

SKRIPSI

**ANALISIS KEKUATAN MEKANIK KOMPOSIT TENUNAN
SERAT SUTRA TERHADAP PENAMBAHAN WARNA YANG
DIPERKUAT RESIN EPOXY**

Disusun dan diajukan oleh :

FARHAN TAHIR

D021 19 1027



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

SKRIPSI

ANALISIS KEKUATAN MEKANIK KOMPOSIT TENUNAN SERAT SUTRA TERHADAP PENAMBAHAN WARNA YANG DIPERKUAT RESIN EPOXY

FARHAN TAHIR
D021191027

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana pada 13 Agustus 2024 dan
dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada



Mengesahkan:

Pembimbing tugas akhir,



Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, M.T.
NIP 19650630 1991 01 1 004

Mengetahui:

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 "Analisis Kekuatan Mekanik Komposit Tenunan Serat Sutra Terhadap Penambahan Warna yang Diperkuat Resin Epoxy" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT sebagai Pembimbing Utama). 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.

Gowa, 10 Agustus 2024



Farhan Tahir.
D021191027

ABSTRAK

Farhan Tahir. Analisis Kekuatan Mekanik Komposit Tenunan Serat Sutra Terhadap Penambahan Warna Yang Diperkuat Resin *Epoxy* (dibimbing oleh Zulkifli)

Pada dasarnya material komposit merupakan jenis material yang memiliki dua atau lebih unsur penyusun berbeda yang digabung menjadi suatu bentuk material solid namun tetap mempertahankan sifat mekanik dari masing-masing material penyusunnya. Saat ini bahan komposit yang diperkuat dengan serat merupakan bahan teknik yang banyak digunakan karena kekuatan dan kekakuan spesifik yang jauh di atas bahan teknik pada umumnya, sehingga sifatnya dapat didesain mendekati kebutuhan. Pada saat ini peralihan material dari logam menuju komposit juga sangatlah diminati di berbagai bidang diantaranya pada bidang otomotif, konstruksi bangunan, transportasi, perkapalan, dirgantara, kesehatan dan berbagai macam lainnya. Latar belakang dari pemilihan material yang beralih dari logam menuju komposit ini didasari dari massa komposit yang rendah dan memiliki unjuk kerja mekanik yang tinggi dan dapat dibuat sesuai keinginan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh komposit serat sutra yang diperkuat resin epoxy dengan variasi pewarnaan terhadap kekuatan tarik, pengaruh komposit serat sutra yang diperkuat resin epoxy dengan variasi pewarnaan terhadap pengujian bending dan pengaruh komposit serat sutra yang diperkuat resin epoxy dengan variasi pewarnaan terhadap pengujian impak. Kekuatan tarik, Hasil uji bending, dan kekuatan tarik pada komposit serat sutera setelah di uji dengan menggunakan parameter pewarnaan berupa komposit serat sutra 2 warna, 3 warna dan 4 warna. Hasil dari pengujian tarik serat tenunan sutra cenderung mengurangi kekuatan tarik komposit serat sutera. Serta penambahan warna mengakibatkan penurunan nilai regangan yang menunjukkan bahwa komposit serat sutera menjadi kurang elastis seiring dengan penambahan warna. Sementara pengujian bending ketika menambahkan warna dapat mempengaruhi kekuatan bending komposit serat sutera menjadi meningkat. Dan di pengujian Impak Tenaga patahan juga menunjukkan peningkatan yang jelas dengan bertambahnya jumlah warna. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penambahan warna memperkuat kemampuan serat untuk menyerap energi sebelum patah.

Kata Kunci : Kekuatan Mekanik, Komposit, Serat Sutra, Warna, *Epoxy*

ABSTRACT

Farhan Tahir. *Mechanical Strength Analysis of Silk Fiber Woven Composites Against Color Addition Reinforced by Epoxy Resin (supervised by Zulkifli).*

Basically, a composite material is a type of material that has two or more different constituent elements that are combined into a solid material form but still retains the mechanical properties of each constituent material. Currently, fiber-reinforced composite materials are widely used engineering materials because of their specific strength and stiffness that are far above the general engineering materials, so that their properties can be designed close to the needs. At present, the transition of materials from metals to composites is also in great demand in various fields including automotive, building construction, transportation, shipping, aerospace, health and various others. The background of the selection of materials that switch from metals to composites is based on the low mass of composites and has high mechanical performance and can be made as desired. This study aims to analyze the effect of silk fiber composites reinforced with epoxy resin with coloring variations on tensile strength, the effect of silk fiber composites reinforced with epoxy resin with coloring variations on bending testing and the effect of silk fiber composites reinforced with epoxy resin with coloring variations on impact testing. tensile strength, bending test results, and tensile strength on silk fiber composites after being tested using coloring parameters in the form of 2-color, 3-color and 4-color silk fiber composites. The results of tensile testing of silk woven fibers tend to reduce the tensile strength of silk fiber composites. And the addition of color results in a decrease in the strain value which indicates that the silk fiber composite becomes less elastic with the addition of color. While bending testing when adding color can affect the bending strength of silk fiber composites to increase. And in the impact test, the fracture strength also shows a clear increase with the increase in the number of colors. This increase indicates that the addition of color strengthens the fiber's ability to absorb energy before fracture.

Keywords: Mechanical Strength, Composite, Silk Fiber, Color, Epoxy

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
KATA PENGANTAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum Serat Sutera	6
2.1.1 Karakteristik Serat Sutra	6
2.1.2 Jenis Tenunan Serat Sutra	7
2.2 Pewarnaan pada Serat	11
2.2.1 fungsi warna pada komposit.....	12
2.2.2 Jenis Pewarnaan Serat Sutera.....	14
2.2.3 Teknik Pewarnaan Serat	15
2.3 Matrix Penguat Komposit	16
2.3.1 Jenis-Jenis Resin	17
2.3.2 Karakteristik Resin Epoxy	19
2.4 Tinjauan Umum Serat Komposit	21
2.4.1 Serat Sintetis.....	21
2.4.2 Serat Alam.....	22
2.5 Tinjauan Umum Komposit	22
2.5.1 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Penguat.....	24

2.5.2	Sifat-Sifat Material Komposit	26
2.5.3	Kelebihan dan Kekurangan Material Komposit	27
2.6	Proses Manufaktur Komposit	28
2.7	Pengujian Sifat Mekanik	34
2.7.1	Pengujian Tarik (<i>Tensile Test</i>)	34
2.7.2	Uji Bending	36
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	43
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	43
3.2	Alat dan Bahan	43
3.2.1	Alat yang Digunakan	43
3.2.2	Bahan yang Digunakan	49
3.3	Metode Penelitian	51
3.4	Pelaksanaan Penelitian	52
3.4.1	Persiapan Alat dan Bahan	52
3.4.2	Pengolaan Serat Sutra	52
3.4.3	Pengukuran Cetakan dan Komposisi Material	52
3.4.4	Proses Pencetakan Panel Komposit	53
3.4.5	Persiapan Pembuatan Spesimen	54
3.5	Diagram Alir Penelitian	56
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	57
4.1	Pengujian Tarik	57
4.2	Pengujian Bending	61
4.3	Pengujian <i>Impact</i>	64
4.4	Perbandingan Hasil Uji Mekanis	67
BAB V	PENUTUP	70
5.1	Kesimpulan	70
5.2	Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Silang Polos (silang lenan).....	8
Gambar 2. Silang Kepar.....	9
Gambar 3. Silang Satin	10
Gambar 4. Fibrous composites.....	25
Gambar 5. <i>Komposit structural</i>	25
Gambar 6. Particulate composites.....	26
Gambar 7. Vacuum bag.....	30
Gambar 8. Metode Injection molding.....	33
Gambar 9. Metode Continuous pultrusion.....	34
Gambar 10 Dimensi Spesimen Uji Tarik (ASTM D 638- 02)	36
Gambar 11 Dimensi Spesimen Uji Bendi ASTM D790-02	37
Gambar 12 Penampang Uji Bendi ASTM D790-02	37
Gambar 13. Dimensi Spesimen Uji impak ASTM D5942-96.....	41
Gambar 14. Penampakan patah berserat	41
Gambar 15. Penampakan patah granular	42
Gambar 16. Timbangan digital.....	43
Gambar 17. Alat press hidrolik dan dongkrak	43
Gambar 18. Cetakan Baja	44
Gambar 19. Scroll saw	44
Gambar 20. Gelas Takar/Ukur	44
Gambar 21. Sumpit	45
Gambar 22. Gelas Tuang.....	45
Gambar 23. Pisau Cat.....	46
Gambar 24. Amplas.....	46
Gambar 25. Kuas.....	46
Gambar 26. Plastisin	47
Gambar 27. Waterpass.....	47
Gambar 28. Laptop.....	47
Gambar 29. Alat Uji Tarik.....	48
Gambar 30. Alat Uji Impact.....	48

Gambar 31. Alat Uji Bending.....	49
Gambar 32. Sutra 2 warna.....	49
Gambar 33. Sutra 3 warna.....	49
Gambar 34. Sutra 4 warna.....	50
Gambar 35. (a) Resin Epoksi (b) Epoksi hardener	50
Gambar 36. Mold release wax	51
Gambar 37. Desain Cetakan panel Komposi	52
Gambar 38. Dimensi spesimern Uji Tarik (ASTM D638-01).....	55
Gambar 39. Dimensi spesimern uji lentur (ASTM D790-02).....	55
Gambar 40. Dimensi Spesimen Uji Impak (Standar ASTM D5942-96).....	55
Gambar 41. Grafik hubungan antara tegangan Tarik komposit serat sutra dengan jumlah warna.....	58
Gambar 42. Grafik hubungan antara regangan Tarik komposit serat sutra dengan jumlah warna.....	59
Gambar 43. Grafik hubungan antara modulus elastisitas komposit serat sutra dengan jumlah warna	60
Gambar 44. Grafik hubungan antara tegangan bending komposit serat sutra dengan jumlah warna.....	62
Gambar 45. Grafik hubungan antara regangan bending komposit serat sutra dengan jumlah warna.....	63
Gambar 46. Grafik hubungan antara Modulus elastisitas bending komposit serat sutra dengan jumlah warna.....	64
Gambar 47. Grafik hubungan antara kekuatan impak bending komposit serat sutra dengan jumlah warna	65
Gambar 48. Grafik hubungan antara tenaga patahan komposit serat sutra dengan jumlah warna.....	66
Gambar 49 Perbandingan Hasil Uji Tarik	67
Gambar 50 Perbandingan Hasil Uji Bending	68
Gambar 51 Tabel Perbandingan Hasil Uji Impak	69

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Keterangan dimensi ukuran dari gambar spesimen uji tarik	36
Tabel 3. Data hasil uji Tarik komposit serat sutra dengan variasi warna	57
Tabel 4. Data hasil uji bending komposit serat sutra dengan variasi warna	61
Tabel 5. Data hasil uji impak komposit serat sutra dengan variasi warna	64
Tabel 6. Data hasil uji impak tenaga patahan komposit serat sutra dengan variasi warna	65

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Alhamdulillah Robbil Alamin. Segala puji syukur di panjatkan kepada Allah SWT karena-Nya lah penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan judul Analisis Kekuatan Mekanik Komposit Tenunan Serat Sutra Terhadap Penambahan Warna Yang Diperkuat Resin *Epoxy*. Skripsi ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penelitian ini masih jauh dari kata sempurna karena sadar dengan keterbatasan yang dimiliki oleh penulis, namun dengan arahan serta bimbingan dan dari berbagai pihak yang terus ada baik berupa dukungan moril maupun material, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Persembahkan skripsi ini untuk yang selalu bertanya: “Kapan Skripsi mu selesai?” Terlambat lulus atau lulus tidak tepat waktu bukan sebuah kejahatan dan bukan sebuah aib. Karena sebaik-baiknya skripsi adalah skripsi yang selesai, baik itu selesai tepat waktu maupun tidak tepat waktu.

Tak lupa penulis juga menyampaikan banyak terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya atas segala dukungan, nasehat, bimbingan dan arahan dalam mempermudah penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, Dengan rasa syukur yang mendalam, dengan telah diselesaikannya skripsi ini Penulis berterima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. orang tua saya. Bapak, Muh. Tahir Dg. Boko, dan Mama, Kasmawati Dg. Caya dan saudara/i yang selalu mendukung dan mendoakan penulis. Thank you, for your unconditionally love.
2. Dosen Pembimbing saya Bapak Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, M.T. Yang telah meluangkan waktu untuk membantu penulis dalam proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Muhammad Syahid, S.T., M.T. dan Bapak Fauzan, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua dan Sekretaris Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

4. Seluruh dosen Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin yang telah membimbing dan memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama masa perkuliahan.
5. Dosen sekaligus tim penguji, Bapak Prof. Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, M.T. dan Bapak Rudi, S.T., M.T. yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan, membantu dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Staff Administrasi Akademik Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin, Kak yaya yang telah banyak membantu dan memberikan kemudahan terhadap penulis dalam proses administrasi akademik selama perkuliahan.
7. Teman-teman Laboratorium Mekanika Terpakai yang selalu memotivasi dan tidak pernah Lelah untuk berjuang Bersama dalam menyelesaikan tugas akhir.
8. Saudara BRUZHLEZZ yang telah memberikan banyak pengalaman dan cerita di dalam kehidupan penulis. Jangan ragu dan takut melihat dunia semua akan baik dan taklukkan hidup ini berbekal rasa percaya diri karena semua akan mudah bila kita kuat Bersama.
9. Keluarga Sakinah Mapala 09 SMFT-UH memberikan pengalaman,cerita, serta doa selama penulis berada di Kampus Teknik Universitas Hasanuddin.
10. Kanda MPL 09 24 283 yang selalu mendorong penulis untuk menyelesaikan masa perkuliahan dan tak pernah lelah dalam menghadapi segala problematika yang terjadi.
11. Saudara TEKNIK 2019, yang telah meluangkan waktunya untuk berjuang bekerja keras, dan pantang menyerah dalam menghadapi semua dinamika di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
12. Saudara “Dinamiz09” yang telah memberikan banyak pengalaman, cerita, serta tempat untuk terus bertumbuh bersama dari masa kemasa selama penulis berada di Kampus Merah Hitam.
13. Kepada PT. Tamenena Group Berterima kasih banyak atas dukungan dan Motivasi serta doa yang diberikan dalam menyelesaikan skripsi ini.

14. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu dengan semua bantuan dan dukungan hingga penyelesaian tugas akhir ini
- Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini banyak kekurangan dan memerlukan perbaikan oleh karena itu dengan segala hal keterbukaan penulis mengharapkan masukan dari semua pihak akhir kata semoga tuhan yang Maha Esa melimpahkan berkat dan karunianya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya dalam bidang Teknik Mesin

Makassar, 10 Agustus 2024

(Penulis)

Farhan Tahir

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat mendorong banyaknya penemuan beberapa teknologi alternatif sebagai cara dalam memenuhi kebutuhan masyarakat. Khususnya pada bahan material, bahan material yang dibutuhkan adalah bahan material yang berkualitas dan memiliki sifat mekanik yang tinggi. Komposit adalah salah satu alternatif untuk menghasilkan material yang dari sifat mekaniknya lebih baik dari material lainnya. (Manurung, Septiana.2015)

Pada dasarnya material komposit merupakan jenis material yang memiliki dua atau lebih unsur penyusun berbeda yang digabung menjadi suatu bentuk material solid namun tetap mempertahankan sifat mekanik dari masing-masing material penyusunnya. Saat ini bahan komposit yang diperkuat dengan serat merupakan bahan teknik yang banyak digunakan karena kekuatan dan kekakuan spesifik yang jauh di atas bahan teknik pada umumnya, sehingga sifatnya dapat didesain mendekati kebutuhan (Bhoopathi, 2014)

Pada saat ini peralihan material dari logam menuju komposit juga sangatlah diminati di berbagai bidang diantaranya pada bidang otomotif ,konstruksi bangunan, transportasi, perkapalan, dirgantara, kesehatan dan berbagai macam lain nya. Latar belakang dari pemilihan material yang beralih dari logam menuju komposit ini didasari dari massa komposit yang rendah dan memiliki unjuk kerja mekanik yang tinggi dan dapat dibuat sesuai keinginan. Salah satu contoh komponen yang diterapkan dalam dunia otomotif adalah dashboard, panel instrumen, sandaran kursi, panel samping dan pintu, pelapis ban serep, panel penutup pilar, trim pelindung bawah bodi, pelapis bagasi, dan panel headliner (Sulaiman,2018).

Contoh lain adalah dari PT. Toyota yang juga memanfaatkan komposit untuk komponen panel interior pada mobil produknya, dan juga perusahaan Jerman juga menerapkan pembuatan panel pada mobil Mercedes A-200 menggunakan serat

alam. Sedangkan dalam dunia kesehatan komposit juga mulai di pandang sebagai material maju karena memiliki massa yang ringan. Contohnya adalah seperti yang dilakukan pada pembuatan kaki palsu bagi penyandang disabilitas, dimana bagian bagian penyangga tertentu seperti pylon dan foot yang sebelumnya banyak berbahan logam mulai digantikan menggunakan komposit dengan harapan apabila massa yang dimiliki lebih ringan maka gerak dari pengguna kaki palsu akan menjadi lebih leluasa dan hemat energi (Yanto, D. D. (2022)

Meskipun kemajuan menuju produksi berkelanjutan sudah terlihat, pemilihan bahan baku yang memenuhi persyaratan keberlanjutan terus menjadi tantangan. dalam proses pemilihan bahan baku produk ramah lingkungan, kebutuhan untuk mencari bahan alternatif pengganti serat sintetis menjadi meningkat. Dengan demikian, serat berbasis alami dipandang sebagai alternatif yang sangat baik. Modifikasi serat alami untuk menyaingi kinerja mekanik serat sintetis telah diteliti oleh banyak penelitian dan memperlihtakan hasil yang cukup berbanding dalam hal kekuatan. Serat alam juga memiliki keunggulan dalam kekuatan spesifiknya, lebih ringan, mudah terdegradasi di alam dan ramah lingkungan.

Sutra atau sutera merupakan serat protein alami yang dapat ditenun menjadi tekstil. Jenis sutra yang paling umum adalah sutra dari kepompong yang dihasilkan larva ulat sutra murbei (*Bombyx mori*) yang ditenak. Sutra memiliki tekstur mulus, lembut, namun tidak licin. Warna berkilauan yang menjadi daya tarik sutra berasal dari struktur seperti prisma segitiga dalam serat tersebut yang membuat kain sutra dapat membiaskan cahaya dari berbagai sudut. Sutra secara tradisional sebagai serat tekstil profil tinggi dan telah populer digunakan dalam biomaterial, perangkat elektronik dan optik, serta untuk komposit struktural. Mirip dengan kebanyakan bahan alami, morfologi struktural serat sutra alami bersifat hierarkis, dengan makro mekanisnya yang berasal dari nano-fibrillar dan semi- kristal nano struktur Serat kepompong ulat sutra (*Bombyx mori* L.) memiliki kandungan fibroin yang menjadikan kekuatan mekanis serat cukup tinggi. Ini adalah salah satu serat terkuat yang diproduksi di alam, kekuatan spesifik cukup tinggi sangat elastis.

Penelitian sebelumnya oleh Murdyanto (2021) menyimpulkan bahwa penambahan serat kepompong ulat sutra berpengaruh terhadap kekuatan fleksural

(tekan) resin komposit flowable sebesar 600 Mpa dan penambahan serat kepompong ulat sutra dapat meningkatkan kekuatan fleksural resin komposit flowable dan extensibility sebesar 18 %. pada penelitian sebelumnya juga yang dilakukan oleh Adzhana Hadyan (2020) mengenai komposit yang di perkuat serat sutra menyatakan bahwa Penambahan serat sutra berpengaruh terhadap kekuatan tarik diametral resin komposit flowable dan meningkatkan kekuatan tarik diametral resin komposit flowable.

Penelitian dari Kondo, N., & Naka, K. (2000) menunjukkan bahwa sutra B. mori lebih baik dari Kevlar atau baja dalam hal perpanjangan, saat gagal Memiliki kapasitas yang baik untuk menyerap energi dan membuang energi dalam waktu yang sangat lama. Oleh Karena itu, hubungan antar serat dalam komposit kain tenun yang mencegah pertumbuhan kerusakan memberikan peningkatan kekuatan mekanik khususnya ketangguhan impak serta peningkatan resistensi terhadap dampak yang diharapkan.

Oleh karena itu, berdasarkan latar belakang di atas, maka akan di kembangkan penelitian dengan judul “ANALISIS KEKUATA MEKANIK KOMPOSIT TENUNAN SERAT SUTRA TERHADAP PENAMBAHAN WARNA YANG DIPERKUAT RESIN EPOXY”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan terkait penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh komposit serat sutra yang diperkuat resin epoxy dengan variasi pewarnaan terhadap kekuatan tarik?
2. Bagaimana pengaruh komposit serat sutra yang diperkuat resin epoxy dengan variasi pewarnaan terhadap pengujian bending?
3. Bagaimana pengaruh komposit serat sutra yang diperkuat resin epoxy dengan variasi pewarnaan terhadap pengujian impak?

1.3 Tujuan Penelitian

Setelah mengetahui latar belakang dan rumusan masalah diatas, adapun tujuan

dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh komposit serat sutra yang diperkuat resin epoxy dengan variasi pewarnaan terhadap kekuatan tarik.
2. Menganalisis pengaruh komposit serat sutra yang diperkuat resin epoxy dengan variasi pewarnaan terhadap pengujian bending.
3. Menganalisis pengaruh komposit serat sutra yang diperkuat resin epoxy dengan variasi pewarnaan terhadap pengujian impak.

1.4 Batasan Masalah

Agar tujuan yang diinginkan dapat dicapai dengan maksimal, maka penelitian ini dibatasi beberapa hal yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan serat sutra yang sudah di warnai dan ditenun.
2. Material serat sutra yang digunakan menggunakan jenis tenunan Silang Polos (silang lenan).
3. Variasi warna yang digunakan berjumlah 2 warna, 3 warna dan 4 warna.
4. Ukuran spesimen uji tarik menggunakan standar uji ASTM D638-02.
5. Ukuran Spesimen uji bending menggunakan standar uji ASTM D790-02.
6. Ukuran Spesimen uji bending menggunakan standar uji ASTM D5942-96.
7. Spesimen dibuat berdasarkan struktur laminated.
8. Spesimen yang dibuat menggunakan cetakan besi.
9. Matrix yang digunakan sebagai perekat komposit yaitu Epoxy Resin jenis Bisphenol A-Epicloroydrin dan Epoxy Hardener jenis Polyaminoamide.
10. Pengujian yang dilakukan adalah Uji tarik, Bending dan impak.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, sebagai berikut:

1. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan gambaran secara kuantitatif dan kualitatif bagaimana perpaduan kekuatan mekanik komposit tenunan serat sutra dan resin epoxy.

2. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat berkontribusi dalam perkembangan ilmu dan teknologi manufaktur bidang rekayasa material khususnya komposit serat alam.
3. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi peneliti yang ingin meneliti komposit serat alam khususnya serat sutra.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Serat Sutera

Sutra atau sutera adalah serat protein alami yang dapat ditenun menjadi tekstil. Jenis sutra yang paling umum adalah sutra kepompong yang dihasilkan oleh larva ulat sutra murbei (*Bombyx mori*) yang ditenakan. Sutra memiliki tekstur mulus, lembut, tetapi tidak licin. Rupa berkilauan yang menjadi daya tarik sutra berasal dari struktur seperti prisma segitiga dalam serat tersebut yang membuat kain sutra dapat membiaskan cahaya dari berbagai sudut. (Stekom, 2007)

Sutra bukan hanya dihasilkan oleh larva serangga yang bermeta morfosis lengkap, tetapi juga dihasilkan oleh beberapa serangga dewasa seperti *Embioptera*. Produksi sutra juga kerap dijumpai khususnya pada serangga ordo hymenoptera (lebah, tabuhan, dan semut), dan kadang kala digunakan untuk membuat sarang. Jenis-jenis arthropoda yang lain juga menghasilkan sutra, terutama arachnida seperti laba- laba. Untuk kain sutra dari jaring laba- laba atau disebut Qmonos diklaim memiliki kekuatan tiga kali lebih kuat dari Kevlar (bahan yang biasa digunakan untuk rompi anti peluru) serta lima kali lebih kuat dari baja.

2.1.1 Karakteristik Serat Sutra

Karakteristik utama dari serat sutra yang paling menarik yakni kekuatannya. Hal ini berasal dari panjang serat yang berkesinambungan. Tidak hanya itu, terdapat pula banyak karakteristik serat sutra lainnya, seperti:

a. Kekuatan dan daya tahan

Sutra merupakan serat alami terkuat, meski kekuatannya akan berkurang saat dalam keadaan basah. Dalam pengolahannya, sutra juga dicampur dengan serat lain, seperti kapas, yang berguna untuk menambah kekokohan.

b. Elastis

Sutra memiliki karakter yang elastis dan fleksibel sehingga memungkinkannya untuk kembali ke bentuk semula setelah meregang sampai batas tertentu.

c. Mudah menyerap

Karakternya yang mudah menyerap air dapat melemahkan serat. Oleh karena itu, perlu perawatan yang intens dan penuh kehati-hatian pada saat mencuci. Kendati demikian, sutra dapat memberikan kelembaban yang cukup baik pada pakaian.

d. Kecepatan pengeringan

Karakternya yang cepat kering membuat proses pencucian menjadi sangat praktis dan tidak memakan waktu lama.

e. Regulasi termal

Sutra dikenal bagus untuk menjaga suhu tubuh. Serat ini dapat membuat anda merasa sejuk pada cuaca panas dan merasa hangat di cuaca dingin. Jika mencari kain yang tipis dan insulator yang baik, sutra merupakan pilihan yang tepat.

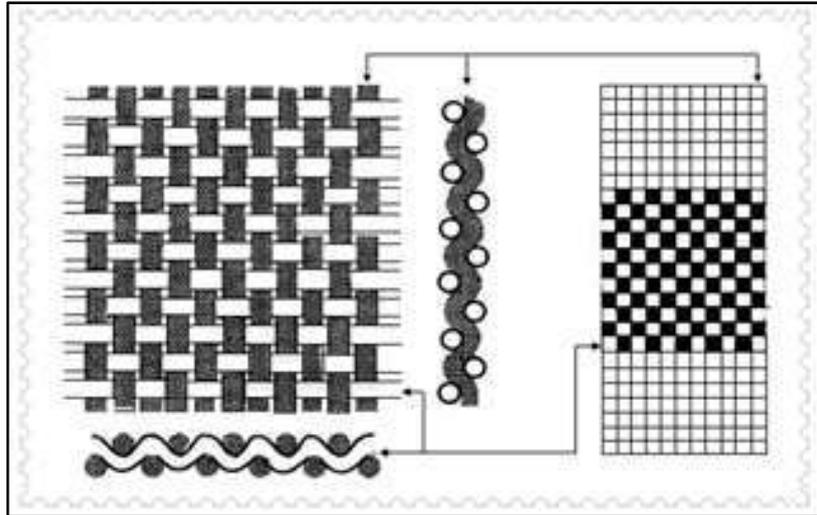
f. Berkilau

Berbeda dari wol yang memiliki sisik, serat sutra memiliki karakter yang halus dan lurus sehingga sutra lebih halus saat disentuh serta berkilau, sehingga memberikan nuansa kemewahan (Luthfiyyah Ans, 2021)

2.1.2 Jenis Tenunan Serat Sutra

Secara umum konstruksi tenunan terjadi karena susunan benang lusi dan benang pakan. Benang lusi adalah benang yang membujur menurut panjang bahan, benang pakan adalah benang yang melintang menurut lebar bahan. Tenunan adalah proses pembuatan bahan tekstil yang dilakukan melalui persilangan antara benang lusi dan benang pakan pada sudut yang tepat satu sama lain (90 derajat). Silang tenun terdiri dari bermacam macam silang dasar dan variasinya. Silang dasar dikelompokkan menjadi tiga yaitu, silang polos, silang satin dan silang kepar

1. Silang Polos (Silang Lenan)



Gambar 1. Silang Polos (silang lenan)

Silang polos mempunyai persilangan yang paling banyak antara benang lusi dan benang pakan. Disebut juga dengan silang lenan karena seluruh bahan lenan ditenun dengan silang polos. Bahan tekstil yang ditenun dengan silang polos mempunyai permukaan yang sama antara bagian yang baik dan bagian yang buruk.

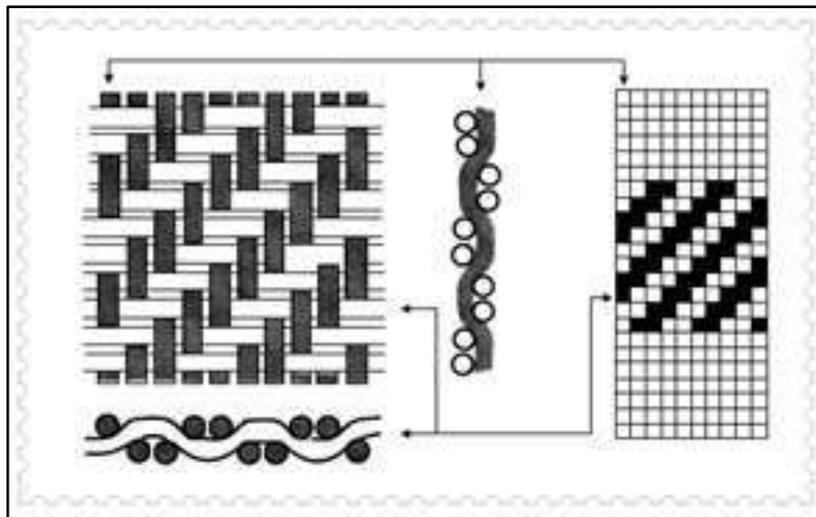
Silang polos merupakan bentuk silang yang paling tua dan paling banyak dipergunakan untuk produksi bahan tekstil. Kelebihan silang polos antara lain kuat karena banyak persilangannya dan licin karena persilangan dekat satu sama lain, serta tidak mudah bertiras dan benangnya tidak mudah tersangkut. Kontruksi bahan tekstil yang dibuat dengan silang polos paling sedikit terdiri dari dua benang lusi dan dua benang pakan. Meskipun tenunan polos sangat sederhana, namun dapat dikembangkan dalam berbagai variasi.

Ada beberapa jenis turunan silang polos yang digunakan apabila benang pakan dan benang lusi pada tenunan yang tidak sama besar.

- Alur Lusi (Alur Bintang). Disebut alur lusi atau alur lintang karena benang lusi lebih banyak terlihat diatas tenunan. Alur ini terjadi apabila sehelai benang pakan besar atau beberapa helai benang lusi disatukan. Karena benang pakan lebih besar dari pada benang lusi maka terjadi alur yang melintang pada tenunan. Pada alur lusi, benang pakan sama sekali tidak terlihat.

- Alur pakan (Alur Bujur). Disebut alur pakan atau alur bujur karena alur benang lusi lebih besar dari pada benang pakan, atau beberapa benang lusi disatukan. Karena benang lusi lebih besar maka terjadi alur membujur. Oleh sebab itu benang pakan yang lebih banyak terlihat di atas, karenanya disebut alur pakan. (Nanang Ajim,2016)

2. Silang Kepar

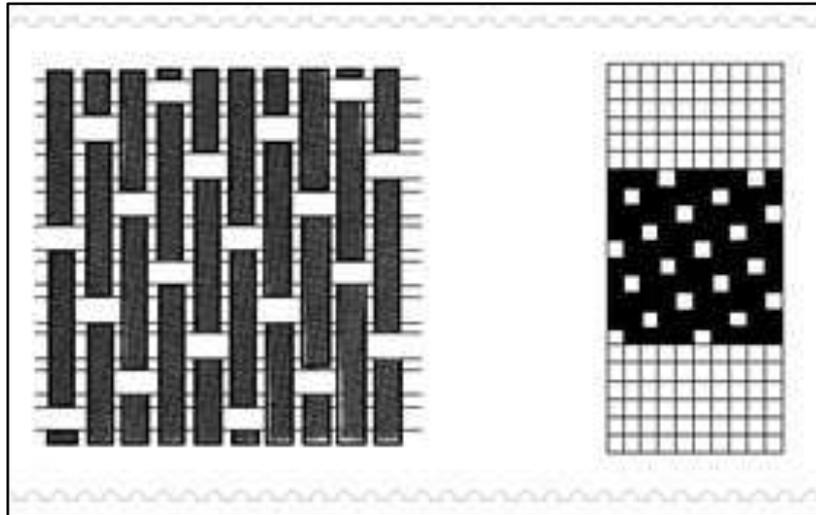


Gambar 2. Silang Kepar

Pada bagian baik dari tenunan silang kepar terlihat alur yang arahnya serong ke kiri atau ke kanan. Timbal balik silang kepar tidak sama, kecuali pada kepar timbal balik. Pada bagian baik tenunan terlihat lebih berkilau sedikit dari bagian buruk. Pada salah satu bagian lebih banyak terlihat benang lusi dari pada benang pakan, pada bagian yang lain sebaliknya. Apabila pada bagian baik tenunan terlihat banyak lusi, disebut kepar lusi. Apabila terlihat banyak benang pakan, disebut kepar pakan.

Variasi silang kepar antara lain, silang kepar timbal balik, kepar diperkuat, kepar tulang banyak, kepar tulang ikan, kepar silang, dan kepar biku. Silang kepar lebih kuat daripada silang polos, karena lebih banyak benang yang dipergunakan untuk silang kepar juga lebih berat daripada silang polos. Bahan tekstil yang dihasilkan ditenun kepar ialah: drill, gabardine, bahan Kasur, dan veterban. (Nanang Ajim, 2016)

3. Silang Satin



Gambar 3. Silang Satin

Membuat tenunan dengan silang satin paling sedikit memerlukan lima gun, oleh karena itu disebut satin silang lima. Gambaran yang sekecil-kecilnya dari silang satin ialah lima lusi dan lima pakan. Satin itu disebut satin lusi apabila yang terlihat di atas bahan banyak benang lusi. Disebut satin pakan apabila yang terlihat di atas bahan banyak benang pakan. Biasanya tenunan satin lima gun ditulis 4:1, artinya empat benang lusi di atas dan satu benang pakan di bawah. Kemungkinan yang lain 1: 4 artinya satu benang lusi di atas dan empat benang pakan di bawah.

Keuntungan silang satin ialah untuk mendapatkan tenunan yang berkilau, tenunan akan lebih kuat karena memerlukan lebih banyak benang, mendapatkan tenunan berpori, benang yang kurang baik dapat disembunyikan. Untuk membuat silang satin dapat digunakan benang yang kurang baik, karena benang yang kurang baik ini dapat disembunyikan dari permukaan tenunan itu. (Nanang Ajim, 2016)

2.2 Pewarnaan pada Serat

Sebelum dilakukan pencelupan dengan larutan zat warna alam bahan sutera perlu dilakukan beberapa proses persiapan sebagai berikut:

1. Proses Mordanting

Proses mordanting pada kain sutera dilakukan terlebih dahulu sebelum pemberian warna. Proses mordanting ini bertujuan agar penyerapan zat warna alam terhadap bahan sutera meningkat, serta menghasilkan kerataan dan ketajaman warna yang baik. Proses mordanting dilakukan sebagai berikut : Bahan sutera yang akan diwarnai direndam dalam larutan 2gr sabun netral (sabun sunlight batangan) atau TRO (Turkey Red Oil) setiap 1 liter air. Perendaman dilakukan selama 2 jam sampai 12 jam. Setelah itu bahan dicuci dan dianginkan. Selanjutnya dibuat larutan suatu tawas dalam air dengan perbandingan 8gr tawas setiap 1 liter air) setiap 1 liter air. Kemudian diaduk hingga larut. Setelah itu, larutan tersebut dipanaskan hingga 60°C, lalu bahan sutera dimasukkan, dan suhu larutan dijaga konstan (40 - 60°C) selama 1 jam. Setelah itu hentikan pemanasan dan bahan sutera dibiarkan terendam dalam larutan selama semalam. Setelah perendaman semalam dalam larutan tersebut, kain diangkat dan dibilas (jangan diperas) lalu dikeringkan dan disetrika. Kain sutera yang telah dimordanting tersebut siap dicelup dengan larutan zat warna alam. (Asiani Abu, 2016)

2. Proses Pencelupan

Dengan Zat Warna Alam Setelah bahan sutera dimordanting dan larutan fixer siap maka proses pencelupan segera dilakukan. Larutan zat warna alam hasil proses ekstraksi disiapkan dalam tempat pencelupan. Bahan sutera yang telah dimordanting dimasukkan kedalam larutan zat warna alam dan direndam selama 15-30 menit. Selanjutna bahan sutera tersebut dimasukkan kedalam larutan fixer dan direndam selama 10 menit. Kemudian bahan sutera dibilas dan cuci lalu keringkan. Setelah itu maka bahan sutera telah selesai diwarnai dengan larutan zat warna alam. Pencelupan dengan zat warna alam biasanya dilakukan dengan berulang-ulang untuk mendapatkan warna yang diinginkan. Artinya setelah dicelup

kemudian ditiriskan (dianginkan beberapa waktu), dicelup lagi berulang kali hingga diperoleh warna yang diinginkan kemudian baru difixer dan dikeringkan. Ada juga yang dilakukan dengan dicelup kemudian difixer, celup lagi difixer berulang ulang hingga diperoleh warna yang diinginkan baru kemudian dikeringkan. (Asiani Abu,2016)

3. Proses Fiksasi

Proses pengunci warna (fiksasi) dilakukan agar zat warna alam yang terserap pada bahan sutera memiliki ketahanan luntur yang baik. Ada 3 jenis larutan fixer yang biasa digunakan yaitu tunjung (FeSO_4), tawas, atau kapur tohor (CaCO_3). Untuk itu sebelum melakukan pencelupan kita perlu menyiapkan larutan fixer terlebih dengan cara mengambil salah satu bahan fixer tersebut lalu dilarutkan dalam air dengan perbandingan 50 gr per liter air. Larutan tersebut dibiarkan mengendap lalu larutan beningnya diambil. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian (Handayani dan Mualimin, 2013) bahwa zat pengikat dapat mempengaruhi kenampakan warna yang dihasilkan. (Asiani Abu, 2016)

2.2.1 fungsi warna pada komposit

Untuk meningkatkan ketahanan serat komposit dalam uji mekanik, pilihan warna biasanya tidak langsung mempengaruhi kekuatan mekanik. Namun, pemilihan warna dapat berhubungan dengan jenis pelapis atau aditif yang digunakan untuk memperkuat serat. Berikut adalah beberapa jenis warna serta pengaplikasian yang dapat berkontribusi pada peningkatan ketahanan mekanik:

1. Pengelolaan Suhu

Fungsi: Warna dapat mempengaruhi bagaimana material menyerap atau memantulkan panas, yang dapat mempengaruhi kinerja material di bawah suhu ekstrem. Contoh: Warna gelap dalam pelapis dapat membantu mengelola suhu dengan meningkatkan penyerapan panas, yang berguna dalam aplikasi di lingkungan panas.

2. Pelapis Pelindung

Fungsi: Warna dalam pelapis dapat menyediakan perlindungan terhadap faktor lingkungan seperti UV, kelembapan, dan bahan kimia. Contoh: Pelapis berwarna terang, seperti putih atau perak, sering mengandung agen anti-UV yang melindungi matriks komposit dari degradasi akibat paparan sinar matahari, menjaga kekuatan mekanik komposit.

3. Aditif Penguat

Fungsi: Pigmen atau aditif berwarna sering kali mengandung partikel penguat yang dapat meningkatkan kekuatan mekanik material. Contoh: Pigmen berbasis nano atau aditif berwarna yang mengandung serat tambahan dapat memperbaiki kekuatan tarik dan ketahanan terhadap benturan pada komposit.

4. Ketahanan terhadap Abrasi

Fungsi: Warna metalik atau warna tertentu dalam pelapis dapat meningkatkan ketahanan material terhadap abrasi dan kerusakan fisik. Contoh: Cat berwarna dengan partikel metalik dapat memberikan lapisan tambahan perlindungan terhadap goresan dan benturan.

Berikut adalah beberapa jenis warna yang dapat berkontribusi pada peningkatan ketahanan mekanik:

Putih dan Perak. Kegunaan: Warna-warna ini sering digunakan dalam pelapis atau cat untuk meningkatkan reflektivitas termal dan perlindungan terhadap sinar UV. Mereka membantu mencegah degradasi akibat paparan sinar matahari, yang dapat mempengaruhi kekuatan mekanik serat komposit.

2. Kuning Neon Kegunaan: Warna kuning ini sering digunakan untuk visibilitas tinggi dan deteksi kerusakan. Ini dapat membantu dalam pemantauan dan perawatan material dengan lebih mudah. Dalam aplikasi di mana deteksi kerusakan penting, lapisan pelindung berwarna kuning neon dapat mengindikasikan adanya keretakan atau keausan, memungkinkan perbaikan sebelum kerusakan serius terjadi.

3. Biru dan Hijau Gelap

Kegunaan: Warna-warna ini dapat digunakan dalam pelapis dengan pigmen khusus yang meningkatkan ketahanan terhadap keausan dan korosi. Mereka sering digunakan dalam aplikasi industri untuk memberikan perlindungan tambahan. pengaplikasi: Cat biru atau hijau gelap dengan aditif penguat atau pelindung dapat meningkatkan daya tahan serat komposit terhadap kondisi lingkungan yang keras.

4. Hitam

Kegunaan: Warna hitam sering digunakan dalam pelapis yang dirancang untuk menyerap panas. Ini bisa membantu dalam aplikasi di mana pengelolaan suhu merupakan bagian penting dari kekuatan mekanik. pengaplikasi: Pelapis hitam dengan bahan penguat seperti partikel nano dapat meningkatkan ketahanan terhadap suhu tinggi dan memperkuat serat komposit.

5. Warna Metalik (Perunggu, Emas)

Kegunaan: Warna metalik dalam pelapis dapat meningkatkan ketahanan terhadap abrasi dan memberikan perlindungan tambahan terhadap kerusakan mekanis. pengaplikasi: Pelapis metalik yang mengandung partikel logam memberikan ketahanan ekstra terhadap benturan dan gesekan.

2.2.2 Jenis Pewarnaan Serat Sutera

Berdasarkan sumbernya zat pewarna serat sendiri secara umum dapat dibedakan menjadi dua varian yakni berupa :

1. Zat Pewarna Alami (Natural dyes)

Zat pewarna alami (natural dyes) merupakan zat warna yang diperoleh dari ekstrak tumbuhan baik secara langsung maupun tidak langsung. Bahan pewarna alam yang bisa digunakan untuk tekstil dapat diambil pada tumbuhan bagian daun, buah, kulit kayu, kayu atau bunga. Beberapa jenis tanaman penghasil warna yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pewarna alami. (Fitinline, 2019)

2. Zat Pewarna Sintetis (Synthetic dyes)

Zat pewarna sintetis merupakan zat pewarna buatan yang diciptakan menurut reaksi- reaksi kimia tertentu sehingga sifatnya lebih stabil. Zat warna ini umumnya sangat mudah dijumpai karena ketersediaannya sangat melimpah dan memiliki keragaman warna yang sangat banyak bila dibandingkan pewarna alami.

Zat warna sintetis dapat menghasilkan warna yang pas dan juga sangat mudah diserap oleh bahan tekstil dari kategori serat alami maupun tekstil berbahan serat sintetis. Tapi sayangnya pewarna sintetis ini juga mempunyai kelemahan yaitu belum tentu aman untuk manusia dan alam. Zat perwarna sintetis yang biasa dipakai dalam industri tekstil biasanya merupakan turunan hidrokarbon aromatik seperti benzena, toluene, naftalena, dan antrasena yang diperoleh dari arang batubara. (Fitinline, 2019)

2.2.3 Teknik Pewarnaan Serat

Dengan memanfaatkan berbagai bahan pewarna yang sudah disebutkan di atas, pewarnaan kain dalam industri tekstil secara umum dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu proses yarn dyeing dan proses fabric dyeing. (Fitinline, 2019)

1. Yarn Dyeing

Yarn dyeing atau pencelupan benang didefinisikan sebagai proses mewarnai/memberi warna pada benang secara merata. Proses ini umumnya hanya perlu dilakukan pada benang-benang yang membutuhkan warna, sedangkan untuk benang yang putih atau natural tidak perlu dicelup.

Untuk melakukan proses pencelupan benang sendiri, bahan pewarna benang yang dipakai harus disesuaikan dengan jenis benangnya. Pada benang yang berasal dari serat alam dipergunakan zat warna alam dan sintetis yang sesuai untuk serat alam. Sementara untuk benang yang berasal dari serat sintetis harus dipergunakan zat warna yang sesuai dengan serat sintetis.

2. Fabric Dyeing

Proses pabrik dyeing kurang lebih sama dengan proses pencelupan benang, hanya saja yang dicelup atau diwarnai bukan benang melainkan lembaran kain. Dalam proses ini jenis zat warna yang dipergunakan harus sesuai dengan jenis kain yang akan dicelup supaya hasil yang didapatkan jadi lebih maksimal. Masing-masing warna akan menentukan apa saja zat warna atau chemical yang akan digunakan serta komposisinya masing-masing. Selain itu proses dyeing juga ikut pada SPC (Standart Process Condition) yang meliputi besaran temperature, waktu serat parameter lainnya. Metode dyeing dilakukan dengan berbagai cara tergantung dari jenis zat warna dan serat yang akan diwarnai.

Berdasarkan teknologi yang digunakan proses fabric dyeing secara umum dapat Sifat bahan komposit sangat dipengaruhi oleh sifat dan distribusi unsur penyusun, serta interaksi antara keduanya. Parameter penting lain yang mungkin mempengaruhi sifat bahan komposit adalah bentuk, ukuran, orientasi dan distribusi dari penguat (filler) dan berbagai ciri-ciri dari matriks. Sifat mekanik merupakan salah satu sifat bahan komposit yang sangat penting untuk dipelajari. Untuk aplikasi struktur, sifat mekanik ditentukan oleh pemilihan bahan. Sifat mekanik bahan komposit bergantung pada sifat bahan penyusunnya. Peran utama dalam komposit berpenguat serat adalah untuk memindahkan tegangan (stress) antara serat, memberikan ketahanan terhadap lingkungan yang merugikan dan menjaga permukaan serat dari efek mekanik dan kimia.

2.3 Matrix Penguat Komposit

Berdasarkan matriks, komposit dapat diklasifikasikan kedalam empat kelompok besar, yaitu (Zweben, 2015) :

1. Polymer Matrix Composites – PMC (Komposit Matriks Polimer)

Komposit ini menggunakan suatu polimer berbahan resin sebagai matriknya dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid (Kevlar) sebagai penguatannya

2. Metal Matrix Composites – MMC (Komposit Matrik Logam)

Komposit yang matriksnya adalah logam, umumnya logam-logam non-ferrous seperti Aluminium, Magnesium, Titanium, dan Tembaga. Matriks logam yang menempati persentase terbesar dari komposit matriks logam adalah Aluminium. Untuk penguat pada komposit matriks ini pada umumnya adalah keramik karena titik leburnya lebih tinggi dari pada logam matriksnya. Beberapa jenis penguat untuk komposit matriks logam adalah alumina (Al_2O_3), silicon carbide (SiC), graphite, titanium boride (TiB_2), titanium carbide (TiC), tungsten (W).

3. Ceramic Matrix Composites – CMC (Komposit Matrik Keramik)

Komposit ini menggunakan keramik sebagai matrik seperti Alumina, silicon nitride, dan keramik gelas yang diperkuat dengan serat pendek atau serabut-serabut (whiskers) dimana terbuat dari silicon karbida atau boron nitride.

4. Carbon Matrix Composites – (Komposit Matriks Karbon)

Komposit matriks karbon menggunakan karbon sebagai matriksnya, dan biasanya menggunakan silikon karbida sebagai penguatnya. Komposit matriks karbon lebih tahan terhadap suhu yang tinggi dibanding jenis komposit lainnya.

2.3.1 Jenis-Jenis Resin

Klasifikasi resin komposit dibagi menjadi tiga, yakni, berdasarkan ukuran bahan pengisi, viskositas, dan cara aktivasinya.

a. Berdasarkan Ukuran Bahan Pengisi

1) Resin Komposit Makrofiller/Tradisional

Resin komposit makrofiller memiliki ukuran partikel terbesar dengan kisaran 8-12 μm . Resin komposit ini sering digunakan untuk restorasi yang membutuhkan daya tahan terhadap tekanan yang besar. Kekurangan dari komposit tradisional adalah hasil permukaan yang sangat kasar karena bahan pengisi mudah terkikis.

2) Resin Komposit Mikrofiller

Resin komposit ini mempunyai ukuran partikel bahan pengisi yang lebih kecil dengan ukuran partikel rata-rata 0,02 μm . Bahan pengisi komposit ini

sekitar 50% dari total komposit. Resin komposit memiliki ukuran partikel yang lebih kecil sehingga mudah dipolis sampai halus dan memiliki kualitas estetik yang baik.

3) Resin Komposit Hibrid

Resin komposit jenis ini dikembangkan guna mendapatkan hasil akhir permukaan yang lebih baik daripada resin komposit partikel kecil tetapi tetap mempertahankan sifat mekanik resin komposit. Ukuran bahan pengisi resin komposit hibrid rata-rata 0,6- 1,0 μm . Resin komposit hibrid memiliki bahan pengisi silika koloidal dan partikel kaca yang mengandung logam berat.

4) Resin Komposit Mikrohibrid

Bahan pengisi resin komposit mikro berukuran rata-rata 0,04- 0,4 μm . Keuntungan dari resin komposit jenis ini adalah hasil akhir permukaan yang halus sehingga menghasilkan estetika yang baik.

5) Resin Komposit Nano

Resin komposit partikel nano terdiri atas dua yaitu nanofiller dan nanohybrid. Resin komposit nanohybrid mengandung partikel yang berukuran nano (0,005-0,01 mikron). Resin komposit nanohybrid dapat diklasifikasikan sebagai resin komposit universal pertama yang memiliki sifat penanganan dan kemampuan poles didapat dari komposit mikrofilled serta kekuatan dan ketahanan aus dari hybrid tradisional.

b. Berdasarkan Viskositas

1) Resin Komposit Packable

Bahan pengisi anorganik pada resin komposit jenis ini mencapai 60% - 70%. Resin komposit packable memiliki viskositas yang tinggi tetapi perlekatan permukaannya rendah. Sifat penting dari resin komposit jenis packable, yaitu pengerutan ketika proses polimerisasi yang rendah.

2) Resin Komposit Flowable

Kandungan bahan pengisi anorganik 42% hingga 53% dengan ukuran partikel 0,3-0,4 μm . Resin komposit jenis ini memiliki viskositas yang

rendah, modulus elastisitas yang rendah sehingga dapat digunakan pada abfraksi di daerah servikal.

c. Berdasarkan Cara Aktivasi

1) Resin Komposit Self Cure dan Dual Cure

Resin komposit self cure dan dual cure tersedia dalam dua syringe. Kedua pasta tersebut dicampur guna menginisiasi proses kimia untuk menghasilkan radikal bebas yang menyerang ikatan karbon ganda dan menyebabkan polimerisasi.

2) Resin Komposit Light Cure

Resin komposit light cure dimasukkan dalam syringe dengan tujuan melindungi dari sinar secara langsung. Polimerisasi resin komposit jenis ini diaktivasi menggunakan sinar dengan waktu pengaturan yang dikontrol (Sakaguchi & Powers, 2012:174).

2.3.2 Karakteristik Resin Epoxy

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. 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 percampuran dengan pengerasnya.

Epoxy bisphenol A memberikan sifat termal dan mekanik yang baik serta reistensi kimia yang baik (Ramon dkk 2018). Bisphenol-A (BPA) adalah salah satu bahan kimia yang paling banyak diproduksi di seluruh dunia dan

banyak ditemukan 24 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 120 MPa 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, 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. Dengan munculnya banyak bahan resin epoksi polimer baru, penerapan bahan-bahan resin epoksi di bidang industri telah meningkat dalam beberapa tahun terakhir. 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 (BIPRO 2015).

Resin epoksi adalah salah satu opsi matriks dalam pembuatan komposit. Penggunaan Resin Epoksi juga banyak diterapkan pada pengecoran, pelapisan, digunakan untuk isolator listrik, campuran cat dan campuran perekat. Resin epoksi juga memiliki ketahanan aus yang sangat baik dan ketahanan terhadap guncangan (Djafar dkk, 2018). Resin epoksi telah menjadi bahan matriks dominan yang digunakan dalam pengembangan bahan

komposit masa kini karena sifatnya yang sangat baik, kelebihan dari resin epoxy yaitu : daya rekat tinggi pada substrat, isolasi listrik tinggi, toksisitas rendah, susut rendah, penyusutan rendah, biaya rendah dan penerimaan tinggi untuk berbagai proses dan aplikasi, sedangkan menurut Xie dkk (2018) resin epoxy memiliki kekuatan tinggi, ketangguhan yang baik, dan masa pembentukan yang singkat sehingga banyak diterapkan pada bidang seperti mesin, konstruksi, industri kimia dan aplikasi teknik sipil.

2.4 Tinjauan Umum Serat Komposit

Serat (fibre) adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Serat dapat dibedakan menjadi dua, yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat sintetis umumnya berasal dari bahan petrokimia dan dapat diproduksi dalam jumlah yang besar. Sedangkan, serat alam merupakan serat yang banyak diperoleh di alam. Serat alam banyak diproduksi oleh tumbuh-tumbuhan seperti bambu, pelepah pisang, nanas, kelapa, aren, sutra atau ijuk dll. Serat merupakan bahan tambahan yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat komposit. Serat memiliki peranan yang penting dalam komposit karena menentukan kinerja komposit secara keseluruhan. (Chandrabakty, 2011)

2.4.1 Serat Sintetis

Serat sintetis merupakan serat buatan yang berasal dari bahan kimia dan dibuat secara pabrikasi. Serat sintetis ada banyak jenisnya. Serat sintetis yang belum diolah lebih lanjut biasanya berwarna putih, sedangkan jika sudah diproses akan diberikan tambahan pewarna tertentu sesuai dengan selera dari produsen tali. Namun secara umum, serat sintetis yang sudah diolah lebih lanjut dalam proses produksi ataupun masih mentah memiliki karakteristik yang sama.

Semua jenis serat sintetis memiliki titik leleh pada panas tertentu sehingga dapat meleleh. Hal ini seringkali digunakan sebagai acuan dalam proses pengolahan lebih lanjut. Serat sintetis lebih kuat jika dibandingkan dengan serat alami, memiliki nilai breaking load yang merupakan tolak ukur dari kekuatan tali, serta tahan terhadap air.

Serat sintetis umumnya terbuat dari bahan minyak bumi yang diolah menjadi bijih. Bijih ini kemudian ditarik dengan panas tertentu sehingga dapat menjadi serat-serat yang memanjang. Karena terbuat dari minyak bumi, harga serat sintetis ini terus berubah menyesuaikan dengan harga minyak dunia. Hal ini membuat serat sintetis memiliki harga yang rata-rata lebih tinggi daripada serat alami.

2.4.2 Serat Alam

Serat alam merupakan serat yang terbuat secara alami baik dari tumbuhan, hewan, maupun mineral. Berbeda dengan jenis serat sintetis, serat alam warnanya lebih kecokelatan saat masih mentah dalam kondisi mentah. Namun, serat alam tetap dapat diwarnai secara bebas seperti serat sintetis. Serat alam juga tidak memiliki nilai breaking load karena biasanya hanya cocok digunakan aplikasi ringan seperti mengikat benda, membuat kain dan sebagainya. Selain itu, serat alam tidak memiliki titik leleh pada panas tertentu.

Serat alam sangat mudah menyerap air, terlebih lagi saat dalam keadaan basah. Kemampuannya ini membuat serat alam sangat mudah untuk diberikan warna melalui proses pencelupan. Namun, kondisi serat yang basah akan membuat kain menjadi semakin lemah kekuatannya, sehingga akan mudah putus. Selain itu, tali dari serat alam juga sangat rentan terhadap gesekan karena permukaannya yang kasar.

Selain serat sutra, nyatanya banyak juga serat tumbuhan yang bisa ditemukan dengan mudah di lapangan. Bahkan, jenis serat alam tumbuhan sering digunakan sebagai bahan baku tali. Serat alam tumbuhan bisa terbuat dari berbagai bagian tumbuhan, mulai dari bagian batang maupun kulit batang dari tumbuhan. Bagian-bagian tumbuhan tersebut kemudian diurai menjadi serat-serat kecil yang tipis setelah itu akan dipilin agar bisa saling menyatu menjadi satu kesatuan.

2.5 Tinjauan Umum Komposit

Beberapa definisi komposit sebagai berikut :

- Tingkat dasar : pada molekul tunggal dan kisi kristal, bila material yang disusun dari dua atom atau lebih disebut komposit (contoh senyawa, paduan, polymer dan keramik)
- Mikrostruktur : pada kristal, phase dan senyawa, bila material disusun dari dua phase atau senyawa atau lebih disebut komposit (contoh paduan Fe dan C)
- Makrostruktur : material yang disusun dari campuran dua atau lebih penyusun makro yang berbeda dalam bentuk dan/atau komposisi dan tidak larut satu dengan yang lain disebut material komposit. (Nayiroh, 2013)

Definisi lain juga dari Muhajir (2016) Komposit merupakan sejumlah sistem multi fasa sifat gabungan, berupa gabungan antara bahan matriks atau pengikat dengan penguat. Dari penggabungan tersebut akan menghasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanis dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya, sehingga dapat direncanakan suatu material komposit yang diinginkan. (Muhajir, 2016)

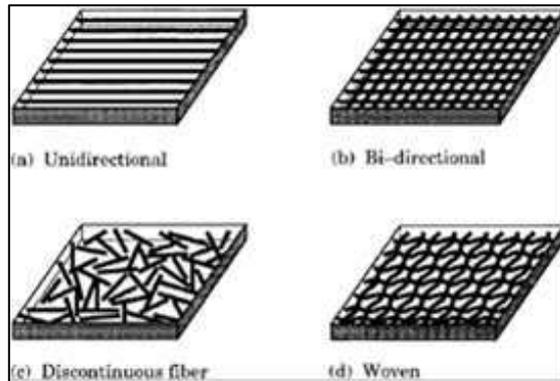
Menurut Matthews yang dikutip oleh Saputra Wahyu (2016), komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya, sehingga dapat leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang yang di inginkan dengan jalan mengatur komposisi dari material pembentuknya.

Dari kutipan diatas dapat di artikan bahwa komposit merupakan perpaduan antara beberapa unsur yang masing-masing memiliki sifat unggul dan akan menjadi paduan yang lebih baik jika dipadukan dengan tetap mempertahankan sifat dasarnya masing- masing.

2.5.1 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Penguat

Berdasarkan penguat yang digunakan, secara garis besar ada 3 macam jenis komposit, yaitu :

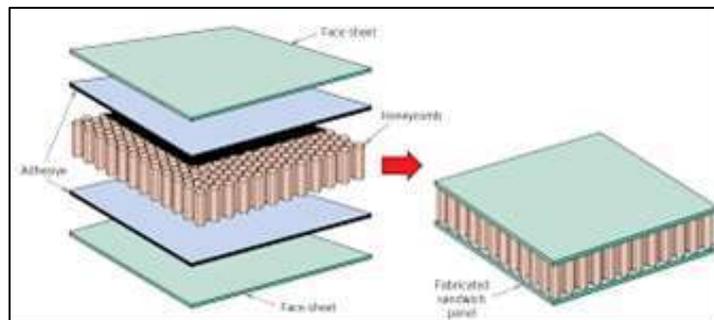
1. Fibrous Composites (Komposit Serat)



Gambar 4. *Fibrous composites*

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serat aramid dan sebagainya. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman (Tri Rahmah, 2015).

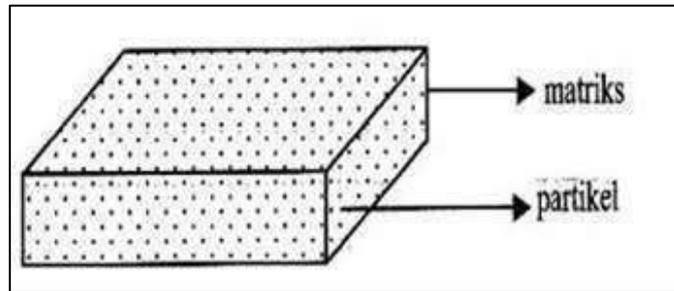
2. Structure Composites (Komposit Struktural)



Gambar 5. *Komposit struktural*

Komposit struktural dibentuk oleh penguat yang memiliki bentuk lembaran-lembaran. Berdasarkan struktur, komposit dapat dibagi menjadi dua yaitu laminated dan struktur sandwich panels.

3. Particular Composites (Komposit Partikel)



Gambar 6. *Particulate composites*

Komposit partikel merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya (Jepri, 2016).

2.5.2 Sifat-Sifat Material Komposit

Pada umumnya sifat dari material komposit dalam proses pembuatannya dipengaruhi beberapa faktor antara lain: (Naldy khairi, 2020)

A. Material penyusun komposit.

Karakteristik komposit di tentukan berdasarkan karakteristik material penyusun.

B. Bentuk dan penyusunan struktur dari penyusun

Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit.

C. Interaksi antar penyusun

Bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit.

Adapun beberapa sifat komposit berdasarkan matriks penyusunnya :

A. Komposit Matrik Polimer (Polymer Matrix Composites PMC) Beberapa sifat

komposit matriks polimer, yaitu:

- Ketahanan terhadap degradasi lingkungan
- Mempunyai ketangguhan baik
- Kemampuan mengikuti bentuk media cetak
- Lebih ringan dan memiliki kekakuan yang tinggi

B. Komposit Matrik Logam (Metal Matrix Composites MMC) Beberapa sifat komposit matriks logam, yaitu:

- Transfer tegangan dan regangan yang baik.
- Ketahanan terhadap temperature tinggi
- Tidak mudah terbakar.
- Kekuatan tekan dan geser yang baik.
- Ketahanan aus dan muai termal yang lebih baik

C. Komposit Matrik Keramik (Ceramic Matrix Composites CMC) Beberapa sifat komposit matriks logam, yaitu:

- Dimensinya stabil bahkan lebih stabil dari pada logam.
- Mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus.
- Tahan pada temperatur tinggi (creep).
- Kekuatan & ketangguhan tinggi, dan ketahanan korosi tinggi.

2.5.3 Kelebihan dan Kekurangan Material Komposit

Menurut Munandar, (2013) Ada beberapa kelebihan dalam menggunakan komposit antara lain :

- Komposit serat alam memiliki jumlah yang banyak dan lebih ramah lingkungan
- Komposit tidak sekedar memiliki sifat yang berbeda dari material penyusunnya, namun komposit dapat menjadi material yang jauh lebih baik
- Komposit dapat dirancang sesuai kebutuhan.
- Komposit dapat dirancang menjadi sangat kuat dan kaku dengan berat cukup ringan, bahkan sangat ringan.
- Rasio perbandingan kekuatan dengan berat serta kekakuan dengan berat beberapa kali lebih baik dibandingkan dengan baja dan aluminium. Karena itu komposit cocok bila digunakan pada bidang pesawat terbang dan olahraga.
- Sifat fatigue dan keuletan dari komposit secara umum lebih baik dibandingkan dengan logam teknik.

- Komposit dapat dirancang supaya tidak mudah berkarat.
- Material komposit memungkinkan kita memperoleh sifat yang tidak dapat dicapai oleh logam, keramik, dan polimer.
- Komposit memungkinkan kita merancang material dengan penampilan luar yang menarik.

Kelemahan dalam menggunakan komposit antara lain:

- Banyak komposit yang bersifat anisotropik, di mana terjadi perbedaan sifat yang tergantung pada arah komposit diukur.
- Banyak komposit berbasis polimer yang menjadi subjek serangan bahan kimia atau bahan pelarut. Polimer rentan terkena serangan.
- Proses pembuatan dan pembentukan material komposit relatif lambat dan mahal.

2.6 Proses Manufaktur Komposit

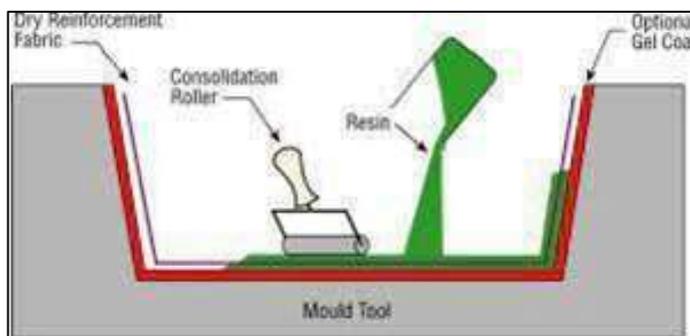
Metode Manufaktur Komposit Secara garis besar terdiri dari atas dua cara, yaitu (Anonim, 2002):

A. 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. 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 adalah mudah dilakukan, cocok digunakan untuk komponen yang besar, 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

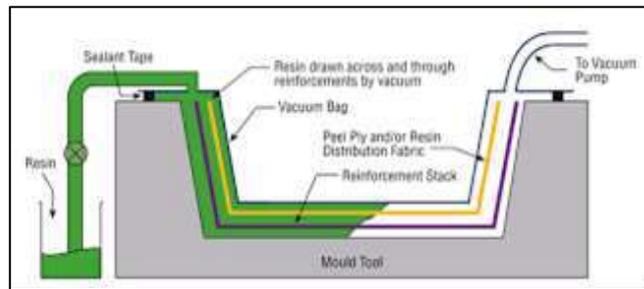


Gambar 2.6 Metode hand-layup

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. 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.

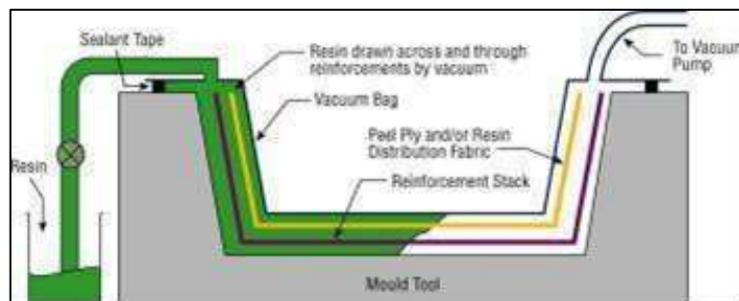
Proses vacuum bag merupakan penyempurnaan dari hand lay-up, penggunaan dari proses vakum ini adalah untuk menghilangkan udara yang terperangkap dan kelebihan resin.



Gambar 7. *Vacuum bag*

3) Pressure bag

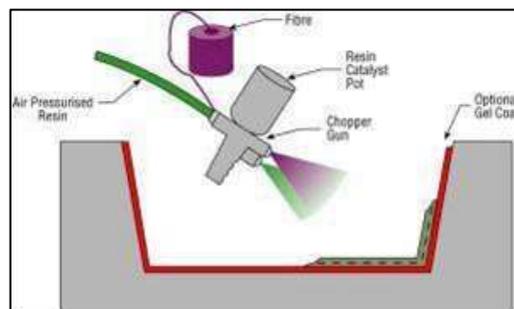
Pressure bag memiliki kesamaan dengan metode vacuum bag, namun cara ini tidak memakai pompa vakum tetapi menggunakan udara atau uap bertekanan yang dimasukkan melalui suatu wadah elastis. Wadah elastis ini yang akan berkontak pada komposit yang akan dilakukan pemrosesan. Biasanya tekanan yang diberikan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



Gambar 2. 11 Metode pressure bag

4) Spray-up

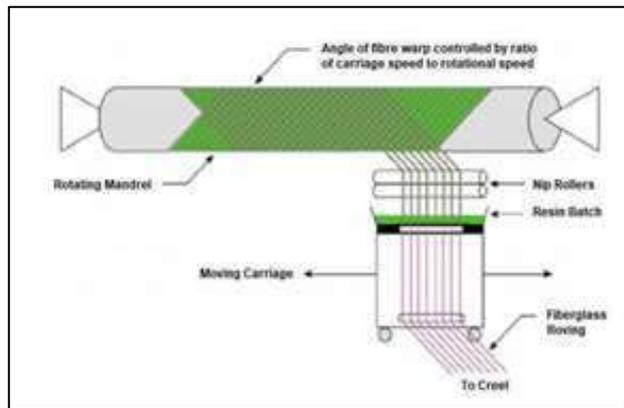
Spray-up merupakan metode cetakan terbuka yang dapat menghasilkan bagian-bagian yang lebih kompleks dan lebih ekonomis dari hand lay-up. Proses spray-up dilakukan dengan cara penyemprotan serat (fibre) yang telah melewati tempat pemotongan (chopper). Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis 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 karavan, bak mandi, sampan.



Gambar 2. 11 Metode Spray-up

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. 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

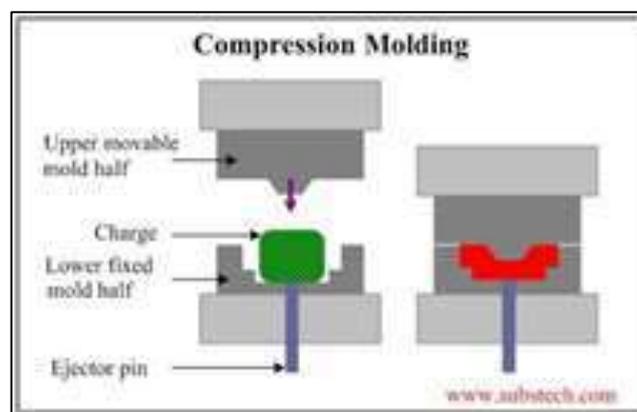


Gambar 2. 12 Metode Fillament winding

b. 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.

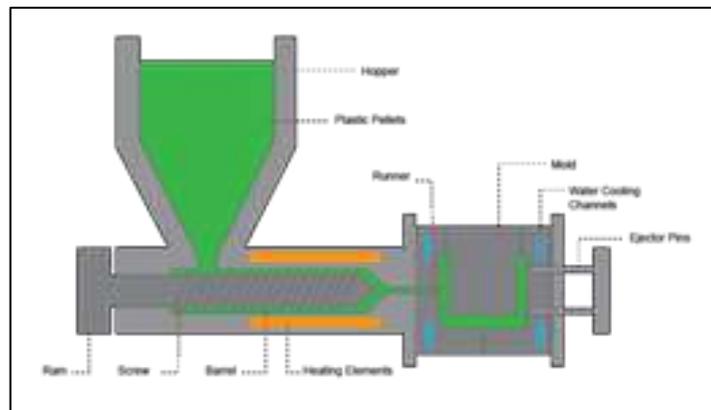


Gambar 2. 12 Metode compression molding

2) Injection molding

Metode 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

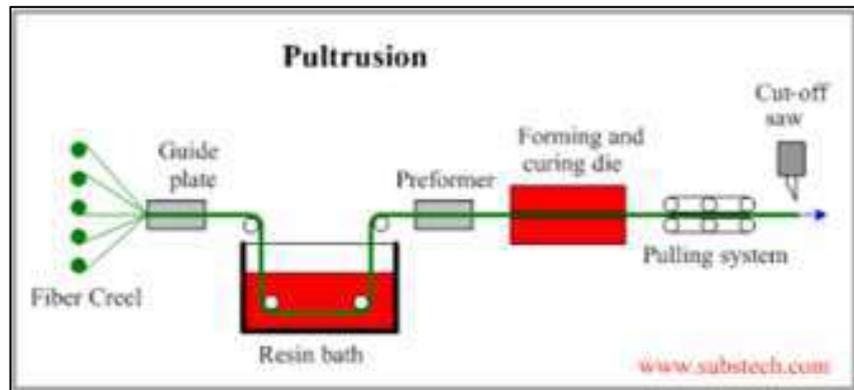
cair beserta fiber akan mengalir ke bagian bawah, kemudian injeksi dilakukan oleh mandrel ke arah nozel menuju cetakan.



Gambar 8. Metode *Injection molding*

3) Continuous pultrusion

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. Aplikasi penggunaan proses ini digunakan untuk pembuatan batang yang digunakan pada struktur atap, dan jembatan. Adapun contohnya adalah Round Rods, Rectangles, Squares, 'I' sections, 'T' sections, Angles, Channels, Dog Bone Profiles, Dove Tail Sticks and Spacers, Corner Profiles, Hollow Sections.



Gambar 9. Metode *Continuous pultrusion*

2.7 Pengujian Sifat Mekanik

2.7.1 Pengujian 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 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).

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 :

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (1)$$

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 (◆)

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.

$$\text{◆} = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (2)$$

◆ o

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

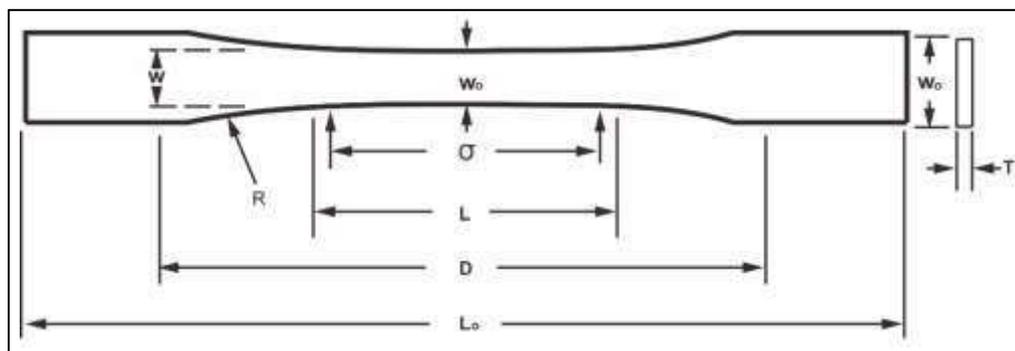
3. Modulus Elastisitas (◆◆)

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

$$\text{◆} = \frac{\sigma}{\text{◆}} \quad (3)$$

Dimana, E adalah Modulus elastisitas (Mpa), σ adalah teganganmaksimum (KN/mm^2), dan ◆ adalah Regangan (%).

Berdasarkan standar pengujian yang digunakan pengujian tarik ini mengacu pada standar ASTM D 638-02 dengan bentuk spesimen dan ukurannya seperti pada Gambar 10. dibawah ini.



Gambar 10 Dimensi Spesimen Uji Tarik (ASTM D 638- 02)

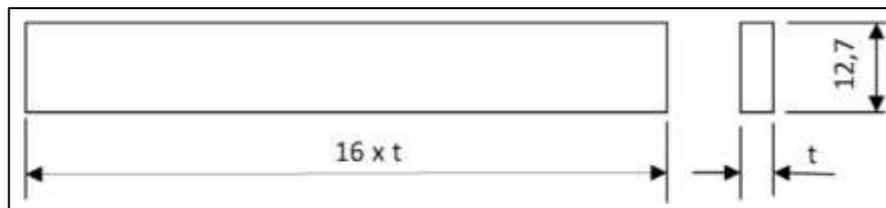
Tabel 1. Keterangan dimensi ukuran dari gambar spesimen uji tarik

Dimensi	Keterangan	Ukuran
L_0	Length Overall	165
D	Distance Between Grip	115 ± 5
L	Length of narrow Section	57 ± 0.5
G	Gauge Length	50 ± 0.25
W_0	Width overall, min	19 ± 6.4
R	Radius of fillet	76 ± 1
T	Thickness	$4 \text{ mm} \pm 2$
W	Width of narrow section	13 ± 0.5

2.7.2 Uji Bending

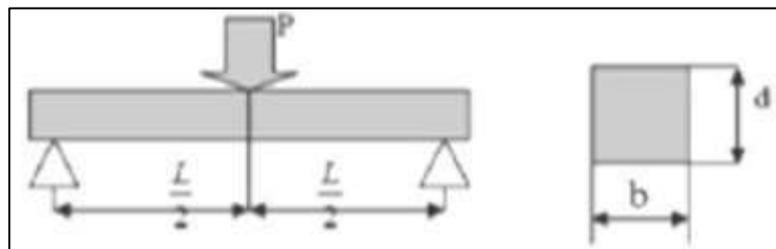
Alat uji bending adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kekuatan lengkung (bending) pada suatu bahan atau material. Pada umumnya alat uji bending memiliki beberapa bagian utama, seperti: rangka, alat tekan, point bending dan alat ukur. Rangka berfungsi sebagai penahan gaya balik yang terjadi 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 11 Dimensi Spesimen Uji Bendi 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 12 Penampang Uji Bendi ASTM D790-02

Momen yang terjadi pada komposit dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma = \frac{P}{L} \times \frac{L}{b} \quad (4)$$

Kekuatan bending dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma b = \frac{P L}{b} \quad (5)$$

Modulus elastisitas bending dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$E_b = \frac{P L^3}{b} \cdot m \quad (6)$$

Dimana :

M = Momen (Nmm)

L = Panjang Span (mm)

P = Gaya (N)

E_b = Modulus Elastisitas (MPa)

σ_b = Kekuatan bending

◆ = Tebal (mm)

b = Lebar (mm)

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

2.7.2 Uji Impact

Pengujian impact bertujuan untuk mengukur berapa energi yang dapat diserap suatu material sampai material tersebut patah. Pengujian impact merupakan respon terhadap beban kejut atau beban tiba-tiba. Cara kerja alat uji impact adalah dengan memukul benda yang akan diuji kekuatannya dengan pendulum yang berayun. Pendulum tersebut ditarik hingga ketinggian tertentu lalu dilepas, sehingga pendulum tersebut memukul benda uji hingga patah. (Hidayat Achmad, 2019)

Secara umum metode pengujian impact terdiri dari 2 jenis yaitu :

a) *Charpy Impact Test*

Charpy Impak test juga dikenal sebagai Charpy tes V-notch, adalah tes regangan-tingginya standar yang menentukan jumlah energi yang diserap oleh materi selama fraktur. prinsip dasar pengujian charpy ini adalah besar gaya kejut yang dibutuhkan untuk mematahkan benda uji dibagi dengan luas penampang patahan. Mula-mula bandul Charpy disetel dibagian atas, kemudian dilepas sehingga menabrak benda uji dan bandul terayun sampai ke kedudukan bawah. Jadi dengan demikian, energi yang diserap untuk mematahkan benda uji ditunjukkan oleh selisih perbedaan tinggi bandul pada kedudukan atas dengan tinggi bandul pada kedudukan bawah (tinggi ayun).

b) Metode Izod

Metode Izod merupakan Pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi, dan arah pembebanan serah dengan arah takikan.

Usaha yang digunakan untuk mematahkan bahan atau material per satuan luas penampang pada takikan dinamakan kekuatan impact bahan tersebut. Bandul kemudian dilepaskan dengan sudut yang telah ditentukan (α) pada sumbu tegak dan setelah memutuskan spesimen mengayun sampai maksimum membuat sudut β dengan sumbu tegak.

1. Usaha yang dilakukan pendulum waktu memukul benda uji atau usaha yang diserap benda uji sampai patah dapat diketahui melalui rumus sebagai berikut :

$$W1 = G \times h1 \text{ (kg/m)} \quad (7)$$

Atau dapat juga diselesaikan dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$W1 = G \times \lambda (1 - \cos \alpha) \text{ (kg/m)} \quad (8)$$

Dimana :

W1 = usaha yang dilakukan (kg/m) G = berat pendulum (kg)

h1 = jarak awal antara pendulum dengan benda uji (m)

λ = jarak lengan pengayun (m)

$\cos \lambda$ = sudut posisi awal pendulum

2. Sedangkan sisa usaha setelah mematahkan benda uji dapat diketahui melalui rumus sebagai berikut :

$$W_2 = G \times h_2 \text{ (kg/m)} \quad (9)$$

Sehingga dapat diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$W_2 = G \times \lambda (1 - \cos \beta) \text{ (kg/m)} \quad (10)$$

Dimana :

W_2 = sisa usaha setelah mematahkan benda uji (kg m)

G = berat pendulum (kg)

h_2 = jarak akhir antara pendulum dengan benda uji (m)

λ = jarak lengan pengayun (m)

$\cos \beta$ = sudut posisi akhir pendulum

3. Besarnya usaha yang diperlukan untuk memukul patah benda uji dapat diketahui melalui rumus sebagai berikut :

$$W = W_1 - W_2 \text{ (kg/m)} \quad (11)$$

Sehingga persamaan yang diperoleh dari rumus di atas adalah sebagai berikut :

$$W = G \times \lambda (\cos \beta - \cos \lambda) \text{ (kg/m)} \quad (12)$$

Dimana :

W = usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji (kg/m)

W_1 = usaha yang dilakukan (kg/m)

W_2 = sisa usaha setelah mematahkan benda uji (kg/m)

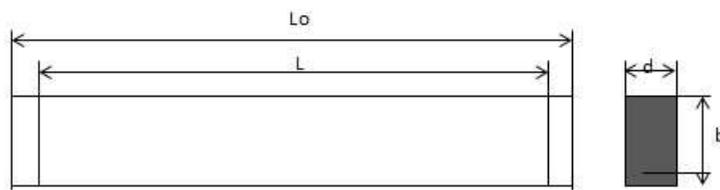
G = berat pendulum (kg)

λ = jarak lengan pengayun (m)

$\cos \lambda$ = sudut posisi awal pendulum

$\cos \beta$ = sudut posisi akhir pendulum

Dimensi untuk spesimen uji impact dapat dilihat pada gambar berikut

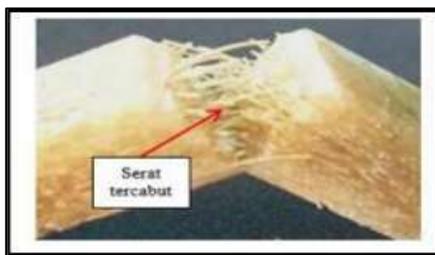


Gambar 13. Dimensi Spesimen Uji impak ASTM D5942-96

Desain spesimen uji impak dengan standar ASTM D5842-96. Mempunyai panjang (l) 80 mm dan lebar (b) 10 mm. (Putranto, 2011)

Setelah dilakukan pengujian tarik dan impak, secara umum perpatahan tarik dan impak digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Perpatahan berserat (fibrous fracture), yang melibatkan mekanisme pergeseran bidang-bidang kristal di dalam bahan (logam) yang ulet (ductile). Ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk dimpel yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram seperti pada Gambar dibawah.



Gambar 14. Penampakan patah berserat

Sumber: Hidayat Achmad (2019)

2. Perpatahan granular/kristalin, yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan pada butir-butir dari bahan yang rapuh (brittle). Ditandai dengan permukaan patahan yang datar yang mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi/mengkilat seperti dibawah ini.



Gambar 15. *Penampakan patah granular*

Sumber: Hidayat Achmad (2019)

Perpatahan campuran (berserat dan granular). Merupakan kombinasi dua jenis perpatahan di atas.