

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *PIGMENT PASTES*
TERHADAP SIFAT MEKANIS KOMPOSIT TENUNAN SERAT
RAMI PADA LINGKUNGAN AIR LAUT**

*Analysis of the Effect of Pigment Pastes on Mechanical Properties
of Woven Ramie Fiber Composite in a Seawater Environment*

MUH AZWAR ARHAM

D022201005



**PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2024



Optimized using
trial version
www.balesio.com

PENGAJUAN TESIS

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *PIGMENT PASTES* TERHADAP SIFAT MEKANIS KOMPOSIT TENUNAN SERAT RAMI PADA LINGKUNGAN AIR LAUT

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister
Program Studi Teknik Mesin

Disusun dan diajukan oleh

MUH AZWAR ARHAM

D022201005

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2024



LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN PIGMENT PASTES TERHADAP SIFAT MEKANIS KOMPOSIT TENUNAN SERAT RAMI PADA LINGKUNGAN AIR

LAUT

Disusun dan diajukan oleh

MUH AZWAR ARHAM

D022201005

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

pada tanggal 01 Agustus 2024

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui
Komisi Penasehat,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, M.T.
NIP. 196506301991031004

Pembimbing Pendamping



Prof. Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, M.T.
NIP. 195709141987031001

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli,
E.,MT.,IPM.,ASEAN. Eng
NIP. 19730926 200012 1 002

Ketua Program Studi
Magister Teknik Mesin



Dr. Eng. Novriany Amaliyah, ST, MT
NIP. 197911122008122002



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Muh Azwar Arham
Nomor mahasiswa : D022201005
Program studi : Teknik Mesin / Konstruksi Mesin

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul “Analisis Pengaruh Penambahan Pigment Pastes Terhadap Sifat Mekanis Komposit Tenunan Serat Rami Pada Lingkungan Air Laut” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, M.T., dan Prof. Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, M.T.) Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun 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 tesis ini. Sebagai dari tesis ini telah disetujui dalam Jurnal “The 1st International Conference on Research in Engineering and Science Technology (IC-REST) 2023”, ICR-33. Sebagai artikel dengan judul “The Effect of Water Absorption on Woven Ramie Fiber Reinforced Composite”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 01 Agustus 2024

Yang menyatakan



Muh Azwar Arham



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada kehadiran Allah SWT atas anugerah, taufik, hidayah dan inayah-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga tesis dengan judul “Analisis Pengaruh Penambahan Pigment Pastes Terhadap Sifat Mekanis Komposit Tenunan Serat Rami Pada Lingkungan Air Laut” ini dapat diselesaikan pada tepat waktunya. Penulisan pada tesis ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Magister Teknik di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Semoga adanya tesis ini dapat memberikan manfaat bagi khazanah pengetahuan ilmu teknik mesin untuk pengembangan keilmuan di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Ucapan terima kasih yang tak terhingga penulis sampaikan kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, M.T. selaku pemimbing utama dan Bapak Prof. Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, M.T. selaku pembimbing pendamping, yang penuh ketulusan meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan dan membimbing penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Penelitian ini juga tidak lepas dari bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak, untuk itu izinkan penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Dr. Muhammad Syahid, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Mesin.
3. Ibu Dr.Eng. Novriany Amaliyah, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin.
4. Bapak Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., MT. sebagai penguji Pertama, Bapak Dr. Hairul Arsyad, S.T., M.T. sebagai penguji Kedua, dan Bapak Dr. Muhammad Syahid, S.T., M.T. sebagai penguji Ketiga atas masukan dan arahannya selama penelitian ini dilaksanakan.



Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Mesin atas bimbingan dan arahan, didikan, serta motivasi yang telah diberikan selama masa perkuliahan

6. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh perkuliahan terutama kepada Ibu Sita selaku staf Departemen Teknik Mesin.
7. Ibu Haslina, Muhammad Iqbal, Muhammad Ihwal, Figo, dan Fadhillah Uma atas bantuannya sebagai tim selama masa penelitian.
8. Teman-teman seperjuangan Magister Teknik Mesin angkatan 2020 (1) yang telah menjadi saudara selama di bangku perkuliahan.

Melalui tesis ini perkenankan penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk kedua orang tua tercinta, Ayahanda Dr. Arham Selo, S.Sos.,M.Si. dan Ibunda Dr. Haerani Mustari, S.Pd.,M.Pd., yang selama ini menyayangi, mendidik, membesarkan penulis dengan penuh kasih dan hati yang tulus, serta dukungan secara moril dan materi selama penulis menuntut ilmu. Kepada saudara dan saudari (dr. Nur Ilmi Utami Arham dan Bripda Muhammad Ainun Wirawan Arham) yang selalu perhatian dan memberikan motivasi kepada penulis agar terus berjuang.

Penulis sadar bahwa penulisan tesis ini masih belum sempurna. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan tesis ini. Semoga tesis ini bermanfaat bagi semua pihak.

Penulis,
Muh Azwar Arham



ABSTRAK

Muh Azwar Arham. Analisis Pengaruh Penambahan Pigment Pastes Terhadap Sifat Mekanis Komposit Tenunan Serat Rami Pada Lingkungan Air Laut. (Pembimbing Zulkifli Djafar dan Ilyas Renreng)

Serat alam memiliki peran sebagai penguat pada komposit dan saat ini berkembang dibidang material dan teknologi. Salah satu serat alam yang berpotensi untuk diolah menjadi penguat pada komposit adalah serat dari tanaman rami, namun serat alam memiliki sifat menyerap air yang dapat menurunkan nilai kekuatan pada komposit. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk menganalisa pengaruh penambahan pigment pastes terhadap sifat mekanis komposit berpenguat tenunan serat rami setelah mengalami perendaman pada air laut. Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimental, Epoxy Resin bisphenol A-Epichlorohydrin dan Epoxy Hardener Polyaminoamide digunakan pada penelitian ini sebagai bahan untuk pembuatan matriks pada komposit. Komposit direndam pada air laut selama 14 minggu dengan menggunakan 4 variasi penambahan pigment pastes yaitu 0%, 5%, 7,5%, dan 10%. Spesimen uji tarik menggunakan standar ASTM D 638-02 dan spesimen uji bending menggunakan ASTM D 790-02. Pengujian karakteristik menggunakan FTIR dan SEM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh perendaman air laut terhadap sifat mekanis memberikan kecenderungan yang meningkat pada awal minggu perendaman kemudian menurun pada akhir minggu perendaman. Daya serap air pada variasi 0%, 5%, 7,5%, dan 10% meningkat seiring dengan bertambahnya lama perendaman dengan nilai pada akhir lama perendaman yaitu 5,17%, 3,58%, 3,86%, dan 3,61%. Berdasarkan hasil pengujian FTIR menunjukkan terbentuknya gugus O-H pada daerah serapan 3300-3500 cm⁻¹ dengan penampilan fisik yang lebar maka lebih banyak menyerap air. Dari hasil pengamatan foto SEM terdapat beberapa pull-out yang menyebabkan kekuatan mekanis menurun. Metode Taguchi digunakan untuk menentukan nilai optimal terhadap kekuatan mekanis, menunjukkan bahwa lama perendaman merupakan faktor yang paling berpengaruh berdasarkan rank.

Kata kunci : Komposit, Serat alam, Serat rami, Uji tarik, Uji bending, FTIR, SEM



ABSTRACT

Muh Azwar Arham. Analysis of the Effect of Pigment Pastes on the Mechanical Properties of Woven Ramie Fiber Composite in a Seawater Environment. (Supervised by **Zulkifli Djafar and Ilyas Renreng**)

Natural fibers have a role as amplifiers on composites and are now developing in materials and technology. One of the natural fibers that is potentially to be processed as reinforcers on compounds is fibers from ramie plants. However, natural fibers have a water absorbing properties that reduces the strength of composite. The purpose of this study is to analyze the influence of the addition of pigment pastes on the mechanical properties of composites reinforcing the weaving of linen fibers after submerging in sea water. In this study, an experimental method was used. Epoxy Resin Bisphenol A-Epichlorohydrin and Epoxy Hardener Polyaminoamide were used as materials for making the matrix in the composite. The composite was immersed in seawater for 14 weeks using 4 variations of pigment paste addition: 0%, 5%, 7.5%, and 10%. Tensile test specimens were tested using ASTM D 638-02 standards and bending test specimens were tested using ASTM D 790-02 standards. The characteristics were tested using FTIR and SEM. The research results showed that seawater immersion affected the mechanical properties, with an increasing trend at the beginning of the immersion period and then a decrease towards the end. Water absorption in the 0%, 5%, 7.5%, and 10% variations increased with the length of immersion, with values at the end of the immersion period being 5,17%, 3,58%, 3,86%, and 3,61%, respectively. FTIR test results indicated the formation of O-H groups in the absorption region of 3300-3500 cm^{-1} , suggesting greater water absorption due to the broad physical appearance. SEM photo observations showed several pull-outs, which caused a decrease in mechanical strength. The Taguchi method was used to determine the optimal values for mechanical strength, showing that the length of immersion was the most influential factor based on the rank.

Keywords : Composite, Natural Fiber, Ramie Fiber, Tensile Test, Bending Test, FTIR, SEM



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGAJUAN TESIS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Manfaat.....	5
1.5 Batasan masalah	5
BAB 2 LANDASAN TEORI	6
2.1 Material serat rami.....	6
2.2 Material komposit.....	7
2.2.1 Bahan penyusun komposit	12
Metode pembuatan komposit	15
1 Proses cetakan terbuka	15
2 Proses cetakan tertutup.....	18



2.4	Fraksi volume serat.....	19
2.5	Pewarna pigmen	20
2.5.1	Klasifikasi pigmen	21
2.5.2	Sifat warna	23
2.5.3	Fungsi bahan dasar pigmen.....	24
2.5.4	Istilah pigment/nomenclature.....	24
2.5.5	Pemilihan pigmen.....	25
2.5.6	Kuantitas pigmen dalam cat.....	26
2.6	Teori Pengujian.....	26
2.6.1	Uji Tarik (<i>Tensile Test</i>)	26
2.6.2	Uji Bending (<i>Bending Test</i>).....	28
2.6.3	Daya serap air.....	29
2.6.4	SEM (Scanning Electron Microscope).....	30
2.6.5	FTIR	31
2.7	<i>Design of experiment</i> (DOE).....	31
2.7.1	Metode Taguchi.....	32
BAB 3 METODE PENELITIAN		35
3.1	Alat dan bahan penelitian	35
3.1.1	Alat Penelitian.....	35
3.1.2	Bahan penelitian.....	37
3.2	Cetakan panel komposit	39
3.3	Pembuatan spesimen komposit.....	40
3.3.1	Spesimen uji tarik komposit.....	42
3.3.2	Spesimen uji Bending	43
	Variasi sampel.....	43



3.5	Tahapan.....	45
3.6	Waktu dan tempat	45
3.7	Diagram alir.....	46
BAB 4.....		47
HASIL DAN PEMBAHASAN		47
4.1	Pengujian Mekanis Komposit Tenunan Serat Rami (TSR).....	47
4.1.1	Hasil Uji Tarik (Tensile Test)	48
4.1.2	Hasil Uji Lentur (Bending Test).....	65
4.2	Daya serap air (<i>Water Absorption</i>)	82
4.3	Hasil Uji FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)	84
4.4	Hasil Uji SEM (Scanning Electron Microscope)	93
4.4.1	Hasil Uji SEM nilai kekuatan maksimum.....	93
4.4.2	Hasil Uji SEM nilai kekuatan minimum.....	96
4.5	Analisa data metode Taguchi terhadap kekuatan mekanis	100
4.5.1	Analisa metode Taguchi nilai kekuatan tarik terhadap konsentrasi pigmen dan lama perendaman.....	102
4.5.2	Analisa metode Taguchi nilai kekuatan bending terhadap konsentrasi pigmen dan lama perendaman.....	104
BAB 5 PENUTUP.....		106
5.1	Kesimpulan.....	106
5.2	Saran.....	107
DAFTAR PUSTAKA.....		108
LAMPIRAN I		114



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Serat rami	6
Tabel 2. 2 Komposisi limbah serat rami.....	6
Tabel 2. 3 Karakteristik serat rami (Novarini et al., 2015a).....	7
Tabel 2. 4 Sifat umum pigmen inorganic dan organik	22
Tabel 2. 5 Klasifikasi Umum pigmen inorganik dan organik	22
Tabel 3. 1 Keterangan dimensi ukuran dari gambar spesimen uji tarik	42
Tabel 3. 2 Keterangan dimensi ukuran dari gambar spesimen uji <i>bending</i>	43
Tabel 3. 3 Variasi sampel.....	44
Tabel 4. 1 Hasil uji tarik sampel TSR00	48
Tabel 4. 2 Hasil uji tarik sampel TSR02	48
Tabel 4. 3 Hasil uji tarik sampel TSR04	48
Tabel 4. 4 Hasil uji tarik sampel TSR06	48
Tabel 4. 5 Hasil Uji tarik sampel TSR08	49
Tabel 4. 6 Hasil uji tarik sampel TSR010	49
Tabel 4. 7 Hasil uji tarik sampel TSR012	49
Tabel 4. 8 Hasil uji tarik sampel TSR014	49
Tabel 4. 9 Hasil uji tarik sampel TSR5-0.....	51
Tabel 4. 10 Hasil uji tarik sampel TSR5-2.....	51
Tabel 4. 11 Hasil uji tarik sampel TSR5-4	51
Tabel 4. 12 Hasil uji tarik sampel TSR5-6.....	52
Tabel 4. 13 Hasil uji tarik sampel TSR5-8.....	52
Tabel 4. 14 Hasil uji tarik sampel TSR5-10.....	52
Tabel 4. 15 Hasil uji tarik sampel TSR5-12.....	52
Tabel 4. 16 Hasil uji tarik sampel TSR5-14	53
17 Hasil tarik sampel TSR75-0	55
18 Hasil uji tarik sampel TSR75-2	55
19 Hasil uji tarik sampel TSR75-4.....	55



Tabel 4. 20 Hasil uji tarik sampel TSR75-6.....	56
Tabel 4. 21 Hasil uji tarik sampel TSR75-8.....	56
Tabel 4. 22 Hasil uji tarik sampel TSR75-10.....	56
Tabel 4. 23 Hasil uji tarik sampel TSR75-12.....	56
Tabel 4. 24 Hasil uji tarik sampel TSR75-14.....	57
Tabel 4. 25 Hasil uji tarik sampel TSR10-0.....	58
Tabel 4. 26 Hasil uji tarik sampel TSR10-2.....	58
Tabel 4. 27 Hasil uji tarik sampel TSR10-4.....	59
Tabel 4. 28 Hasil uji tarik sampel TSR10-6.....	59
Tabel 4. 29 Hasil uji tarik sampel TSR10-8.....	59
Tabel 4. 30 Hasil uji tarik sampel TSR10-10.....	59
Tabel 4. 31 Hasil uji tarik sampel TSR10-12.....	60
Tabel 4. 32 Hasil uji tarik sampel TSR10-14.....	60
Tabel 4. 33 Hasil uji bending sampel TSR0-0.....	65
Tabel 4. 34 Hasil uji bending sampel TSR0-2.....	65
Tabel 4. 35 Hasil uji bending sampel TSR0-4.....	66
Tabel 4. 36 Hasil uji bending sampel TSR0-6.....	66
Tabel 4. 37 Hasil uji bending sampel TSR0-8.....	66
Tabel 4. 38 Hasil uji bending sampel TSR0-10.....	66
Tabel 4. 39 Hasil uji bending sampel TSR0-12.....	67
Tabel 4. 40 Hasil uji bending sampel TSR0-14.....	67
Tabel 4. 41 Hasil uji bending sampel TSR5-0.....	68
Tabel 4. 42 Hasil uji bending sampel TSR5-2.....	69
Tabel 4. 43 Hasil uji bending sampel TSR5-4.....	69
Tabel 4. 44 Hasil uji bending sampel TSR5-6.....	69
Tabel 4. 45 Hasil uji bending sampel TSR5-8.....	69
Tabel 4. 46 Hasil uji bending sampel TSR5-10.....	70
Tabel 4. 47 Hasil uji bending sampel TSR5-12.....	70
48 Hasil uji bending sampel TSR5-14.....	70
49 Hasil uji bending sampel TSR75-0.....	72
50 Hasil uji bending sampel TSR75-2.....	72



Tabel 4. 51 Hasil uji bending sampel TSR75-4	72
Tabel 4. 52 Hasil uji bending sampel TSR75-6	73
Tabel 4. 53 Hasil uji bending sampel TSR75-8	73
Tabel 4. 54 Hasil uji bending sampel TSR75-10	73
Tabel 4. 55 Hasil uji bending sampel TSR75-12	73
Tabel 4. 56 Hasil uji bending sampel TSR75-14	74
Tabel 4. 57 Hasil uji bending sampel TSR10-0	75
Tabel 4. 58 Hasil uji bending sampel TSR10-2	75
Tabel 4. 59 Hasil uji bending sampel TSR10-4	76
Tabel 4. 60 Hasil uji bending sampel TSR10-6	76
Tabel 4. 61 Hasil uji bending sampel TSR10-8	76
Tabel 4. 62 Hasil uji bending sampel TSR10-10	76
Tabel 4. 63 Hasil uji bending sampel TSR10-12	77
Tabel 4. 64 Hasil uji bending sampel TSR10-14	77
Tabel 4. 65 Korelasi antara jenis vibrasi gugus fungsional dan frekuensi TSR0..	86
Tabel 4. 66 Korelasi antara jenis vibrasi gugus fungsional dan frekuensi TSR5..	88
Tabel 4. 67 Korelasi antara jenis vibrasi gugus fungsional dan frekuensi TSR75	89
Tabel 4. 68 Korelasi antara jenis vibrasi gugus fungsional dan frekuensi TSR10	91



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Modulus Spesifik.....	8
Gambar 2. 2 Klasifikasi komposit serat	10
Gambar 2. 3 Fibrous composite	11
Gambar 2. 4 Laminated composite	11
Gambar 2. 5 Particulate composite	12
Gambar 2. 6 Skema Partikel.....	14
Gambar 2. 7 Skema penguat partikel dispersi.....	14
Gambar 2. 8 Penguat partikel berdasarkan geometrinya	15
Gambar 2. 9 Metode hand-layup.....	16
Gambar 2. 10 Metode Vacuum Bag	16
Gambar 2. 11 Metode pressure bag.....	17
Gambar 2. 12 Metode Fillament winding	18
Gambar 2. 13 Spektrum panjang gelombang dalam milimicrons pada warna	23
Gambar 2. 14 Dimensi spesimen uji bending ASTM D790-02	28
Gambar 2. 15 Penampang uji bending ASTM D790-02	29
Gambar 3. 1 Universal Testing Machine(12).....	34
Gambar 3. 1 Universal Testing Machine.....	35
Gambar 3. 2 Minitab Statistical Software 2022	36
Gambar 3. 3 Software OriginPro 2019b	36
Gambar 3. 4 Tenunan serat rami	37
Gambar 3. 5 Epoxy Resin bisphenol A-Epichlorohydrin	38
Gambar 3. 6 Epoxy Hardener Polyaminoamide	38
Gambar 3. 7 Cerepol pigment pastes Blue CW	39
Gambar 3. 8 Desain cetakan panel komposit.....	40
Gambar 3. 9 Pembuatan komposit dan perendaman pada air laut	41
}. 10 Panel TSR0.....	41
}. 11 Panel TSR5.....	41
}. 12 Panel TSR75.....	42



Gambar 3. 13 Panel TSR10.....	42
Gambar 3. 14 Spesimen uji tarik (ASTM D 638 – 02a)	42
Gambar 3. 15 Spesimen uji <i>bending</i> ((ASTM D 790 – 02)	43
Gambar 4. 1 Hubungan kekuatan tarik TSR0 terhadap lama perendaman selama 14 minggu pada kondisi Laboratorium.	50
Gambar 4. 2 Hubungan kekuatan tarik TSR5 terhadap lama perendaman selama 14 minggu pada kondisi Laboratorium	54
Gambar 4. 3 Hubungan kekuatan tarik TSR75 terhadap lama perendaman selama 14 minggu pada kondisi Laboratorium	57
Gambar 4. 4 Hubungan kekuatan tarik TSR10 terhadap lama perendaman selama 14 minggu pada kondisi Laboratorium	60
Gambar 4. 5 Hubungan lama perendaman terhadap kekuatan tarik TSR selama 14 minggu pada kondisi Laboratorium	62
Gambar 4. 6 Hubungan lama perendaman terhadap kekuatan bending TSR0 selama 14 minggu pada kondisi laboratorium.....	67
Gambar 4. 7 Hubungan lama perendaman terhadap kekuatan bending TSR5 selama 14 minggu pada kondisi Laboratorium	71
Gambar 4. 8 Hubungan lama perendaman terhadap kekuatan bending TSR75 selama 14 minggu pada kondisi Laboratorium	74
Gambar 4. 9 Hubungan lama perendaman terhadap kekuatan bending TSR10 selama 14 minggu pada kondisi Laboratorium	77
Gambar 4. 10 Hubungan lama perendaman terhadap kekuatan bending TSR selama 14 minggu pada kondisi Laboratorium	79
Gambar 4. 11 Hubungan lama perendaman terhadap presentase penyerapan air laut pada TSR selama 98 hari pada skala Laboratorium.....	82
Gambar 4. 12 FTIR dari variasi sampel TSR0 terhadap lama perendaman 0 minggu	
4 minggu	85
1. 13 FTIR dari variasi sampel TSR5 terhadap lama perendaman 0 minggu	
4 minggu	87



Gambar 4. 14 FTIR dari variasi sampel TSR75 terhadap lama perendaman 0 minggu sampai 14 minggu.....	88
Gambar 4. 15 FTIR dari variasi sampel TSR10 terhadap lama perendaman 2 minggu sampai 14 minggu.....	90
Gambar 4. 16 FTIR dari variasi sampel perendaman pada minggu ke 6 terhadap variasi penambahan pigmen pastes pada komposit TSR	92
Gambar 4. 17 Hasil foto SEM TSR0 nilai maksimum pada minggu ke 2.....	93
Gambar 4. 18 Hasil foto SEM TSR5 nilai maksimum pada minggu ke 4.....	94
Gambar 4. 19 Hasil foto SEM TSR75 nilai maksimum pada minggu ke 4.....	94
Gambar 4. 20 Hasil foto SEM TSR10 nilai maksimum pada minggu ke 8.....	95
Gambar 4. 21 Hasil foto SEM TSR0 nilai minimum pada minggu ke 8.....	96
Gambar 4. 22 Hasil foto SEM TSR5 nilai minimum pada minggu ke 8.....	96
Gambar 4. 23 Hasil foto SEM TSR75 nilai minimum pada minggu 10.....	97
Gambar 4. 24 Hasil foto SEM TSR10 nilai minimum pada minggu 10.....	97
Gambar 4. 25 foto makro TSR0.....	99
Gambar 4. 26 Foto makro TSR5	99
Gambar 4. 27 Foto Makro TSR75.....	99
Gambar 4. 28 Foto makro TSR10	99
Gambar 4. 29 Foto makro TSR0	100
Gambar 4. 30 Foto makro TSR5	100
Gambar 4. 31 Foto makro TSR75	100
Gambar 4. 32 Foto makro TSR10.....	100
Gambar 4. 33 Hasil pengujian data nilai kekuatan tarik dan kekuatan bending .	101
Gambar 4. 35 Response table hasil Analisa Taguchi nilai kekuatan tarik terhadap konsentrasi pigmen dan lama perendaman	102
Gambar 4. 36 Hubungan antara faktor dengan respon pada nilai kekuatan tarik	103
Gambar 4. 37 Response tabel hasil Analisa Taguchi nilai kekuatan bending terhadap konsentrasi pigmen dan lama perendaman	104
Gambar 4. 38 Hubungan antara faktor dengan respon pada nilai kekuatan bending	104





Optimized using
trial version
www.balesio.com

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Indonesia merupakan negara maritim yang terdiri atas 70% lautan yang dimana terdapat 1,27 juta nelayan di Indonesia di akhir tahun 2022. Kementerian Dalam Negeri (Kemendagri) mencatat, nelayan paling banyak berada di Jawa Timur dengan jumlah nelayan sebanyak 131.844 orang yang mengemban profesi tersebut (Pratiwi, 2023). dengan banyaknya nelayan yang ada di Indonesia sehingga banyak juga kapal yang dibutuhkan yang digunakan untuk menangkap ikan. Kapal nelayan umumnya saat ini terbuat dari kayu, yang menjadi permasalahan yakni jika terjadinya kelangkaan kayu jika pun ada harganya pun sangat mahal dan tentunya akan mempengaruhi pembuatan sarana transportasi yang digunakan di laut oleh nelayan. (Ardhy, 2019). Selain itu, Indonesia kaya akan keanekaragaman tumbuhan dan sumber daya alam termasuk bahan serat alam. Serat rami menjadi salah satu serat alam yang berpotensi untuk diolah menjadi penguat bahan komposit. Serat alami memiliki sifat dan peran sebagai penguat komposit dan berkembang di bidang Teknik dan teknologi. Saat ini komposit alami berfungsi lebih baik dalam ketahanan korosi bila dibandingkan dengan material tradisional, dan menjadi komposisi alternatif sebagai pengganti komposit serat sintetik dengan berbagai keuntungan yang dimiliki seperti kepadatan rendah, lebih kuat, lebih murah, dan ramah lingkungan (Bhoopathi et al., 2015).

Menurut Perdana Nurrullah et al., n.d. Komposit adalah gabungan dari dua atau lebih bahan yang tidak homogen dan memiliki sifat mekanik yang berbeda. Komposit terdiri atas serat-serat yang berfungsi sebagai bahan penguat dan bahan pengikat berupa matrik. Serat komposit dikembangkan dan digunakan sebagai alternatif lain dari bahan logam, kayu dan bahan lainnya, hal ini dikarenakan yang terbuat dari serat lebih tahan korosi, lebih ringan, proses manufaktur dan relative murah.



Rami, sebagai tanaman herba, dapat dipanen sebagai bahan baku pemintalan dan pertenunan dalam industri tekstil. Cina menghasilkan lebih dari 90% dari total hasil rami di dunia, oleh karena itu serat rami juga dikenal sebagai “China rumput” . Ramie menghasilkan salah satu alami terkuat serat yang menunjukkan kekuatan besar, penyerapan air yang baik dan mereka dapat memberikan tampilan kilau halus pada kain mereka (Zhou et al., 2017).

Serat alam yang berpotensi dijadikan sumber selulosa lainnya adalah rami. Rami adalah salah satu 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. Sama halnya dengan serat kapas, komposisi utama penyusun serat rami adalah selulosa (72-97%). Oleh karena itu serat rami diharapkan dapat dijadikan alternatif penghasil serat selulosa lainnya untuk bahan baku TPT.

Penggunaan serat rami sekarang lebih umum. Salah satunya sebagai serat penguat (reinforcement). serat) dalam industri komposit kebutuhan serat alami dari tumbuhan sebagai pengganti serat Pasar produk komposit kaca di dunia bisa mencapai 120.000 ton. konsumsi serat alam Produk komposit bahkan dinilai di Eropa tumbuh 10% per tahun. Di Eropa misalnya, penggunaan serat alam untuk bahan baku komposit di setiap unit (Novarini et al., 2015b)

Serat rami memiliki modulus dan kekuatan spesifik yang sebanding dengan serat tradisional serat sintetis untuk produksi komposit. Sebagai salah satu alternatif terbarukan dan biodegradable sumber serat, serat rami memiliki banyak manfaat lingkungan dibandingkan serat sintetis, mis. manfaat kesehatan kerja dan rendah karbon tapak. Namun penggunaan serat alam sebagai komposit memiliki tantangan tersendiri pada sifat hidrofoliknya yaitu mempunyai kemampuan pada penyerapan air nya yang dapat mempengaruhi sifat mekanik dan stabilitas dimensi dari komposit tersebut.



ta pigmen dapat meningkatkan daya tarik visual dan sifat fungsional, 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 ftlosianin 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 0,1wt 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.



durohman & Adhitya (2021) telah mengevaluasi sifat mekanis komposit s/vinylester sebelum dan sesudah perendaman selama 6 bulan pada air unjukkan penurunan kekuatan tekan yang signifikan sebesar 60%. Setelah

12 hari perendaman pada air laut, komposit sorghum straw dan corn straw berpenguat PVC mengalami penurunan kekuatan tarik dari 17.3 ke 9.7 MPa pada komposit SS/PVC dan 12.3 ke 7.2 MPa CS/PVC (Jiang et al., 2020).

Djafar et al., (2021) dalam penelitiannya menganalisa tentang kekuatan tarik dan bending pada serat rami dan tenunan rami pada komposit dengan variasi 1 lapisan, 2 lapisan, 3 lapisan, 4 lapisan, dan 5 lapisan mengatakan bahwa jumlah lapisan serat mempengaruhi kekuatan tarik dan kekuatan tarik bending dengan peroleh nilai tertinggi pada variasi 5 lapisan dengan nilai kekuatan tarik 99.04 ± 2.85 MPa dan nilai kekuatan bending tertinggi diperoleh pada variasi 5 lapisan yaitu sebesar 98.73 ± 5.98 MPa.

Dengan permasalahan-permasalahan tersebut maka penulis tertarik mengangkat tema penelitian dengan judul “Analisis Pengaruh Penambahan Pigment Pastes terhadap Sifat Mekanis Komposit Tenunan Serat Rami pada Lingkungan Air Laut”. Penulis ingin melakukan kajian tentang pengaruh perendaman air laut skala laboratorium pada Komposit Tenunan serat rami, serta sebagai syarat menyelesaikan studi pada program magister, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin.

1.2 Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian, antara lain :

1. Bagaimana pengaruh perendaman air laut terhadap komposit tenunan serat rami ?
2. Bagaimana pengaruh penambahan pigment pastes pada perendaman air laut terhadap sifat mekanis komposit tenunan serat rami ?
3. Berdasarkan hasil optimasi, variabel apa yang paling mempengaruhi perubahan sifat mekanis komposit tenunan serat rami ?



1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa pengaruh perendaman air laut terhadap komposit tenunan serat rami ?
2. Menganalisa pengaruh penambahan pigment pastes pada perendaman air laut terhadap sifat mekanis komposit tenunan serat rami ?
3. Menganalisa variabel apa yang paling mempengaruhi perubahan sifat mekanis serat komposit tenunan serat rami.

1.4 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan data kekuatan mekanik dari polimer komposit yang diperkuat serat rami dengan adanya penambahan pigment pastes pada komposit berpenguat tenunan serat rami. Dan diharapkan juga dapat menambah referensi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi tinjauan baru dalam pemanfaatan serat alam.

1.5 Batasan masalah

1. Sumber pengambilan sampel air laut di daerah Pulau Barrang Lompo, Provinsi Sulawesi Selatan.
2. Pengujian dibatasi pada pengujian Uji penyerapan air, uji tarik, dan uji bending, FTIR, SEM.
3. Perendaman sampel komposit berpenguat serat rami dengan air laut dilakukan dalam waktu 14 minggu
4. Jenis bahan matriks yang akan digunakan adalah epoksi resin dengan perbandingan 60% resin epoksi : 40% hardener epoksi, pigmen yang digunakan adalah cerepol pigment pastes
5. Pengujian sifat mekanis : uji tarik, uji bending.



BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Material serat rami

Menurut Arafah & Sugiyana, (2021), Serat rami mengandung selulosa dan hemiselulosa masing-masing sekitar 75% dan 16% dapat dilihat pada Tabel 2. 1. Limbah serat rami masih memiliki kandungan selulosa dan holoselulosa masing-masing sekitar 3,67% dan 56,25%.10 dapat dilihat pada Tabel 2. 2.

Tabel 2. 1 Komposisi Serat rami

Senyawa	Kandungan (%)
Selulosa	75
Hemiselulosa	16
Pektin	2
Lignin	0,7
Lilin dan lemak	0,3
Zat terlarut dalam air	6

Tabel 2. 2 Komposisi limbah serat rami

Komposisi	Limbah rami (%)
Selulosa	3,67
Holoselulosa	56,25
Zar organic lain	40,08

Limbah serat rami memiliki kadar selulosa lebih sedikit dibandingkan serat rami, dan kadar holoselulosa yang lebih banyak. Holoselulosa adalah bagian dari serat berupa sisa kayu dari batang yang tidak atau sedikit mengandung lignin dan terdiri atas campuran selulosa dan hemiselulosa. Menurut Jose et al., (2016) Serat iliki beberapa sifat yang menguntungkan diantara lain yaitu halus, t, kekuatan yang lebih, baik, memiliki daya tahan dan kecocokan untuk n dengan serat lain, memiliki kekuatan yang 6 kali lebih kuat



dibandingkan dengan kapas, dan hampir menyamai kilauan dari sutra. Seratnya lebih kasar dan terdiri dari rambut-rambut yang menjulur keluar dari permukaan, panjangnya bervariasi dari 40-200 mm dan diameter seratnya sekitar 25-30 μm . Kepadatan serat berkisar antara 1,50-1,55. Kekuatan tariknya bervariasi dari 400-1600 MPa. Memiliki moisture regain sekitar 12%.

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 et al., 2015a).

Tabel 2. 3 Karakteristik serat rami (Novarini et al., 2015a)

Karakteristik	Rami	Kapas	Hemp	Flax
<i>Average ultimate fibre length (mm)</i>	120-150	20-30	15-25	13-14
<i>Average ultimate fibre diameter (μ)</i>	40-60	14-16	15-30	17-20
<i>Tensile strength (kg/mm)</i>	95	45	83	78
<i>Moisture regain (%)</i>	12	8	12	12
<i>Cellulose</i>	72-97	88-96	67-78	64-86
<i>Lignin</i>	1-0	0	6-4	5-1
<i>Hemicellulose, pektin, etc</i>	27-3	12-4	27-18	31-14

2.2 Material komposit

Komposit berasal dari kata “to compose” yang berarti menyusun atau menggabung, sehingga komposit secara sederhana dapat didefinisikan sebagai bahan atau material gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan

Material komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih material yang menghasilkan sifat baru dari material tersebut. Material komposit sendiri telah



digunakan sebagai materi alternative pengganti logam dan kayu (Arum & Nisa 2022). Adapun menurut Tjahjanti (2018) Komposit adalah salah satu jenis yang ada saat ini disamping material lainnya seperti logam, polimer dan

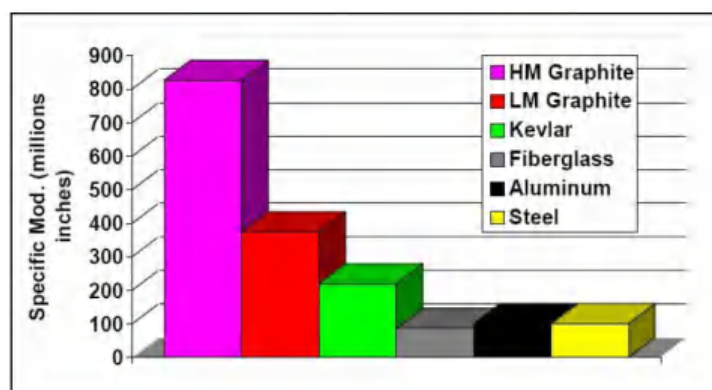
keramik. Material komposit merupakan material multi fase yaitu suatu material campuran yang terbuat dari dua atau lebih jenis material, dengan pencampurannya tidak terjadi reaksi secara kimia. Sifat material komposit merupakan paduan dari sifat-sifat material penyusunnya, yaitu matriks dan penguat (reinforcement) atau pengisi (filler) dimana keduanya memiliki sifat yang berbeda. Ketentuan untuk material penguat, harus dapat menunjang/memperbaiki sifat-sifat matriks dalam membentuk material komposit.

Material komposit dapat memberikan keuntungan dibandingkan dengan logam dan plastik yang umum digunakan. Di antara keunggulan komposit dibandingkan logam adalah (S. A. Hassan, 2005) :

1. Rasio kekuatan-terhadap-berat yang tinggi (lamina karbon 4 hingga 6 kali lebih besar dari baja atau aluminium).
2. Rasio kekakuan-terhadap-berat yang tinggi (lamina karbon 3 hingga 5 kali lebih besar dari itu baja atau aluminium).
3. Batas daya tahan kelelahan yang tinggi.
4. Korosi rendah.
5. Karakteristik redaman yang sangat baik.
6. Serbaguna dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan kinerja.

Keuntungan yang paling signifikan dibandingkan plastik adalah:

1. Kekuatan yang jauh lebih besar
2. Kekakuan yang jauh lebih besar
3. Bobot yang jauh lebih ringan



Gambar 2. 1 Modulus Spesifik



Menurut Tjahjanti (2018) Matriks adalah fasa dalam material komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks mempunyai fungsi untuk mentransfer tegangan ke serat, membentuk ikatan koheren, permukaan matrik/serat, melindungi serat, memisahkan serat, melepas ikatan, dan tetap stabil setelah proses manufaktur. Berdasarkan matriks yang digunakan material komposit dapat dikelompokkan menjadi :

1. Metal Matriks Composite (MMC)

Material komposit dengan matriksnya dari logam. MMC dengan logam aluminium disebut dengan Aluminium Metal Matrik Composite (AMMC). Kelebihan MMC adalah transfer tegangan dan regangan yang baik, tahan temperature tinggi, tidak menyerap kelembaban, tidak mudah terbakar, dan kekuatan tekan dan geser yang baik.

2. Ceramic Matriks Composite (CMC)

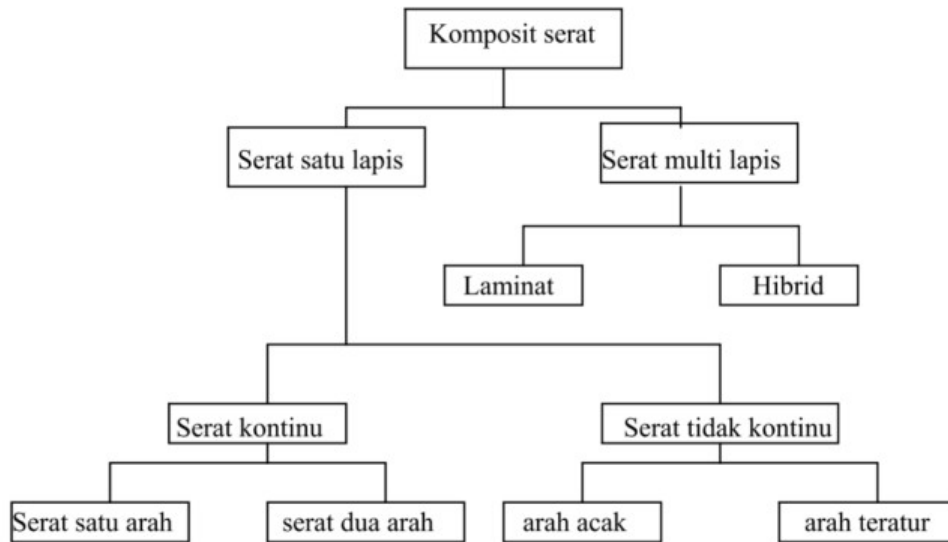
Material komposit dengan matriksnya dari keramik. CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik. CMC mempunyai keuntungan yaitu dimensi yang lebih stabil daripada logam, mempunyai ketangguhan daripada besi cor, permukaan yang tahan aus, unsur kimia stabil pada temperatur tinggi, tahan pada temperature tinggi dan tahan terhadap korosi.

3. Polymer Matriks Composite (PMC)

Material komposit dengan matriksnya dari polimer. Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena mempunyai sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan. Matriks polimer terbagi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaannya polimer termoset tidak dapat didaur ulang sedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan. Keuntungan dari PMC antara lain biaya pembuatan lebih rendah, dapat dibuat dengan produksi massal, ketangguhan baik, tahan simpan, siklus produksi dapat dipersingkat, kemampuan mengikuti bentuk, lebih ringan, specific stiffness dan strength yang tinggi, dan bersifat anisotropik.



Klasifikasi bahan komposisi serat yang umum dikenal ditunjukkan pada gambar yang secara garis besar bahan komposit serat terbagi menjadi dua macam, yaitu serat kontinu (continus) dan serat tidak kontinu (discontinue).(Widjayarto, 2007).



Gambar 2. 2 Klasifikasi komposit serat

Besarnya serat penguat menentukan kemampuan bahan komposit dalam menahan gaya-gaya luar. Semakin panjang ukuran serat, semakin efisien pula dalam menahan gaya dalam arah serat. Serat yang panjang tersebut juga menghilangkan kemungkinan terjadinya retak sepanjang batas pertemuan antar serat dan matriks. Karenanya bahan komposit serat kontinu sangat kuat dan liat (taugh) dibandingkan dengan komposit serat tidak kontinu (Hadi, 2000)

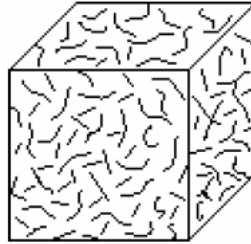
Adapun menurut Jones & Millard (1999) mengemukakan bahwa pada umumnya material komposit terbagi atas :

1. Fibrous Composite Material

Jenis komposit yang terdiri atas serat pada matriks. Jenis komposit ini merupakan komposit yang hanya terdiri dari satu lapisan atau lamina yang menggunakan penguat berupa serat/fiber. Fiber yang digunakan biasanya berupa glass fibers, carbon fibers, aramid fibers, dan



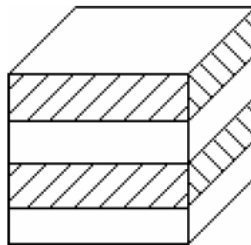
sebagainya. Fiber ini bisa disusun secara acak maupun secara orientasi tertentu bahkan juga dalam bentuk anyaman.



Gambar 2. 3 Fibrous composite

2. Laminated Composite Material

Bahan komposit berlapis terdiri dari lapisan setidaknya dua bahan berbeda yang diikat menjadi satu. Laminasi digunakan untuk menggabungkan aspek terbaik dari lapisan penyusun dan bahan pengikat untuk mendapatkan bahan yang lebih berguna. Sifat-sifat yang bisa ditekankan oleh laminasi adalah kekuatan, kekakuan, berat badan rendah, korosi ketahanan, ketahanan aus, keindahan atau daya tarik, isolasi termal, isolasi akustik, dll. Klaim tersebut paling baik diwakili oleh contoh dalam paragraf berikut di mana bimetal, logam berlapis, dilaminasi kaca, laminasi berbasis plastik, dan komposit berserat laminasi bahan dijelaskan.

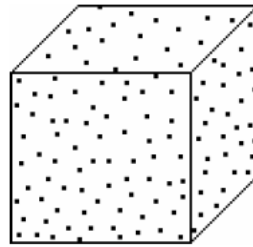


Gambar 2. 4 Laminated composite



3. Particulate composite materials

Material komposit partikulat terdiri dari partikel satu atau lebih bahan yang tersuspensi dalam matriks bahan lain. Partikel-partikel itu bisa dapat berupa logam atau bukan logam seperti halnya matriks. Empat kemungkinan kombinasi konstituen ini dijelaskan dalam paragraf berikut.



Gambar 2. 5 Particulate composite

4. Kombinasi dari ketiga tipe diatas

Banyak material komposit multifase yang menunjukkan lebih dari satu karakteristik dari berbagai kelas, berserat, dilaminasi, atau partikulat material komposit, yang baru saja dibahas. Sebagai contoh, beton bertulang adalah partikulat (karena beton terdiri dari kerikil dalam pengikat pasta semen) dan berserat (karena tulangan baja).

2.2.1 Bahan penyusun komposit

2.2.1.1 Matriks

Matriks umumnya lebih fleksibel, meskipun memiliki tingkat kekuatan dan daya tahan yang lebih rendah. Jenis resin yang sering digunakan mencakup berbagai jenis seperti polyester, phenolic, epoxy, silicone, alkyd, melamine polyimide, fluorocarbon, polycarbonate, acrylic, acetal, polypropylene, ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene) copolymer, polyethylene, dan polystyrene. Resin dapat dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu thermoplastik (bisa meleleh dan mengeras berkali-kali dengan perubahan suhu) dan thermoset (tidak dapat meleleh setelah diawetkan dengan pemanasan atau bahan kimia).



Matriks merupakan fasa dalam komposit yang mempunyai bagaian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks mempunyai fungsi sebagai berikut:

1. Mentransfer tegangan ke serat secara merata.
2. Melindungi serat dari gesekan mekanik.
3. Memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
4. Melindungi dari lingkungan yang merugikan.
5. Tetap stabil setelah proses manufaktur.

Sifat – sifat matrik (Ellyawan, 2008):

1. Sifat mekanis yang baik.
2. Kekuatan ikatan yang baik.
3. Ketangguhan yang baik.
4. Tahan terhadap temperature.

2.2.1.2 Bahan penguat (*Reinforcement*)

Salah satu bagian utama komposit yaitu *reinforcement* (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit seperti contoh serat. Serat (fiber) merupakan suatu jenis bahan berupa potongan – potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Serat inilah yang terutama menentukan karakteristik bahan komposit, seperti kekuatan, kekakuan dan sifat – sifat mekanis lainnya. Orientasi dan kandungan serat dapat menentukan kekuatan mekanis dari komposit. Perbandingan antara serat dan matriks juga sangat menentukan dalam memberikan karakteristik mekanis produk yang dihasilkan. Serat dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu ;

1. Serat alami contoh serat daun nanas, serat sabut kelapa, enceng gondok, pandan, serat rami.
2. Serat sintetik (serat buatan manusia) seperti contoh fiber glass, carbon, nylon, graphite, dan alumunium



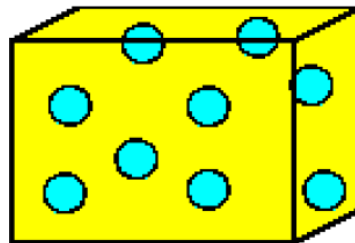
Bagai jenis serat banyak tersedia untuk kebutuhan komposit dan jumlahnya meningkat. Kekakuan spesifik yang tinggi (kekakuan dibagi oleh berat

jenisnya) dan kekuatan spesifik yang tinggi (kekuatan dibagi oleh berat jenisnya) serat-serat tersebut yang disebut *advanced composit* (Chawla, 1987)

Jenis penguat (*reinforcement*) / pengisi (*filler*) pada material komposit Penguat (*reinforcement*)/pengisi (*filler*) adalah material yang diisikan kepada matriks dan berfungsi untuk menunjang sifat-sifat matriks dalam membentuk bahan komposit. Penguat-penguat Material komposit dibedakan menjadi :

1. Partikel Penguat

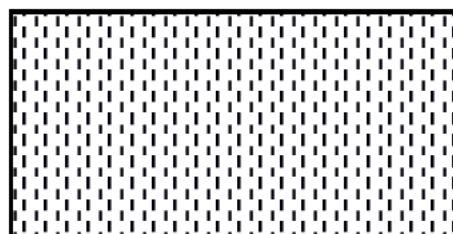
Penguat partikel memiliki ukuran partikel > 1 mm. Konsentrasi yang dapat dicampurkan dengan matriks mencapai (20 – 40)% fraksi volume. Pengisi-pengisi partikel antara lain adalah: SiC, B₄C, TiC, TiB, TiB₂, SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃.



Gambar 2. 6 Skema Partikel

2. Penguat dispersi

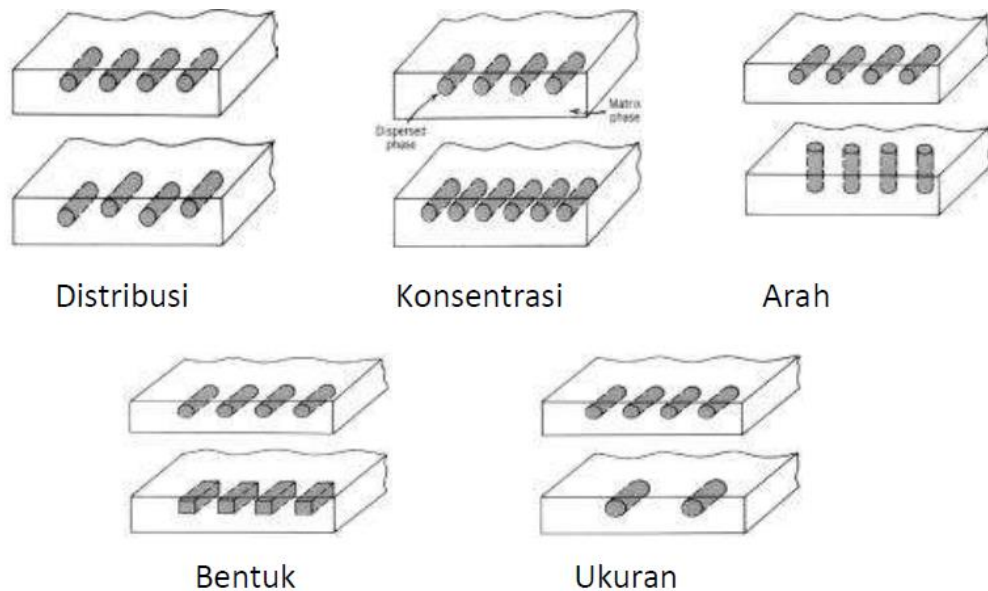
Memiliki ukuran diameter 0,01mm – 0,1 mm, dengan konsentrasi yang dapat dicampurkan dengan matriks mencapai 15%



Gambar 2. 7 Skema penguat partikel dispersi

dan geometrinya, penguat partikel dibedakan menjadi: geometri arah, distribusi, geometri ukuran, geometri bentuk dan geometri konsentrasi.





Gambar 2. 8 Penguat partikel berdasarkan geometrinya

2.3 Metode pembuatan komposit

Secara garis besar metode pembuatan material komposit terdiri dari atas dua cara, yaitu (Anonim, 2002)(Setyanto, 2012): a) Proses Cetakan Terbuka (open-mold process), b) Proses Cetakan Tertutup (closed mold processes).

2.3.1 Proses cetakan terbuka

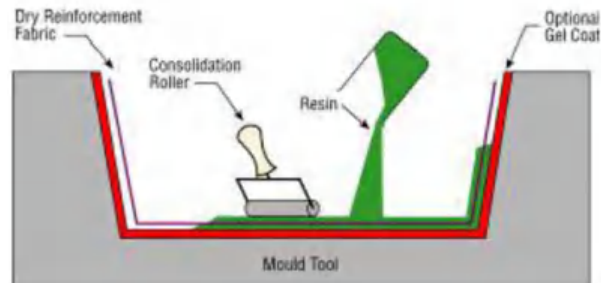
1. Contact Molding/ Hand lay up

Hand lay-up adalah metode yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit (Gambar 2). Adapun proses dari pembuatan dengan metode ini adalah dengan cara menuangkan resin kedalam serat berbentuk anyaman, rajutan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar.

Kelebihan penggunaan metode ini: 1) mudah dilakukan, 2) cocok digunakan untuk komponen yang besar, 3) volumenya rendah. Aplikasi dari pembuatan produk komposit menggunakan hand lay up ini biasanya digunakan pada



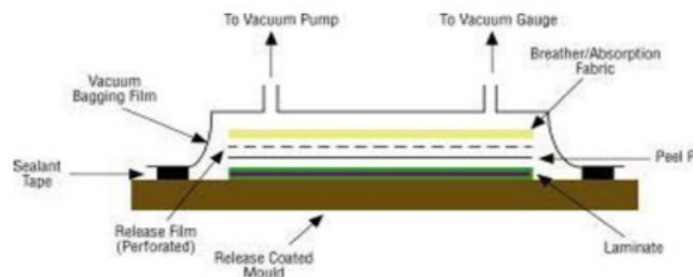
material atau komponen yang sangat besar, seperti pembuatan bodi kapal, bodi kendaraan, bilah turbin angin, bak mandi, perahu, dan lain-lain.



Gambar 2. 9 Metode hand-layup

2. Vacuum Bag

Proses vacuum bag merupakan penyempurnaan dari hand lay-up, penggunaan dari proses vakum ini adalah untuk menghilangkan udara yang terperangkap dan kelebihan resin (Gambar 3). Pada proses ini digunakan pompa vakum untuk menghisap udara yang ada dalam wadah/tempat dimana komposit akan dilakukan proses pencetakan. Dengan divakumkan udara dalam wadah maka udara yang ada diluar penutup plastik akan menekan kearah dalam. Hal ini akan menyebabkan udara yang terperangkap dalam spesimen komposit akan dapat diminimalkan. Dibandingkan dengan hand lay-up, metode vakum memberikan penguatan konsentrasi yang lebih tinggi, adhesi yang lebih baik antara lapisan, dan kontrol yang lebih terhadap rasio resin / kaca. Aplikasi dari metoda vacuum bag ini adalah pembuatan kapal pesiar, komponen mobil balap, perahu, dan lain-lain.

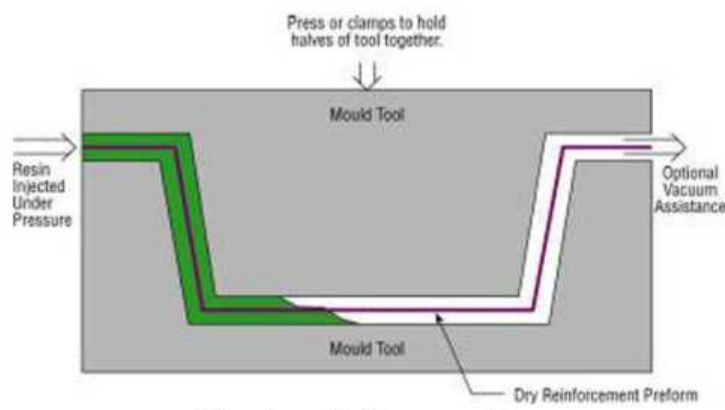


Gambar 2. 10 Metode Vacuum Bag



3. Pressure Bag

Pressure bag memiliki kesamaan dengan metode vacuum bag, namun cara ini tidak memakai pompa vakum tetapi menggunakan udara atau uap bertekanan yang dimasukkan melalui suatu wadah elastic (Gambar 4). Wadah elastis ini yang akan berkontak pada komposit yang akan dilakukan pemrosesan. Biasanya tekanan yang di berikan pada proses ini adalah sebesar 30 sampai 50 psi. Aplikasi dari metoda Pressure bag ini adalah pembuatan tangki, wadah, turbin angin, vessel.



Gambar 2. 11 Metode pressure bag

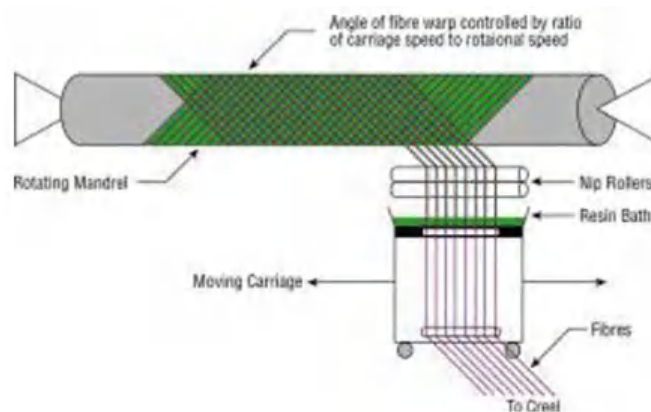
4. Spray Up

Spray-up merupakan metode cetakan terbuka yang dapat menghasilkan bagian-bagian yang lebih kompleks dan lebih ekonomis dari hand lay-up. Proses spray-up dilakukan dengan cara penyemprotan serat (fibre) yang telah melewati tempat pemotongan (chopper). Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan. Wadah tempat pencetakan spray-up telah disiapkan sebelumnya. Setelah itu proses selanjutnya adalah dengan membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar. Teknologi ini menghasilkan struktur kekuatan yang rendah, yang biasanya tidak termasuk pada produk akhir. Spray-up ini juga digunakan secara terbatas untuk mendapatkan fiberglass splash dari alat transfer. Aplikasi penggunaan dari proses ini adalah panel-panel, bodi aravan, bak mandi, sampan.



5. Filament Winding

Fiber tipe roving atau single strand dilewatkan melalui wadah yang berisi resin, kemudian fiber tersebut akan diputar sekeliling mandrel yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan arah tangensial (Gambar 5). Proses ini dilakukan berulang, sehingga cara ini didapatkan lapisan serat dan sesuai dengan yang diinginkan. Bagian yang paling sering dibuat oleh metode ini adalah pipa silinder, drive shaft, tangki air, tangki tekanan bola dan tiang-tiang kapal pesiar.



Gambar 2. 12 Metode Filament winding

2.3.2 Proses cetakan tertutup

1. Proses Cetakan Tekan (compression molding)

Proses cetakan ini menggunakan hydraulic sebagai penekannya. Serat yang telah dicampur dengan resin dimasukkan ke dalam rongga cetakan, kemudian dilakukan penekanan dan pemanasan. Aplikasi dari proses compression molding ini adalah alat rumah, kontainer besar, alat listrik, kerangka sepeda dan jet ski.

2. Injection Molding

Metoda injection molding juga dikenal sebagai reaksi pencetakan cairan atau pelapisan tekanan tinggi. Fiber dan resin dimasukkan ke dalam rongga cetakan bagian atas, kondisi temperatur dijaga supaya tetap dapat mencairkan resin. Resin cair beserta fiber akan mengalir ke bagian bawah, kemudian injeksi dilakukan oleh mandrel ke arah nozel menuju cetakan.



3. Continous pultrasion

Fiber jenis roving dilewatkan melalui wadah berisi resin, kemudian secara kontinu dituangkan ke cetakan pra cetak dan diawetkan (cure), kemudian dilakukan pengerolan sesuai dengan dimensi yang diinginkan. Atau juga bisa disebut sebagai penarikan serat dari suatu jaring atau creel melalui bak resin, kemudian dilewatkan pada cetakan yang telah dipanaskan. Fungsi dari cetakan tersebut ialah mengontrol kandungan resin, melengkapi pengisian serat, dan mengeraskan bahan menjadi bentuk akhir setelah melewati cetakan.

2.4 Fraksi volume serat

Komposit dipengaruhi oleh persentase dari serat dan resin. Persentase dapat dihitung dengan fraksi volume. Fraksi volume merupakan perbandingan antara volume penyusun dengan volume total komposit (Matsruri et al., 2011). Kandungan serat adalah hal yang sangat penting pada komposit. Untuk mendapatkan kekuatan serat pada pembuatan komposit penggunaan matrik sangat diperhatikan agar mendapatkan komposit dengan kekuatan maksimal. Pencegahan void dapat diatasi dengan cara distribusi matrik terhadap serat merata pada saat proses penggabungan matrik dan penguat. Untuk mengetahui nilai fraksi volume, beberapa parameter harus diketahui diantaranya adalah berat jenis serat, berat jenis resin, berat serat, dan berat komposit (Nurhidayah N, 2016).

Jumlah kandungan serat dalam komposit, merupakan hal yang menjadi perhatian khusus pada komposit berpenguat serat. Untuk memperoleh komposit berkekuatan tinggi, distribusi serat dengan matriks harus merata pada proses pencampuran agar mengurangi timbulnya void. Untuk menghitung fraksi volume, parameter yang harus diketahui adalah berat jenis resin, berat jenis serat, berat komposit dan berat serat. Adapun fraksi volume yang ditentukan dengan persamaan

1996) :

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f V_f}{\rho_f V_f} = \frac{\rho_f}{\rho_c} 1 = V_f \quad (1)$$



$$V_f = \frac{\rho_f}{\rho_c} = 1 - V_m \quad (2)$$

Jika selama pembuatan komposit diketahui massa fiber dan matriks, serta densitas fiber dan matriks, maka fraksi volume dan fraksi massa fiber dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_f = \frac{m_f/\rho_f}{m_f/\rho_f + m_m/\rho_m} \quad (3)$$

Dengan W_f = fraksi berat serat; m_f = massa serat; w_c = berat komposit; ρ_c = densitas komposit; ρ_f = densitas serat; V_f = fraksi volume serat; V_m = fraksi volume matriks; v_f = volume serat; v_m = volume matriks.

2.5 Pewarna pigmen

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, pearlesen, 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

ubah menjadi pasta atau cairan dengan menggunakan pelarut, sehingga digunakan untuk keperluan tertentu. Proses pengolahan pigmen memerlukan 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.

2.5.1 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 sintetik maupun alami, sedangkan organik umumnya merupakan sintetik.

Tabel 2. 4 Sifat umum pigmen inorganic dan organik

Sifat pigmen	Inorganik pigmen	Organik pigmen
warna	kusam	cerah
daya tutup	tinggi	rendah
kekuatan warna	rendah	tinggi
daya tahan bleeding	bagus	bervariasi
daya tahan kimawi	bervariasi	bervariasi
daya tahan panas	bagus	bervariasi
daya tahan cuaca	biasanya bagus	bervariasi
harga	relatif murah	relatif lebih mahal

Tabel 2. 5 Klasifikasi Umum pigmen inorganik dan organik

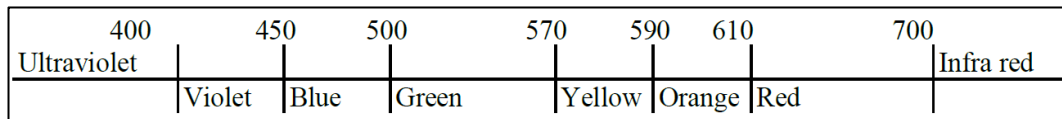
Jenis Pigmen	Warna utama	
Inorganik pigmen	Carbonate	Putih tidak berwarna
	Oxides	Putih,Hijau,Kuning,Merah,Coklat
	Sulphides, sulphoselenides	Putih, Kuning, orange, merah
	Sulphates	Tidak berwarna.
	Silicates	Putih, tak berwarna, biru.
	Ferrocyanides	Biru
	Chromates	kuning, merah
	Carbon	Hitam
	Metallic	Aluminium, bronze
	Synthetic mixed oxide	Beberapa warna
Organik pigmen	Pigment Azo, Mono azo Arylamide- Acetoacetarylamide	Kuning
	Naphthanilide	Merah
	Naphthol	Merah, Orange
	Zocondensation	Merah,kuning,orange
	Metal salt of acid azo dies	Merah
	Diazo Diarylides	Kuning,merah,orange
	Heterocyclic	Kuning,orange
	Polycyclic including Vat pigment	Biru, Hijau
	Quinacridone	Orange,Red,
	Perylene	Magenta,Violet.
Dioxazine	Red, Marron	



	Thioindigo	Violet
	Anthraquinone	Maroon
	Anthrapyrimidine	Kuning
	Inadantrone	Biru
	Flavantrone	Kuning
	Dibromanthanthrone	Merah
	Pyranthrone	Merah
	Perinone	Orange
	Pearlescent	Multicolour

2.5.2 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.



Gambar 2. 13 Spektrum panjang gelombang dalam milimicrons pada warna

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. Misalnya, warna hijau mungkin berwarna kekuning-kuningan, atau kebiru-biruan.



2.5.3 Fungsi bahan dasar pigmen

Pigmen memiliki fungsi bahan dasar yaitu berdasarkan bahan dasar pewarnaannya 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 permansa 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.

2.5.4 Istilah pigment/nomenclature

2.5.4.1 Colour index

Colour index merupakan system untuk menentukan atau mengidentifikasi kode secara jelas pada suatu pigmen untuk jenisnya. Semua material dikelompokkan sesuai dengan pigmen 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

ye. (Panji, 2013)



2.5.4.2 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-acetanilide dengan ditentukan sebagai penomoran 11710 (Panji, 2013)

2.5.4.3 Nama komersial

Penamaan pada pigmen didasari oleh nama dagang atau nama komersial. Nama umum dari pigmen yellow 3 adalah aramide 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'

2.5.5 Pemilihan pigmen

Adapun beberapa dasar pada penentuan dalam memilih pigmen yaitu Jenis cat merupakan pertimbangan pada kebutuhan dan penggunaan konsumen dalam hal daya tahan lapisan cat serta 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 harus 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

kemudian untuk pemilihan warna dan campuran warna pada pigmen yaitu mengandung satu pigmen untuk mendapatkan warna yang diinginkan, hal ini 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.

2.5.6 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’.

2.6 Teori Pengujian

2.6.1 Uji Tarik (*Tensile Test*)

Pengujian tarik merupakan pengujian merusak yang dilakukan dengan memberikan gaya Tarik pada material yang berlawanan pada benda dengan arah menjauh dari titik tengah, atau dengan memberikan gaya pada salah satu ujung n ujung lainnya yang diikat hingga benda putus dengan tujuan untuk uji sifat-sifat mekanis suatu logam dan panduannya, khususnya pada tarik material tersebut. Uji Tarik merupakan dasar dari pengujian bahan



yang dijadikan dasar pada studi mengenai kekuatan suatu bahan atau material (Lubis, 2022).

Berikut adalah sifat sifat yang dihasilkan oleh pengujian Tarik :

1. Tegangan Tarik (σ)

Tegangan Tarik merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya patahan (fracture).

Kekuatan tarik maksimum dari suatu bahan dapat dirumuskan :

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (3)$$

Dimana, σ merupakan Tegangan tarik maksimum (Mpa, N/mm^2), P merupakan beban maksimum (N), dan A_0 merupakan luas penampang awal (mm^2).

2. Regangan tarik (e)

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

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana, ΔL adalah Panjang sesudah patah (mm), L_0 merupakan Panjang awal (mm), e adalah Regangan (%)

3. Modulus Elastisitas (E)

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

$$E = \frac{\sigma}{e} \quad (5)$$

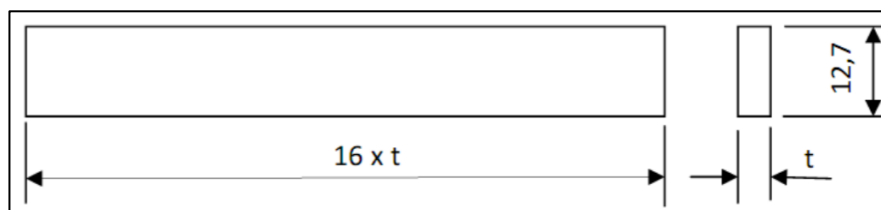
Dimana, E adalah Modulus elastisitas (Mpa), σ adalah tegangan maksimum (KN/mm^2), dan e adalah Regangan (%).



2.6.2 Uji Bending (*Bending Test*)

Alat uji bending adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kekuatan lengkung (bending) pada suatu bahan atau material. Pada umumnya alat uji bending memiliki beberapa bagian utama, seperti: rangka, alat tekan, point bending dan alat ukur. Rangka berfungsi sebagai penahan gaya balik yang terjadi pada saat melakukan uji bending. Rangka harus memiliki kekuatan lebih besar dari kekuatan alat tekan, agar tidak terjadi kerusakan pada rangka pada saat melakukan pengujian. Uji bending adalah suatu proses pengujian material dengan cara di tekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan lengkung (bending) suatu material yang di uji.

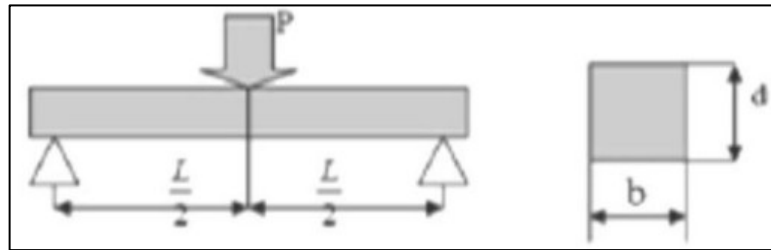
Pengujian bending mengacu pada standar ASTM D790 dengan kondisi pengujian statis. Kekuatan bending atau kekuatan lengkung adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Berdasarkan standar pengujiannya yang digunakan yaitu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



Gambar 2. 14 Dimensi spesimen uji bending ASTM D790-02

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





Gambar 2. 15 Penampang uji bending ASTM D790-02

Momen yang terjadi pada komposit dapat dihitung dengan persamaan :

$$M = \frac{P}{2} \times \frac{L}{2} \quad (6)$$

Kekuatan bending dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma b = \frac{3FL}{2bd^2} \quad (7)$$

Modulus elastisitas bending dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$E_b = \frac{L^3 \cdot m}{4 b d^3} \quad (8)$$

Dimana :

M = Momen (Nmm)

L = Panjang Span (mm)

P = Gaya (N)

E_b = Modulus Elastisitas (MPa)

σ_b = Kekuatan bending

d = Tebal (mm)

b = Lebar (mm)

m = Hubungan tangensial dari kurva defleksi (N/mm)

2.6.3 Daya serap air



Menurut Simbolin (2011), uji daya serap air digunakan dengan maksud mengidentifikasi sejauh mana kemampuan material komposit menyerap air atas tertinggi yang masih mampu diterima oleh material tersebut. Tes ini

berfungsi sebagai indikator tingkat ketahanan material komposit terhadap air. Prosedur pengujian ini melibatkan perendaman sampel komposit yang telah disiapkan selama 24 jam (satu hari). Adapun standar ASTM yang digunakan yaitu mengacu pada standar ASTM D570 yang merupakan standar uji untuk metode penyerapan air. Pengujian daya serap air dengan menghitung total perubahan massa dari spesimen yang diberikan perlakuan perendaman pada air. Untuk menentukan besarnya daya serap air menggunakan persamaan berikut :

$$DSA = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (9)$$

Keterangan : *DSA* : Daya serap air (%)

*m*₁ : Massa awal sampel uji sebelum direndam (g)

*m*₂ : Massa sampel uji setelah perendaman 24 jam (g)

2.6.4 SEM (Scanning Electron Microscope)

Sanjaya (2014), disebutkan bahwa Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan salah satu varian mikroskop elektron yang menggunakan sinar elektron berenergi tinggi untuk memindai spesimen dalam pola raster. Elektron memiliki resolusi yang jauh lebih baik daripada cahaya, dengan kemampuan mencapai resolusi sekitar 0,1 - 0,2 nm, sementara cahaya hanya mampu mencapai 200 nm. Elektron berinteraksi dengan atom-atom dalam spesimen, menghasilkan sinyal yang mengandung informasi tentang topografi permukaan, komposisi, serta karakteristik lainnya, termasuk konduktivitas listrik.

Peralatan utama yang terdapat dalam mikroskop elektron atau SEM meliputi:

- 1) Pistol elektron, biasanya terdiri dari filamen yang terbuat dari bahan seperti tungsten, yang mudah melepaskan elektron.
- 2) Lensa untuk elektron, berupa lensa magnetis karena elektron yang bermuatan negatif dapat dipengaruhi oleh medan magnet.
- 3) Sistem vakum, karena elektron sangat kecil dan ringan, sehingga adanya udara dalam ruang akan mengakibatkan pencampuran elektron sebelum mencapai sampel, maka menjaga kondisi vakum sangat penting.



Prinsip kerja SEM adalah sebagai berikut: 1) Pistol elektron menghasilkan sinar elektron dan mempercepatnya dengan anoda. 2) Lensa magnetik memusatkan elektron ke arah sampel. 3) Sinar elektron yang terfokus memindai seluruh sampel dengan bantuan koil pemindai. 4) Ketika elektron bersentuhan dengan sampel, sampel akan menghasilkan elektron tambahan yang kemudian dideteksi dan ditampilkan di layar monitor (CRT).

2.6.5 FTIR

Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR) merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis ikatan kimia dalam molekul dengan menghasilkan spektrum absorpsi inframerah yang berfungsi sebagai "sidik jari" molekul tersebut. Metode ini dapat diterapkan dalam analisis berbagai bentuk zat, baik padat, cair, maupun gas. FTIR adalah istilah yang merujuk pada perkembangan terbaru dalam teknologi ini, di mana data spektrum dikumpulkan dan diubah dengan menggunakan transformasi Fourier. Instrumen FTIR menggantikan peran instrumen dispersif lama dengan bantuan komputer, yang membuat proses analisis menjadi lebih cepat dan lebih sensitif.

2.7 *Design of experiment* (DOE)

Desain eksperimen adalah suatu perencanaan percobaan yang mengatur setiap langkah dan tindakan dengan tepat untuk menghimpun data yang relevan dengan masalah yang sedang diselidiki. Tujuan dari proses desain eksperimen adalah sebagai tahap awal yang perlu dijalani sebelum pelaksanaan eksperimen dilakukan, sehingga memastikan data yang dibutuhkan dapat diperoleh. Dalam desain eksperimen, informasi dikumpulkan sebanyak mungkin dan kemudian digunakan selama tahap penelitian. Terdapat berbagai jenis desain eksperimen, seperti desain pra-eksperimental, desain eksperimen, dan desain eksperimental semu. Dalam penerapan metode DOE (Design of Experiment), perancangan desain dapat diberikan bantuan oleh perangkat lunak seperti Minitab.



al., (2013) mengemukakan bahwa secara umum tujuan desain eksperimen

- a. Menentukan variabel input (faktor) yang berpengaruh terhadap respons.
- b. Menentukan variabel input yang membuat respons mendekati nilai yang diinginkan.
- c. Menentukan variabel input yang menyebabkan variasi respon kecil.

Hasil eksperimen akan memungkinkan pemodelan hubungan antara faktor dengan karakteristik yang sedang diteliti. Pengetahuan hubungan antara faktor dengan karakteristik yang sedang diteliti digunakan untuk memperbaiki mutu produk dan proses dengan :

- a. Optimisasi nilai rata-rata karakteristik produk/proses
- b. Minimasi variasi karakteristik produk / proses.
- c. Minimasi dampak dari variasi yang tidak dapat dikendalikan.

2.7.1 Metode Taguchi

Metode ini merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan resources seminimal mungkin (Sidi et al., 2013). Filosofi Taguchi terhadap kualitas terdiri dari tiga buah konsep, yaitu :

1. Kualitas harus didesain ke dalam produk dan bukan sekedar memeriksanya
2. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target produk harus didesain sehingga robust terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.
3. Biaya kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh system.

Metode Taguchi merupakan off-line quality control artinya pengendalian kualitas yang preventif. Off-line quality control dilakukan pada saat awal dalam life cycle product yaitu perbaikan pada awal untuk menghasilkan produk.

Kontribusi Taguchi pada kualitas adalah :



Loss Function : Merupakan fungsi kerugian yang ditanggung oleh masyarakat (produsen dan konsumen) akibat kualitas yang dihasilkan

2. Orthogonal Array : digunakan untuk mendesain percobaan yang efisien dan digunakan untuk menganalisis data percobaan.
3. Robustness : meminimasi sensitivitas system terhadap sumber-sumber variasi.

Metode ini dibangun berdasarkan pengaturan data ortogonal (orthogonal array, OA), di mana jumlah faktor dan level data telah ditentukan sebelumnya. Hasil dari metode ini berupa rasio sinyal-ke-noise (SN ratio), yang menggambarkan perbandingan antara rata-rata parameter keluaran dengan deviasi standar keluaran. Nilai SN ratio yang tinggi menunjukkan sistem yang optimal karena mengindikasikan tingkat noise yang rendah. Dengan kata lain, SN ratio berfungsi sebagai kriteria objektif dalam proses optimasi, memberikan informasi tentang hasil optimal sistem tersebut (Ivens, 1983).

Karakteristik SN ratio umumnya terdiri dari 3 kriteria, yaitu *larger-the-better*, *smaller-the-better*, dan *nominal-the-best*.

e. *Larger-the-better* (LB)

$$S/N \text{ ratio} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (10)$$

Persamaan ini digunakan ketika kita ingin mencapai nilai maksimal karakteristik data di antara data keluaran lainnya, atau dengan kata lain, ketika "lebih besar lebih baik." Di sini, n adalah jumlah replikasi, dan y adalah data yang diamati.

f. *Smaller-the-better* (SB)

$$S/N \text{ ratio} = -10 \log \left(\frac{\bar{y}^2}{s^2} \right) \quad (12)$$

Persamaan ini diterapkan jika karakteristik data yang diinginkan bernilai minimal antara data keluaran yang lain atau bersifat lebih kecil lebih baik.



g. *Nominal-the-best* (NB)

$$S/N \text{ ratio} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (14)$$

Dimana \bar{y} adalah target data yang diharapkan dan s adalah standar deviasi. Persamaan ini diterapkan jika karakteristik data yang diinginkan mendekati atau sama dengan target data.

Tujuan dari metode Taguchi adalah untuk merancang percobaan (design of experiment, DOE) yang menggabungkan kombinasi faktor percobaan dengan tingkat-nilai tertentu. Kombinasi ini dikenal sebagai orthogonal array (OA). Melalui penggunaan OA metode Taguchi, kita dapat mengurangi jumlah variasi dalam kombinasi variabel dengan hanya memasukkan faktor-faktor yang memiliki dampak pada parameter keluaran.

