkan pemikiran tersebut maka dalam tulisan ini akan diulas mengenai serat rami (*Boehmeria nivea* S. Gaud) serta

potensinyasebagai bahan baku tekstil da produk tekstil (Novarini dan Sukardan, 2015).

George E. Rumphius, seorang peneliti botani dari Belanda telah menemukan tanaman rami di daerah India Timur pada tahun 1660 dan tanaman tersebut diberi nama *Ramium majus*. Tanaman tersebut dideskripsi dalam *Hortus Cliffortianus* oleh Carl Yon Linne (Linnaeus) menjadi *Boehmeria Nivea* pada tahun 1737. Nama *Boehmeria* diberikan pertama kali oleh Nikolas Josephus Jacklin, seorang professor kimia dan botani di Viena, dengan mengambil nama seorang ahli17 botani asal Jerman yang berjasa dalam mengembangkan rami di Eropa, yaitu George Rudolph Boehmer (Musaddad, 2007).

Tanaman rami dikenal manusia sejak \pm 2.000 tahun SM, dan diduga berasal dari China. Tanaman ini kemudian menyebar ke berbagai negara, antara lain Jepang, Brazil, Philipina, Amerika Serikat, Taiwan, Korea, Kamboja, Thailand, Vietnam, Malaysia dan Indonesia. Setelah perang dunia ke II, tercatat negara penghasil tanaman rami adalah China dan Brazilia sedangkan negara pengimpor utama adalah Jepang (Koestono, 1986).

Rami ditanam di Indonesia sejak tahun 1937, antara lain di Jawa Barat, Jawa Timur, Sumatera Utara, Sulawesi dan Jawa Tengah. Usaha pengembangan rami diberbagai negara, termasuk Indonesia pada masa lampau banyak menemui kegagalan, disebabkan oleh belum adanya alat yang efisien untuk memisahkan/mengambil serat dari batang dan proses pengolahan selanjutnya, yaitu mengubah serat menjadi benang. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada tahun 1983-1984, permasalahan di atas dapat terjawab, sehingga sekarang di Indonesia dapat diusahakan penanaman rami dan pengolahannya sampai menjadi kain siap pakai. Berbagai manfaat pengusaha rami di Indonesia seperti meningkatkan pendapatan petani, membuka lapangan kerja, mengurangi pengeluaran devisa, menjaga kelestarian alam dan meningkatkan produksi serat rami sebagai bahan baku industri tekstil (Juhana, 2008).

Tanaman rami (*Boehmeria nivea*) merupakan tanaman tahunan yang mudah tumbuh dan berkembang baik di daerah tropis. Rami merupakan tanaman yang serba guna. Daunnya merupakan bahan kompos dan pakan ternak bergizi tinggi, 18 pohonnya baik untuk bahan bakar, tetapi yang paling bernilai ekonomi tinggi adalah serat dari kulit kayunya. Serat rami panjangnya sangat bervariasi dari 2,5 cm sampai dengan 50 cm dengan panjang rata-rata 12,5 cm sampai dengan 15 cm, diameternya berkisar antara 25 μ m sampai dengan 75 μ m dengan rata-rata 30 – 50 μ m. Bentuk memanjang serat rami seperti silinder dengan permukaan bergaris-garis dan berkerut-kerut membentuk benjolan-benjolan kecil. Sedangkan irisan lintang berbentuk lonjong memanjang dengan dinding sel yang tebal dan lumen yang pipih. (Dieter H. Mueller, 2003)

Tanaman rami (*Boehmeria Nivea*) adalah salah satu dari kelompok hasil pertanian yang memiliki serat terbaik. Pada kulit rami terdapat getah dan pektin yang memerlukan pengolahan secara kimiawi untuk dapat digunakan sebagai serat penguat dalam komposit. Rami adalah serat tekstil yang tertua. Rami digunakan sejak 5000 tahun sebelum masehi di Mesir sebagai pembungkus mumi dan telah digunakan di China dalam beberapa abad (Novarini dan Sukardan, 2015).

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. Dalam hal tertentu serat ramimempunyai keunggulan dibandingkan serat yang lainnya seperti kekuatan tarik, daya serap terhadap air, tahan terhadap kelembapan dan bakteri, tahan terhadap panas serta

peringkat nomor dua setelah sutra dibandingkan serat alam yang lainnya dan lebih ringan dibanding serat sintetis serta ramah lingkungan. (Pramuko dan Agus Hariyanto, 2017).

Tanaman rami atau yang dikenal dengan sebutan China grass tergolong ke dalam kelompok serat batang. Tanaman rami menghasilkan serat dari kulit kayunya. Secara kimia rami diklasifikasikan ke dalam jenis serat selulosa sama halnya seperti kapas, linen, hemp dan lain-lain. Rami memiliki sejumlah keunggulan yang membedakannya dengan serat batang lainnya. Rami memiliki kompatibilitas yang baik dengan seluruh jenis serat baik serat alam maupun sintetis sehingga mudah untuk dicampur dengan jenis serat apapun. Pemanfaatan serat rami kini semakin meluas. Salah satunya sebagai serat penguat (reinforcement fiber) pada industri komposit. (Eva Novarini dan Danny Sukardan, 2015).

Serat rami memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi dan sifat mekanis relatif paling tinggi dibandingkan dengan serat alam yang lainnya sehingga memungkinkan untuk digunakan sebagai media penguatan untuk komposit polimer.

2.2.1 Karakteristik tanaman rami

Bertujuan untuk memperkuat bahan komposit dari berbagai gaya yang diterima pada material komposit, sedangkan matriks berfungsi untuk mengikat dan memperkokoh serat agar dapat menahan berbagai Tanaman rami atau yang dikenal dengan sebutan China grass tergolong ke dalam kelompok serat batang. Tanaman rami menghasilkan serat dari kulit kayunya. Secara kimia rami diklasifikasikan ke dalam jenis serat selulosa sama halnya seperti kapas, linen, hemp dan lain-lain. Rami memiliki sejumlah keunggulan yang membedakannya dengan serat batang lainnya. Rami memiliki kompatibilitas yang baik dengan seluruh jenis serat, baik serat alam maupun sintetis, sehingga mudah untuk dicampur dengan jenis serat apapun (Novarini dan Sukardan, 2015). Karakteristik serat rami dan serat selulosa lain dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Beberapa Karakteristik Kimia dan Fisika Serat Rami Dibandingkan Serat-Serat Selulosa Lainnya. (Novarini dan Sukardan, 2015)

Karateristik	Rami	Kapas	Hemp	Flax
Panjang serat rata-rata, (mm)	120–150	20–30	15–25	13–14
Diameter serat rata-rata, (μ)	40-60	14-16	15-30	17-20
Kekuatan tekanan, (kg/mm ²)	95	45	83	78
Kelembaban kembali, (%)	12	8	12	12
Selulosa	72-97	88-96	67-78	64-86
Lignin				
Hemiselulosa, pectin, dll	27-3	12-4	27-18	31-14

Jika dibandingkan dengan kapas, flax, dan hemp, maka rami memiliki kekuatan yang paling tinggi. Marsyahyo, dkk. memanfaatkan keunggulan kekuatan serat rami untuk membuat panel tahan peluru dari komposit serat rami (Novarinidan Sukardan, 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 21 mampu menyerap cairan tubuh seperti keringat. Oleh karena itu rami sangat sesuai untuk digunakan sebagai pakaian musim panas. Tanaman rami (*Boehmeria nivea*) merupakan 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.



Gambar 2.1 tanaman rami

2.2.2 Sifat-sifat serat rami

Sifat dari serat rami yang merupakan serat batang ini antarlain:

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

2.2.3 Serat.

Peran utama serat adalah untuk menopang kekuatan material komposit, sehingga kekuatan material komposit sangat bergantung pada serat yang digunakan, karena tegangan yang diberikan pada material komposit pada awalnya diterima oleh matriks dan akan diteruskan ke material komposit. fiber, Buatlah beban pada fiber menjadi beban maksimum. 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 2.2 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.

Tabel 2.3. 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. 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 sintesis (serat sintesis), dan yang terbuat dari bahan anorganik (terbuat dari logam, elektronik, karbon atau kaca).



Gambar 2. 2 serat rami

2.3 Komposit

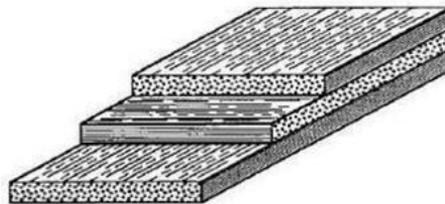
Material komposit adalah kombinasi dari beberapa material yang berbeda sebagai satu kesatuan. Komposit umumnya terdiri dari dua material yang berbeda, yaitu serat (fiber) yang bertindak sebagai penguat dan bahan yang dapat mengikat serat yang disebut matriks. Pada material komposit, komponen utamanya adalah serat dan pengikatnya adalah polimer yang dapat ditempa. Kombinasi dari dua atau lebih bahan memberikan sifat komposit yang berbeda dari semua bahan yang ditemukan di alam. Bahan komposit ini terikat satu sama lain, sehingga membuat sifat yang dihasilkan kuat (Jepri 2016).

Fungsi dari penggunaan serat sebagai bahan pengisi komposit gaya yang diterima dengan baik sehingga komposit tidak mudah rusak dan tahan lama.

2.3.1 Tipe Komposit Serat

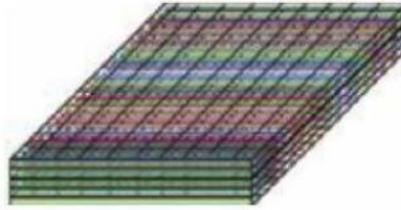
Kekuatan material komposit juga dipengaruhi oleh arah dan penempatan seratnya. Berdasarkan penempatannya ada beberapa tipe arah pada serat komposit, yaitu:

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.



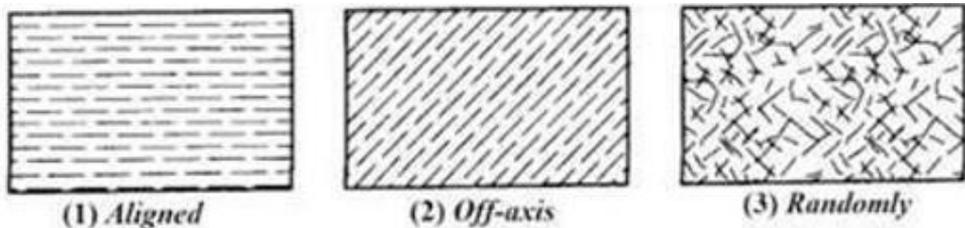
Gambar 2. 3 Continuous Fiber Composite

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

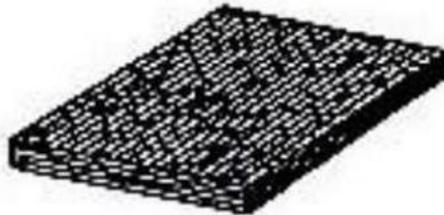


Gambar 2. 4 Woven Fiber Composite

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



Gambar 2. 5 Discontinuous Fibre Composite



Gambar 2. 6 Hybrid Fiber Composite (Tri Rahmah, 2015)

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

2.3.2 Faktor yang mempengaruhi performa komposit

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 diklasifikasikan 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.

2.3.3 Matriks

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 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 phenolic.

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.

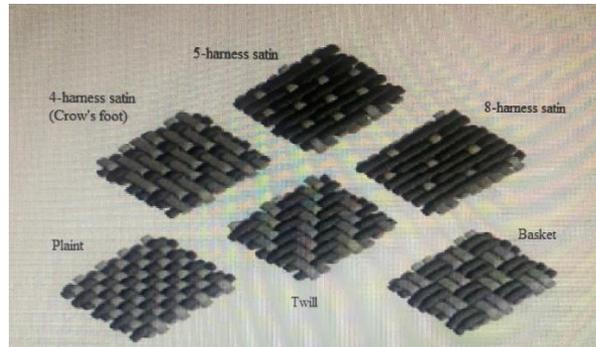
Matrik epoksi paling banyak digunakan, walaupun harganya mahal, resin ini mempunyai karakteristik kekuatan tinggi, ketidakstabilan rendah, Tingkat penyusutan rendah yang mengurangi kecenderungan mendapatkan tegangan geser yang besar ikatan antara epoksi dan penguatnya, viskositas dan tingkat alirannya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

2.4 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 (B. Gu & X. Ding, 2005)..

Tenunan serat rami dibuat menggunakan sebuah alat yang dinamakan Alat Tenun Bukan Mesin (ATBM) yang system kerjanya digerakan manual oleh penenunnya yang menggunakan tangan dan kaki untuk proses pengoperasiannya. Ada beberapa

jenis tenunan yang dibuat dengan alat tenun bukan mesin, diantaranya jenis tenunan basket, plain, twill, 4-harness satin (crow's foot), 5-harness satin dan 8-harness satin (Djafar, 2012)



Gambar 2. 7 Variasi konstruksi tenunan ATBM (Djafar, 2012)

Komposit yang diperkuat tenunan memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan yang diperkuat serat karena merupakan tenun dengan two 23 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.

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 (B. Gu & X. 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

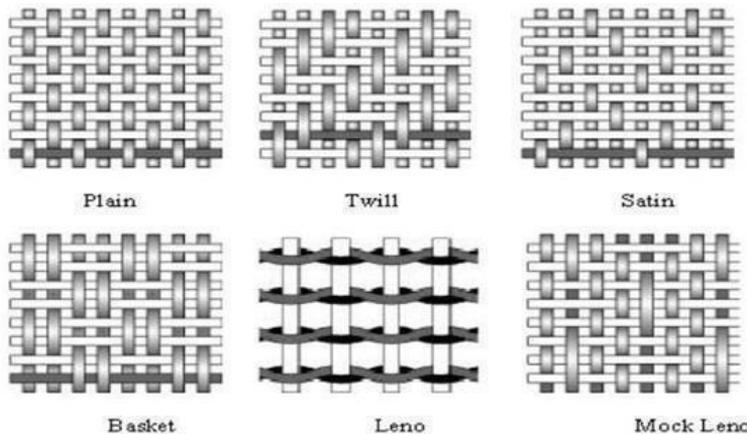
2.4.1 Pola tenunan.

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 2.4.

Tabel 2.4. Perbandingan sifat kain dengan gaya anyaman yang berbeda (Yan Li dkk, 2009)

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

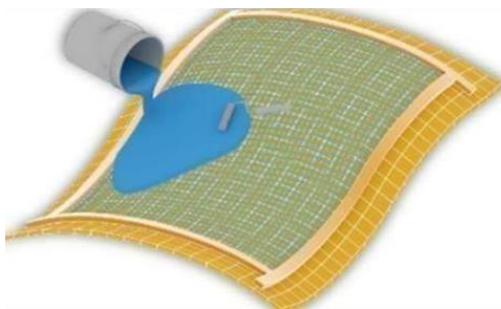
Note: *****=exellent, ****=good, ***=acceptable, **=poor, *=very poor



Gambar 2.8 Beberapa Pola tenunan penguat komposit (Yan Li dkk,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 sintesis 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 (Sudirman dkk, 2021).



Gambar 2.9. Proses lay-up sederhana

2.5 Resin epoksi

Bahan dasar resin epoksi yang banyak digunakan adalah bisphenol A, dan bahan ini mudah didapatkan di toko-toko bahan kimia. Bisphenol A adalah bahan isolasi polimer sebagai bahan dasar epoksi resin yang dihasilkan dari reaksi phenol dan acetone. Pada perkembangannya bisphenol A diganti dengan isolasi polimer jenis epoksi sikloalifatik dengan bahan dasar dari diglycidly ether of bisphenol A (DGEBA). Resin epoksi ini adalah kombinasi dari bisphenol A dan epichlorohydrin yang mempunyai formasi dari ikatan polimer, yang mengandung dua kelompok reaktif epoxide dan hydroxyl. Resin epoksi mempunyai kegunaan yang luas dalam industri teknik kimia, listrik, mekanik, dan sipil seperti perekat, cat pelapis, percetakan cor, dan benda-benda cetakan. Bahan ini terutama digunakan untuk bahan-bahan teknik seperti komponen listrik dan mekanik. Sifatnya bervariasi tergantung pada jenis, kondisi, dan pencampuran dengan pengerasnya (Johanadib, Yuningtyastuti, dan Abdul Syakur, 2012)

Epoxy bisphenol A memberikan sifat termal dan mekanik yang baik serta resistensi kimia yang baik (Ramon dkk 2018). 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, CH dkk 2019).

Resin epoksi merupakan jenis polimer dalam kategori termoset. 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 termosetting epoxies, rentang kekuatan tarik dari 90 hingga 120MPa dengan modulus tarik mulai dari 3100 hingga 3800 MPa. Selain itu, resin termosetting ini biasanya memiliki temperatur glass transition (T_g) berkisar antara 150 hingga 220 C (Bello, S dkk 2015), dengan sifatnya yang unggul pada potensi pasar global, sehingga meningkatnya permintaan untuk industri seperti cat dan pelapis, energi angin, aerospace, konstruksi, komposit, dan otomotif (Kumar dkk 2017). Resin epoksi dibuat dengan mencampurkan bisphenol A dan epiklorohidrin (ECH), yang kemudian direaksikan untuk menciptakan unit monomer dasar resin epoksi yang disebut BADGE atau DGEBA (diglycidyl ether of bisphenol-A) (BIPRO 2015), namun juga terdapat komposisi lain epoxy selain bisphenol A, diantaranya resin epoxy cycloaliphatic, Trifunctional, Tetrafunctional, Novolac, Biobased, Fluorine-containing, dan Silicon-containing (Jin dkk 2015). Dengan munculnya banyak bahan resin epoksi polimer baru, penerapan bahan-bahan resin epoksi di bidang industri telah meningkat dalam beberapa tahun terakhir (Xie dkk 2018). Epoksi dapat digunakan baik dalam

bentuk padat atau cair tergantung pada 25 aplikasi. Dengan demikian, jumlah bisphenol A yang tidak bereaksi dalam aplikasi akhir juga akan tergantung pada jenis resin epoksi yang digunakan (BIPRO2015).

Resin epoksi bisphenol A type bakelike EPR 174 Resin epoksi merupakan salah satu matriks yang baik digunakan sebagai pengert komposit. hal ini disadari adanya kelebihan yang dimiliki sebagai berikut. (Kuntari dan Surasno, 2009)

1. Resin epoksi melekat sangat baik dengan berbagai jenis bahan pengisi dan bahan polimer lainnya.
2. Reaksi kimia antara resin epoksi dan zat pembantu pemanasan tidak mudah menguap dan lart dalam air.
3. Resin epoksi setelah proses pemanasan akan memberikan isolasi terhadap listrik yang baik.
4. Resin epoksi dapat menyesuaikan diri berdasarkan bentuk cetaknya.
5. Tahan terhadap lokasi, asam dan kelembaban.
6. Dapat mencapai suhu penyimpanan panas yang tinggi dan mempunyai daya tahan terhadap volume tinggi.
7. Memiliki superior performance dalam jangka panjang.

2.6 Pigment paste

Pigment paste adalah bahan cair atau lengket yang terdiri dari penghantar medium (vehicle) yang merupakan bahan cair dari pigment 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 Greenfield dan Scantlebury (2000) dalam Athanasius (2009) Cat selalu mengandung pigmen dan juga resin (polimer). Pada dasarnya cat dapat dikelompokkan 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, pigment 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.

Tugas pigmen adalah untuk mengontrol proses korosi pada permukaan material pada lapisan primer pertama, dan pigmen inert meningkatkan panjang jalur difusi yang harus dilalui oleh oksigen dan tetesan air melalui membran, sehingga menunda timbulnya proses korosi dan memperlambat laju reaksi.

Pewarna merujuk pada substansi yang dimanfaatkan untuk memberikan warna kepada berbagai bahan seperti tekstil, kertas, kulit, dan lainnya. Dalam konteks tinta, pewarna dapat berupa zat warna atau pigmen. Pigmen dapat dikategorikan sebagai pigmen organik, pigmen anorganik, logam, floresen, pearleses, dan lainnya, dan biasanya tidak larut dalam medium pembawa, sementara zat warna larut dalam medium pembawa. Pigmen umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi percetakan, sementara zat warna lebih sering digunakan dalam tinta berbasis air, seperti pada pena. Namun, terdapat juga pena yang menggunakan baik pigmen maupun zat warna. Sebagai contoh, pigmen organik sering digunakan untuk menciptakan warna, seperti pigmen phtalosianin dalam tinta hijau dan biru, serta pigmen azo dalam tinta merah dan kuning. Contoh pigmen anorganik mencakup titanium dioksida yang digunakan dalam tinta putih dan karbon hitam yang digunakan untuk menciptakan tinta hitam.

Sulasmi W.A (2002) mengemukakan bahwa pigmen adalah pewarna yang dapat larut dalam pelarut cair seperti air dan minyak. Pewarna dalam bentuk bubuk dapat diubah menjadi pasta atau cairan dengan menggunakan pelarut, sehingga dapat digunakan untuk keperluan tertentu. Proses pengolahan pigmen memerlukan prosedur yang tepat dan bahan berkualitas untuk menghasilkan warna terbaik. Kualitas pigmen yang baik sangat penting dalam penelitian warna dan penggunaannya

Pigmen bekerja dengan cara menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu dan memantulkan cahaya pada panjang gelombang lain ke mata manusia, yang sesuai dengan warna pigmen tersebut pada permukaan objek. Sebagai contoh, jika suatu permukaan diwarnai dengan pigmen merah, maka mata akan menerima warna merah, karena pigmen tersebut menyerap cahaya dengan panjang gelombang lain.

2.6.1 Klasifikasi pigmen

Pigmen warna dapat dikategorikan dalam berbagai cara, dengan salah satu metode yang paling umum didasarkan pada warnanya. Dalam klasifikasi ini, pigmen dibedakan secara kimiawi sebagai anorganik atau organik, dan dari sumbernya yaitu berasal dari alami atau sintetis. Karotenoid, selain klorofil, mewakili sumber pigmen alami yang penting dengan prospek saat ini dan masa depan yang signifikan. Berbagai organisme laut seperti rumput laut, terumbu karang, ganggang, bakteri, dan lain-lain menunjukkan kemampuan untuk biosintesis pigmen karotenoid bioaktif. (Ria Arlita et al., 2013). Pigmen, zat yang memberikan warna, sering digunakan di sektor farmasi, kosmetik, dan makanan. Pigmen ini dapat diperoleh melalui metode sintetis maupun alami. Saat ini, pigmen alami muncul sebagai pilihan yang disukai untuk pewarnaan, menggantikan pewarna sintetis, terutama dalam industri makanan. Selain memperoleh pigmen alami dari tumbuhan atau hewan, mereka juga dapat bersumber dari mikroorganisme seperti ganggang, jamur, dan bakteri (Fikri Zulfikar et al., 2017). Pigmen warna secara tradisional dapat dikategorikan sebagai inorganik dan organik. Inorganik pigmen merupakan seluruh pigmen putih dan pigmen warna baik sintetis maupun alami, sedangkan organik umumnya merupakan sintetis.

2.6.2 Sifat warna

Sinar matahari atau sinar putih yang berasal dari berbagai sumber pada dasarnya terdiri dari penggabungan. Spektrum elektromagnetik meliputi panjang gelombang cahaya. Setelah sinar ini ditransmisikan melalui prisma kaca, panjang gelombang

tertentu dapat dibiaskan pada berbagai sudut. Akibatnya, spektrum yang mirip dengan yang berikutnya dihasilkan.

Jika suatu permukaan memantulkan seluruh panjang gelombang dari spektrum cahaya di atas, permukaan tersebut akan berwarna putih, sedangkan jika permukaan menyerap seluruh panjang gelombang, permukaan tersebut akan berwarna hitam. Jika permukaan menyerap sebagian panjang gelombang dan memantulkan yang lainnya, permukaan tersebut akan berwarna sesuai dengan panjang gelombang yang dipantulkan. Sebagai contoh, warna akan menjadi merah jika panjang gelombangnya hanya 610 millimicrons. Sinar yang dipantulkan dari warna tertentu mungkin tidak tepat pada warna utamanya, yang dikenal sebagai warna utama. Misalnya, warna hijau mungkin berwarna kekuning-kuningan, medium, atau kebiru-biruan.

2.6.3 Fungsi bahan dasar pigmen

Pigmen memiliki fungsi bahan dasar yaitu berdasarkan bahan dasar pewarna yang dapat memberikan fungsi untuk melindungi lapisan cat dari sengatan sinar matahari, memberikan tampilan yang menarik serta menguatkan lapisan. Warna yang diberikan pada pigmen juga berbeda-beda yaitu berdasarkan bahan dasar yang digunakan untuk menghasilkan pigmen tersebut, sebagai contoh yaitu pigmen putih yang berbahan dasar titanium dioksida, Zn oksida, Zn sulfide, timah putih, dan basic lead sulphate, pewarna hitam yaitu magnetite black, graphite, lampblack, dan karbon hitam, pewarna merah yaitu toners dan lakes, cadmium merah, iron oxides, dan timah merah, pewarna metalik yaitu bubuk tembaga, debu seng, dan aluminium, pewarna kuning yaitu cadmium lithopone, ferrite yellow, hansa yellow, Zn kromat, timah, ochre, dan litharge, pewarna jingga yaitu molybdenum orange, cadmium orange, dan basic lead chromate, pewarna hijau yaitu permangan green, phthalocyanine green, hydrated kromium oxide, kromate hijau, dan kromium oksida, pewarna coklat yaitu vandyke brown, burn amber, dan burnt sienna.

Adapun pigmen extenders yaitu blanc fixe, barites, mika, gips, silica, asbestos, talk, dan china clay yang memberikan fungsi untuk mengurangi biaya perawatan dan memberikan ketahanan terhadap warna pada pigmen.

2.6.4 Istilah pigment/nomenclature

1. Colour index

Colour index merupakan system untuk menentukan atau mengidentifikasi kode secara jelas pada suatu pigmen untuk jenisnya. Semua material dikelompokkan sesuai dengan pigment atau pewarna yang larut dan kedalam kelompok warnanya. Angka menunjukkan semua material yang kimia konstitusinya masuk dalam kelompok warna. Sebagai contoh CI pigment yellow 3, merupakan pigment kuning berbeda dengan CI Solvent Yellow 3 yang merupakan solvent dye. (Panji, 2013)

2. Chemical Constitution

Merupakan penomoran pada setiap jenis pigmen dengan konstruksi kimia yang sama. Sebagai contoh yaitu CI Pigment Yellow 3 mempunyai CI constitution number 11710 dimana semua pigmen kuning mempunyai konstruksi kimia yang dapat menghasilkan coupling 4-chloro-2-nitroaniline pada 2-chloro- acetinilide dengan ditentukan sebagai penomoran 11710 (Panji, 2013)

3. Nama komersial

Penamaan pada pigmen didasari oleh nama dagang atau nama komersial. Nama umum dari pigmen yellow 3 adalah arymide yellow 10G, 'G' dalam ini menjelaskan sebagai kuning yang mengarah (mempunyai tone) ke hijau. Angka 10 menunjukkan

tingkat kehijauan yang kemudian arylamide yellow G merupakan pigmen kuning. Kedua pigmen ini dipasaran disebut dengan 'Hansa Yellow'

2.6.5 Pemilihan pigmen

Adapun beberapa dasar pada penentuan dalam memilih pigmen yaitu Jenis cat merupakan pertimbangan pada kebutuhan dan penggunaan konsumen dalam hal dayatahan lapisan cat serta sifat sifat ketahanan dan harga. Semakin tinggi daya tahan pada jenis pigmen yang akan digunakan maka semakin tinggi juga harga yang ditawarkan sebagai contoh untuk memformulasikan cat otomotif dan cat exterior haru menggunakan pigmen 'High Performance Pigment' dalam hal ini pigmen organik biasanya harganya jauh lebih mahal karena pada umumnya pigmen jenis ini dibuat dengan cara dan material organik yang sangat kompleks untuk menstabilkan sifat dari pigmen tersebut. Adapun pertimbangan daya tahan, daya tutup/opacity dan transparansi yaitu untuk mempersempit daerah pemilihan dengan lebih memperhatikan dalam resin pengikat dan daya tahan yang diperlukan sebagai contoh yaitu warna solid berarti lapisan menutup substrat dan memerlukan pigmen yang memberikan daya tutup, lapisan efek khusus seperti ini yang ditampilkan cat 'flamboyant', 'metallic', atau 'pearlescent' Dimana diperlukan daya tutup yang bagus. Kemudian untuk pemilihan warna dan campuran warna pada pigmen yaitu hanya mengandung satu pigmen untuk mendapatkan warna yang diinginkan, hal ini misalnya pada top coat gloss synthetic warna hitam dan putih yaitu dengan menggunakan carbon black dan titanium dioksida, pigmen-pigmen organik dan anorganik dapat dicampurkan untuk menghasilkan warna paduan seperti contoh kuning+biru = Hijau, Merah+Putih= merah muda/pink.

2.6.6 Kuantitas pigmen dalam cat

Menurut Panji (2013)Jumlah pigmen yang digunakan pada lapisan cat dapat ditentukan oleh :

- a. Intensitas dan kekuatan warnanya
- b. Daya tutup yang dikehendaki
- c. Tingkat daya kilap
- d. Daya tahan

Selain diatas masih ada dua konsep yang mendasari :

- a. Pigmen Volume Concentration (PVC)
- b. Perbandingan pigmen dengan Binder

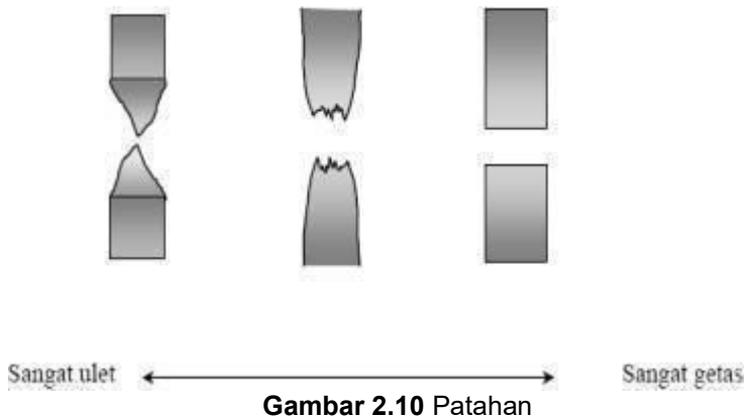
Secara umum cat mobil dan industry diformulasikan pada PVC yang rendah, berbeda dengan untuk bangunan yang menggunakan 10% hingga 90% PVC, tergantung dari sifat daya tahan yang diharapkan. Menggunakan PVC yang rendah akan dibuat dengan jumlah pigmen kecil utama seperti Rutile titanium dioksida, dengan jumlah besar pigmen extender seperti calcium carbonate untuk memberikan 'dry hiding'.

2.7 Pengujian mekanis

2.7.1 Pengujian Tarik (Tensile)

Kekuatan Tarik Open Hole Pengujian tarik komposit epoksi bertulang rami tenun bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis dari material komposit yang diperkuat oleh anyaman rami (Djafar dkk, 2014). Tujuan dari dilakukannya suatu pengujian mekanis adalah untuk menentukan respon material dari suatu konstruksi, komponen atau rakitan fabrikasi pada saat dikenakan beban atau deformasi dari luar. Di antara semua pengujian mekanis tersebut, pengujian tarik merupakan jenis pengujian yang paling banyak dilakukan karena mampu memberikan informasi representatif dari perilaku mekanis material (Hidayat, 2013).

Prinsip dari pengujian tarik ialah benda uji dengan ukuran dan bentuk tertentu ditarik dengan beban kontinyu sambil diukur pertambahan panjangnya. Data yang didapat berupa perubahan panjang dan perubahan beban yang selanjutnya ditampilkan dalam bentuk grafik tegangan regangan. Data-data penting yang didapat dari pengujian tarik ini adalah perilaku mekanik material dan karakteristik peretakan. Pengujian tarik yang dilakukan pada suatu material padatan (logam dan nonlogam) dapat memberikan keterangan yang relatif lengkap mengenai perilaku material tersebut terhadap pembebanan mekanis. Pengujian tarik dapat menunjukkan beberapa tampilan patahan seperti pada gambar.



Sumber: <http://metalurgi-ilmu-logam.com/2018/11/karakteristik-peretakan.html>

Salah satu faktor penting yang menentukan karakteristik dari komposit adalah perbandingan matrik dan penguat. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui besarnya kekuatan tarik dari bahan komposit (Sunardi, Zainuri dan Catur, 2013). Operasi pemrosesan akan menimbulkan tegangan tarik permukaan yang akan mengurangi ketahanan material terhadap kelelahan. Tegangan sisa tersebut dapat menyebabkan cacat pada struktur komposit seperti, penguat, keretakan, delaminasi dan lain-lain (Shokrieh, 2014).

Daerah permukaan yang menghasilkan tekanan selama pembebanan dapat menyebabkan tegangan tarik sisa pada saat pembebanan tersebut dilepaskan. Dua faktor utama yang memengaruhi kekuatan tarik sisa ialah, proses yang telah dialami komponen dan sifat material yang menghubungkan proses mekanis dengan perilaku deformasi (Shokrieh, 2014).

Kekuatan tarik komposit dapat dihitung dengan persamaan: (Sunardi dkk, 2013)

$$\sigma = F_{max} / A \quad (1)$$

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

$$\epsilon = \Delta L / L \quad (2)$$

ΔL adalah perubahan panjang dari panjang awal (L). Sedangkan besarnya modulus elastisitas diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$E = \sigma / \epsilon \quad (3)$$

Pengujian tarik yaitu pengujian yang bertujuan untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik dan mengetahui keadaan material komposit tersebut setelah dilakukan pembebanan tarik.

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

Pengujian tarik merupakan pengujian merusak yang dilakukan dengan memberikan gaya Tarik pada material yang berlawanan pada benda dengan arah menjauhi dari titik tengah, atau dengan memberikan gaya pada salah satu ujung benda dan ujung lainnya yang diikat hingga benda putus dengan tujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu logam dan panduannya, khususnya pada kekuatan tarik material tersebut. Uji Tarik merupakan dasar dari pengujian bahan yang dijadikan dasar pada studi mengenai kekuatan suatu bahan atau material (Lubis, 2022).

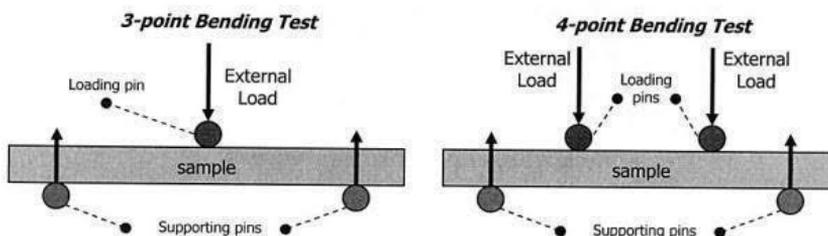
2.7.2 Pengujian lengkung (Bending)

Pengujian lengkung merupakan salah satu pengujian sifat mekanik bahan yang dilakukan terhadap spesimen dari bahan, baik bahan yang akan digunakan sebagai konstruksi atau komponen yang akan menerima pembebanan lengkung maupun proses pelengkungan dalam pembentukan. Pelengkungan (bending) merupakan proses pembebanan terhadap suatu bahan pada suatu titik ditengah-tengah dari bahan yang ditahan di atas dua tumpuan.

Pengujian lengkung bertujuan untuk mengetahui aspek – aspek kemampuan bahan uji dalam menerima pembebanan lentur, yakni:

- Kekuatan bending
- Regangan bending
- Modulus elastisitas

Adapun metode yang digunakan pada pengujian bending yaitu metode three point bending, yaitu spesimen atau benda diberikan beban pada satu titik yaitu tepat pada bagian tengah batang (L). Pada metode ini material harus tepat berada di L , Agar mendapatkan momen maksimum karena saat mencari dibutuhkan momen maksimum tersebut.



Gambar 2.11 Metode 3 point dan 4 point bending

Sebagaimana perilaku bahan terhadap pembebanan semua bahan akan mengalami perubahan bentuk (deformasi) secara bertahap dari elastisitas menjadi plastis hingga akhirnya mengalami kerusakan (patah). Dalam proses pembebanan lengkung dimana dua gaya bekerja dengan gaya tertentu ($\frac{1}{2}L$) serta arah yang berlawanan bekerja secara bersamaan, maka momen lengkung (M_b) akan bekerja dan ditahan oleh sumbu batang tersebut atau sebagai momen tambahan lengkung. Adapun bentuk dan dimensi spesimen uji bending berdasarkan ASTM 790 berikut.

- Kekuatan Bending

Untuk menghitung nilai tegangan bending, menggunakan persamaan berikut.

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2h^2} \quad (4)$$

Dimana:

σ_f = Tegangan lentur maksimum (Mpa)

P = Beban maksimum (N)

L = Jarak antara penyangga (mm)

h = Tebal benda uji (mm)

b. Regangan bending

Untuk menghitung nilai regangan bending, menggunakan persamaan berikut

$$\epsilon_f = \frac{6\delta d}{L^2} \times 100 \quad (5)$$

Dimana:

ϵ_f = Regangan bending (mm)

L = Panjang benda uji (mm)

δ = Defleksi maksimum (mm)

d = Tebal benda uji (mm)

c. Modulus elastisitas bending

Untuk menghitung modulus elastisitas bending, menggunakan persamaan berikut.

$$E = \frac{L^2 m}{4bh^3} \quad (6)$$

Dimana:

E = modulus elastisitas bending (GPa)

L = panjang benda uji (mm)

b = lebar benda uji (mm)

h = tebal benda uji (mm)

m = Slope tangent pada kurva beban defleksi (N/mm)