

SKRIPSI

**ANALISA PATAHAN KOMPOSIT POLYESTER BERPENGUAT
SERAT KARBON, AGAVE, RAMI, DENGAN METODE SEM DAN XRD**



Disusun Oleh:

Nama : Alif Basharudin

Nim : 1511025

**JURUSAN TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2019**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

**ANALISA PATAHAN KOMPOSIT POLYESTER BERPENGUAT SERAT
KARBON, AGAVE, RAMI DENGAN METODE SEM DAN XRD**

Disusun Oleh :

Nama : Alif Basharudin
Nim : 1511025
Jurusan : Teknik Mesin S-1

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin S-1

Diperiksa / Disetujui,
Dosen Pembimbing

Sibut, ST. MT.
NIP. Y. 1030300379

Ir. I Wayan Sujana, MT.
NIP. 195812311989031012

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Alif Basharudin
NIM : 1511025
Jurusan : Teknik Mesin S-1
Judul : Analisa Patahan Komposit Polyester Berpenguat Serat
Karbon, Agave, Rami Dengan Metode SEM Dan XRD
Dipertahankan di hadapan Tim Ujian Skripsi Jenjang Program Strata Satu
(S-1)

Pada Hari :
Tanggal :
Dengan Nilai :

PANITIA UJIAN SKRIPSI

KETUA,

SEKRETARIS,

Sibut, ST, MT
NIP. Y. 1030300379

Ir. Teguh Rahardjo, MT
NIP. 195706011992021001

ANGGOTA PENGUJI

PENGUJI I,

PENGUJI II,

Ir. Soeparno Djiwo, MT
NIP.Y.1018600128

Ir. Drs. Eko Edy Susanto, MT
NIP.195703221982111001

LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

ANALISA PATAHAN KOMPOSIT POLYESTER BERPENGUAT SERAT KARBON, AGAVE, RAMI DENGAN METODE SEM DAN XRD

Alif Basharudin (1511025)

Jurusan Teknik Mesin S-1, FTI - Institut Teknologi Nasional Malang

Email : Ormoden@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan material komposit dibidang rekayasa sangat pesat, seiring hasil riset komposit yang mampu bersaing dengan produk - produk berbahan logam atau produk lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur permukaan pada patahan dan fasa kristalin dengan metode SEM dan XRD. Material yang digunakan pada pengujian ini adalah komposit polyester berpenguat serat karbon, serat agave, dan serat rami dengan jumlah tiga sampel dan variasi komposisi yang berbeda - beda yaitu dengan variasi volume serat karbon, serat agave, serat rami dan matriks 10:15:15:60, 20:10:10:60, dan 30:5:5:60. Analisis mineralogi dan kristalografi dengan X-Ray Diffraction merupakan salah satu metode analisis yang efektif untuk mendeskripsikan batuan dan suatu senyawa kimia tertentu dalam wujud padat karena proses preparasinya mudah, murah dan cepat. Kontrol kualitas hasil preparasi dan analisa hasil dapat dilihat dari grafik XRD dan dilakukan oleh petugas lab yang kompeten dari Laboratorium karakterisasi material Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui struktur permukaan patahan yang terdapat pada material. Analisa SEM dilakukan di laboratorium mineral Universitas Negeri Malang dengan perbesaran 0 - 1000x hingga bentuk patahan yang diinginkan terlihat jelas. Dari hasil pengujian terlihat jelas bentuk patahan yang terbentuk sangat beragam, mulai dari patah getas dan liat, fiber pull out, dan debonding. Dari hasil analisa XRD bahwa fasa kristalin yang terdapat dalam material komposit bernilai amorfous, dikarenakan ada unsur hemiselulosa, lignin dan pengotor yang masih menempel pada serat. Nilai intensitas tertinggi di dapatkan pada fraksi volume serat karbon 30% agave 5% rami 5% dan matriks 60%.

Kata kunci : Komposit polyester, struktur permukaan, fasa kristalin, SEM, XRD

COMPOSITE ANALYSIS OF POLYESTER COMPOSITE WITH CARBON, AGAVE, AND HEMP FIBER USING SEM AND XRD METHODS

Alif Basharudin (1511025)

Bachelor of Mechanical Engineering Departement, FTI – National Institute of Technology Malang

Email : ormoden@gmail.com

ABSTRACT

The development of composite material in the field of engineering is very rapid, along with the results of composite research that is able to compete with products made from metals or other products. This study aims to determine the surface structure of the fracture and the crystalline phase using the SEM and XRD methods. The material used in this test is a polyester composite reinforced with carbon fiber, agave fiber, hemp fiber with a number of tthree samples and different composition variations, namely variations in the volume of carbon fiber, agave fiber, hemp fiber and matrix 10:15:15:60, 20: 10: 10: 60, and 30: 5: 5: 60. Minealogical and cristatallographic analysis with X-Ray Diffraction is one of the effective analitycal methods to describe rocks and certain chemical compounds in solid form because the preparation process is easy, inexpensive and fast. Quality control of the results of preparation and analysis of results can be seen from the XRD chart and carried out by competent lab officers from the Material Characterization Laboratory of the Ten November Institute of Technology Surabaya. SEM testing was carried out to determimine the structure of the fault surface contained in the material. SEM analysis was carried out in the mineral laboratory of the State University of Malang with a magnification of 0-1000x until the desired fault shape was cleary seen From the test results it is clear that the shape of the fault formed is very diverse , ranging from brittle and clay fracture, fiber pull out, and thebonding. From the XRD analysis, the crystalline phase contained in the composite material is amorphous, because there are elements of hemicelluloses, lignin and impurities that are still attached to the fiber. The highest intensity value is obtained at the volume fraction of fiber 30% agave 5% hemp 5% and matrix 60%.

Keywords: Polyester composites, surface structure, crystalline phase, SEM,XRD

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga tahap demi tahap dalam penyusunan skripsi ini bisa terselesaikan tepat waktu. Skripsi ini disusun untuk menyelesaikan studi S-1 Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas dari adanya bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penyusun ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT. Selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Dr. Ir. F. Yudi Limpraptono, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
3. Bapak Sibut, ST. MT. Sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin S-1 ITN Malang.
4. Bapak Ir. I Wayan Sujana, MT. Selaku Dosen Pembimbing Penyusunan Skripsi.
5. Bapak Ir. Teguh Rahardjo, MT. Sebagai Ketua Bidang Metalurgi dan Material.
6. Bapak, Ibu dan Adik-Adik tercinta yang selalu memberikan dukungan baik melalui doa maupun kebutuhan finansial.
7. Rekan-rekan terdekat yang selalu memberi motivasi dan semangat.

Penyusun menyadari sebagai manusia biasa bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Untuk itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun bagi pembaca.

Malang, Juli 2019
Penyusun

Alif Basharudin

PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alif Basharudin
NIM : 1511025
Jurusan : Teknik Mesin S-1

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul **“Analisa Patahan Polyester Berpenguat Serat Karbon, Agave, Rami Dengan Metode SEM Dan XRD”** adalah skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau sepenuhnya dari karya orang lain, kecuali yang telah disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, Juli 2019
Yang Membuat Pernyataan

Alif Basharudin

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI	iii
LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GRAFIK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengertian Komposit	4
2.2 Komponen Penyusunan Komposit	6
2.2.1 Matriks	6
2.2.2 Reinforcement atau Filler atau Fiber	7
2.3 Klasifikasi Komposit	9
2.3.1 Unsur Utama Pembentuk Komposit	9
2.4 Serat.....	10
2.4.1 Serat Agave.....	10
2.4.2 Serat Rami.....	11
2.4.3 Serat Karbon	16
2.4.4 Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)	18
2.5 Fraksi Volume	19

2.6 Matriks (Resin).....	20
2.6.1 Resin Thermoplastik.....	20
2.6.2 Resin Thermoset.....	20
2.7 Faktor-Faktor Pengaruh Material Komposit	25
2.8 Proses Percetakan Komposit	29
2.9 Produk komposit.....	31
BAB III RANCANGAN PENELITIAN.....	33
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	33
3.2 Material Dan Preparasi Spesimen	34
3.2.1 Material.....	34
3.2.2 Preparasi Material	34
3.3 Alat – Alat Penelitian	38
3.4 Pengujian	41
3.4.1 Pengujian Scanning Electron Mycroscopy (SEM)	41
3.4.2 Pengujian X-Ray Diffraction (XRD).....	41
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Data Hasil Penelitian	43
4.1.1 Data Hasil Pengujian SEM	43
4.1.2 Data Hasil Pengujian XRD	46
4.2 Pembahasan	50
4.2.1 Hasil pengujian SEM	50
4.2.2 Hasil Pengujian XRD.....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran – saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN – LAMPIRAN.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Fase – Fase Dalam Komposit	5
Gambar 2.2 Grafik Hubungan Strain – Tensile Stress Dari Beberapa Komposit	5
Gambar 2.3 Beberapa Bentuk Partikel Yang Biasa Digunakan Sebagai Filler	7
Gambar 2.4 Struktur Penyusunan Komposit.....	8
Gambar 2.5 Diagram Klasifikasi Bahan Komposit Di Kenal	9
Gambar 2.6 Particulate Composite	9
Gambar 2.7 Tanaman Agave Dan Serat Agave	11
Gambar 2.8 Tanaman Rami	12
Gambar 2.9 Serat Rami	12
Gambar 2.10 Struktur Kimia Selulosa, Hemiselulosa, Dan Lignin	15
Gambar 2.11 Struktur Molekul Serat Karbon	18
Gambar 2.12 Serat Karbon.....	19
Gambar 2.13 Resin dan katalis.....	22
Gambar 2.14 Tiga Tipe Orientasi Pada Reinforcement	26
Gambar 2.15 Proses Hand Layup.....	30
Gambar 2.16 Kapal Nelayan Dari Komposit	31
Gambar 2.17 Komposit untuk aplikasi otomotif.....	32
Gambar 3.1 Diagram Alir	33
Gambar 3.2 Komposisi Serat Karbon, Agave, Dan Serat Rami	34
Gambar 3.3 Sampel uji SEM dan bentuk patahan 1	35
Gambar 3.4 Sampel uji SEM dan bentuk patahan 2	36
Gambar 3.5 Sampel uji SEM dan bentuk patahan 3	37
Gambar 3.6 Sampel uji XRD	38
Gambar 3.7 Sudut Penyinaran Sampel Uji XRD	38
Gambar 3.8 Alat Uji SEM.....	38
Gambar 3.9 X-Ray Diffraction(XRD).....	39
Gambar 3.10 Gerinda Potong.....	39
Gambar 3.11 Sarung Tangan.....	40

Gambar 3.12 Jangka Sorong	40
Gambar 4.1 Variasi Serat Karbon(30%), Agave (5%), Rami (5%), Matrik (60%) Perbesaran 50x.....	44
Gambar 4.2 Variasi Serat Karbon(20%), Agave (10%), Rami (10%), Matrik (60%) Perbesaran 50x.....	45
Gambar 4.3 Variasi Serat Karbon(10%), Agave (15%), Rami (15%), Matrik (60%) Perbesaran 50x.....	46
Gambar 4.4 Hasil uji SEM pembesaran 500x Variasi Berat Serat (30% Karbon : 5% Agave : 5% Rami : 60% Matrik).....	50
Gambar 4.5 Hasil uji SEM pembesaran 250x Variasi Berat Serat (20% Karbon : 10% Agave : 10% Rami : 60% Matrik).....	51
Gambar 4.6 Hasil uji SEM pembesaran 500x Variasi Berat Serat (20% Karbon : 10% Agave : 10% Rami : 60% Matrik).....	52
Gambar 4.7 Hasil uji SEM pembesaran 200x Variasi Berat Serat (10% Karbon : 15% Agave :15% Rami : 60% Matrik).....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Serat	13
Tabel 2.2 Sifat Fisik Karbon Fiber.....	17
Tabel 2.3 Komposisi Resin Polyster	22
Tabel 2.4 Sifat Thermal Resin Polyster	23
Tabel 2.5 Sifat Kelistrikan Resin Polyster	23
Tabel 2.6 Ketahanan Terhadap Lingkungan Resin Polyster	24
Tabel 2.7 Perbandingan Sifat Termoset Resin.....	24
Tabel 4.1 Peak list 1	47
Tabel 4.2 Peak list 2.....	48
Tabel 4.3 Peak list 3	49

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Hasil analisa XRD komposit polyester variasi berat serat karbon(10%), serat agave (15%), serat rami (15%), matrik (60%).....	47
Grafik 4.2 Hasil analisa XRD komposit polyester variasi berat serat karbon(20%), serat agave (10%), serat rami (10%), matrik (60%).....	48
Grafik 4.3 Hasil analisa XRD komposit polyester variasi berat serat karbon(30%), serat agave (5%), serat rami (5%), matrik (60%).....	49
Grafik 4.4 Hasil analisa XRD komposit polyester variasi berat serat (10 % karbon : 15% agave : 15% rami : 60% matrik),(20% karbon : 10% agave :10% rami : 60 % matrik),(30 % karbon : 5 % agave : 5 % rami : 60% matrik).....	55

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan material komposit dibidang rekayasa sangat pesat, seiring hasil riset komposit yang mampu bersaing dengan produk-produk berbahan logam atau produk lain. Keuntungan penggunaan material komposit antara lain tahan korosi, rasio antara kekuatan dan densitasnya cukup tinggi (ringan), murah dan proses pembuatannya mudah. Material komposit berpenguat serat alam merupakan salah satu material yang ramah lingkungan dibanding dengan material sintetis. Di samping ramah lingkungan komposit berpenguat serat alam mempunyai berbagai keunggulan diantaranya yaitu harga murah, mampu meredam suara, mempunyai densitas rendah, jumlahnya melimpah dan kemampuan mekanik tinggi.

Komposit banyak dikembangkan karena memiliki sifat yang diinginkan karena tidak didapat dari material lain apabila berdiri sendiri. Komposit pada umumnya tersusun dari material pengikat (*matrik*) dan material penguat yang disebut juga material pengisi (*filler*). Bahan komposit terkenal ringan, kuat, tidak terpengaruh korosi, dan mampu bersaing dengan logam, dengan tidak kehilangan karakteristik dan kekuatan mekanisnya. Dalam dunia industri mulai mengembangkan komposit sebagai produk unggulan sesuai dengan keistimewaannya. Selain material pengikat (*matrik*) komposit juga menggunakan material penguat atau pengisi (*filler*), material pengikat ini menggunakan serat, serat biasanya terdiri dari bahan yang kuat, kaku dan getas. Hal ini bertujuan agar serat dapat menahan gaya dari luar. Serat pada dasarnya dibagi menjadi dua yaitu serat alami (*natural fiber*) dan serat buatan (*synthetic fiber*). Serat alami (*natural fiber*) yang sering dipakai dalam material komposit adalah serat rami, agave, kenaf, rosella dan masih banyak serat alami yang lain yang bisa dimanfaatkan, sedangkan untuk serat buatan (*synthetic fiber*) yang sering dipakai dalam material komposit adalah serat karbon, nilon, fenol dan masih banyak yang lainnya. Serat banyak dimanfaatkan di dunia perindustrian terutama di indonesia, seperti pabrik pembuat tali, industri tekstil, industri kertas, karena mempunyai kekuatan

yang tinggi, oleh karena itu serat sangat baik untuk di aplikasikan di material komposit

Di Indonesia telah di kembangkan komposit dari serat alam. Salah satunya serat-serat rami dan serat agave merupakan salah satu bahan natural *fibre* alternatif dalam pembuatan komposit. Serat rami dan serat agave ini mulai di kembangkan penggunaannya karna selain mudah di dapat juga, dapat mengurangi limbah lingkungan sehingga komposit ini mampu mengurangi permasalahan lingkungan, memiliki sifat yang renewable serta tidak membahayakan kesehatan.

Dalam penelitian ini bahan utama yang akan digunakan yaitu bahan pengikat (*matrik*) menggunakan *Thermosetting* yang jenisnya *resin polyester* karena bahan tersebut mempunyai ketahanan bahan kimia yang sangat baik dan mempunyai kekuatan yang sangat tinggi, sedangkan bahan pengisinya (*filler*) menggunakan serat alami dan buatan yaitu serat rami, serat agave, serat karbon dikarenakan ke tiga serat tersebut mempunyai kekuatan yang tinggi dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap bahan kimia.

Penelitian ini di lakukan untuk mengetahui karakteristik patahan komposit polyster dengan variasi serat karbon, serat agave, dan serat rami.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah struktur pada permukaan patahan polyester berpenguat serat karbon, serat agave, dan rami
2. Fasa apakah yang terbentuk dari komposit polyester berpenguat serat karbon, serat agave, dan serat rami

1.3 Batasan Masalah

1. Filler yang di gunakan adalah karbon, agave, dan rami, Serta menggunakan matriks resin polyester.
2. Pembuatan sampel dengan metode hand lay up.
3. Sampel yang di gunakan merupakan sampel hasil pengujian impact dan tarik dengan jumlah tiga sampel dan dengan standart ukuran uji tarik ASTM 638-3 dan standart uji impact ASTM D6110

4. Perbandingan fraksi volume serat karbon, serat agave, serat rami dan matriks yaitu 10:15:15:60, 20:10:10:60, dan 30:5:5:60
5. Pengujian yang di lakukan adalah uji SEM dan XRD
6. Pengujian dilakukan SEM di laboratorium mineral Universitas Negeri Malang dan pengujian XRD di lakukan di laboratorium karakteristik material Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui struktur pada permukaan patahan komposit polyester berpenguat serat karbon, serat agave, dan serat rami.
2. Mengetahui fasa kristalin pada komposit polyester dengan variasi serat karbon, serat agave, dan serat rami.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang di harapkan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Untuk memberikan informasi kepada konsumen tentang sifat – sifat komposit polyester berbahan serat karbon, serat agave, dan serat rami.
2. Bagi produsen penelitian ini dapat di jadikan sebagaimana layak tidaknya penggunaan komposit polyester berpenguat serat karbon, serat agave, dan serat rami untuk di jadikan suatu produk.

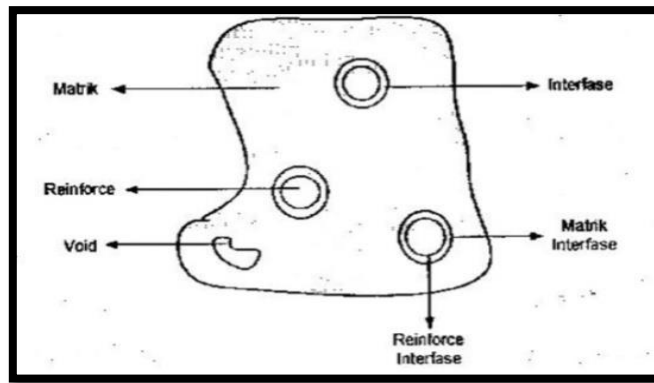
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Komposit

Komposit adalah salah satu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material, dimana sifat mekanik, dari material pembentuknya berbeda-beda dimana satu material sebagai pengisi (matrik) dan lainnya sebagai fasa penguat (*Reinforcement*). Komposit biasanya terdiri dari dua bahan dasar yaitu serat dan matrik. Serat biasanya bersifat elastis, mempunyai kekuatan tarik yang baik, namun tidak dapat digunakan pada temperature yang tinggi, sedangkan matrik yang tinggi biasanya bersifat ulet, lunak dan bersifat mengikat jika sudah mencapai titik bekunya. Kedua bahan yang mempunyai sifat berbeda ini di gabungkan untuk mendapatkan satu bahan baru (Komposit) yang mempunyai sifat yang berbeda dari sifat partikel penyusunnya¹⁰⁾.

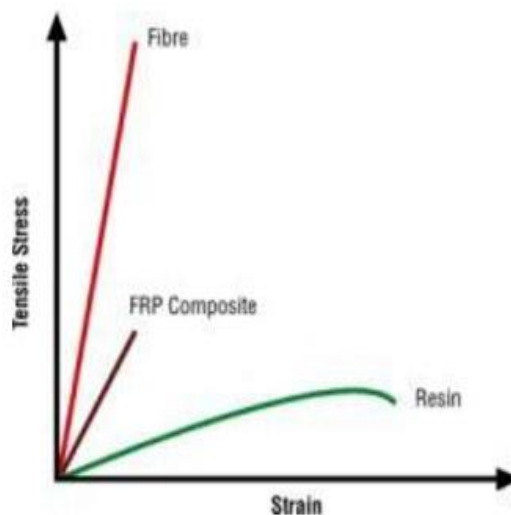
Suatu material komposit merupakan suatu material yang kompleks dimana terkomposisikan dari dua material atau lebih yang digabungkan atau disatukan secara bersamaan pada skala makroskopik membentuk suatu produk yang berguna, yang didesain untuk menghasilkan kualitas maupun sifat terbaik. Penguat biasanya bersifat elastis, dan mempunyai kekuatan tarik yang baik namun tidak dapat digunakan pada temperature yang tinggi, sedangkan matrik biasanya bersifat ulet, lunak, dan bersifat mengikat jika sudah mencapai titik bekunya. Kedua bahan yang mempunyai sifat berbeda ini digabungkan untuk mendapatkan satu bahan baru (Komposit) yang mempunyai sifat yang berbeda dari sifat penyusunnya¹⁰⁾.

Didalam komposit dapat terbentuk interphase yaitu fase diantara fase matrik dan penguat yang dapat timbul akibat interaksi kimia antara fase matrik dan fase penguat.



Gambar 2.1 Fase-fase kalam komposit¹⁰⁾

Semakin berkembangnya teknologi memungkinkan komposit dapat didesain sedemikian rupa sesuai dengan karakteristik material yang diinginkan sehingga dapat dibuat menjadi lebih kuat, ringan dan kaku. Dengan beberapa kelebihan tersebut, menyebabkan komposit banyak diaplikasikan dalam peralatan-peralatan teknologi tinggi di bidang industri, transportasi dan konstruksi bangunan. Karena komposit adalah kombinasi sistem resin dan serat penguat, maka sifat-sifat yang dimiliki komposit adalah kombinasi dari sifat sistem resin dan serat penguatnya.



Gambar 2.2 Grafik hubungan Strain-tensile stress dari beberapa komposit¹⁴⁾

2.2 Komponen Penyusunan Komposit

Komposit pada umumnya terdiri dari 2 fasa :

2.2.1 Matriks

Matrik dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer atau logam. Syarat pokok matrik yang digunakan dalam komposit adalah matriks harus bisa meneruskan beban, sehingga serat harus bisa melekat pada matriks dan kompatibel antara serat dan matriks. Matrik dalam susunan komposit berguna untuk melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Selain itu, matriks juga berfungsi sebagai pelapis serat.

Matrik adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan).

Matriks mempunyai fungsi sebagai berikut :

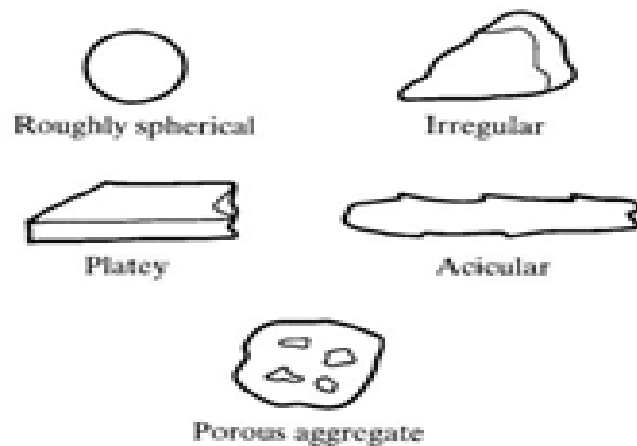
- a. Mentransfer tegangan ke serat.
- b. Membentuk ikatan koheren, permukaan matrik/serat.
- c. Melindungi serat.
- d. Memisahkan serat.
- e. Melepas ikatan.
- f. Tetap stabil setelah proses manufaktur.

Matrik yang baik untuk digunakan pada komposit serat harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Matrik melekat dengan baik pada permukaan serat sehingga beban yang diberikan pada komposit akan didistribusikan dengan baik kepada serat, karena serat inilah yang memegang peranan penting dalam menahan beban yang diterima oleh komposit.
- b. Melindungi permukaan serat dari kerusakan.
- c. Melindungi serat dari perambatan keretakan.

Berdasarkan jenis matriknya, maka komposit dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

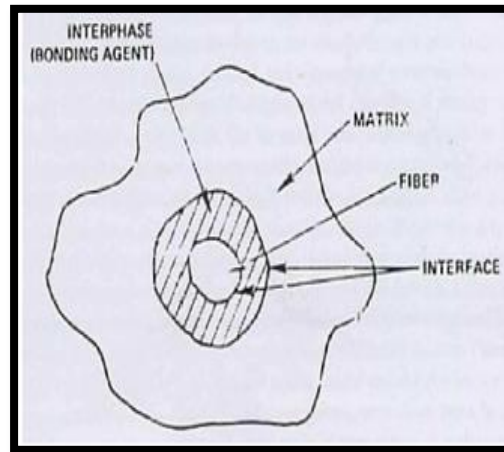
1. Polymer Matrix Composite (PMC) yang merupakan komposit dengan jenis matrik polimer, Contoh : Thermoplastic, thermosetting.
2. Metal Matrix Composite (MMC) yang merupakan komposit berbahan matriks logam, Contoh: Alumunium, magnesium, titanium.
3. Ceramic Matric Composite (CMC) yaitu komposit dengan bahan matriks keramik, Contoh : Alumina, alumunium titanate, silicon carbide.



**Gambar 2.3 Beberapa Bentuk Partikel Yang Biasa
Digunakan Sebagai *Filler*¹⁴⁾**

2.2.2 Reinforcement atau Filler atau Fiber

Salah satu bagian utama dari komposit adalah reinforcement (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Adanya dua penyusun komposit atau lebih menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya, Matrik (penyusun dengan fraksi volume terbesar), Penguat (Penahan beban utama), Interphase (pelekat antar dua penyusun), interface (permukaan phase yang berbatasan dengan phase lain).



Gambar 2.4 struktur penyusun komposit¹⁴⁾

Secara struktur mikro material komposit tidak merubah material pembentuknya (dalam orde kristalin) tetapi secara keseluruhan material komposit berbeda dengan material pembentuknya karena terjadi ikatan antar permukaan antara matriks dan filler.

Syarat terbentuknya komposit : adanya ikatan permukaan antara matriks dan filler. Ikatan antar permukaan ini terjadi karena adanya gaya adhesi dan kohesi Dalam material komposit gaya *adhesi-kohesi* terjadi melalui 3 cara utama:

- Interlocking antar permukaan → ikatan yang terjadi karena kekasaran bentuk permukaan partikel.
- Gaya elektrostatis → ikatan yang terjadi karena adanya gaya tarik- menarik antara atom yang bermuatan (ion).
- Gaya vanderwalls → ikatan yang terjadi karena adanya pengutupan antar partikel.

Kualitas ikatan antara matriks dan filler dipengaruhi oleh beberapa variabel antara lain :

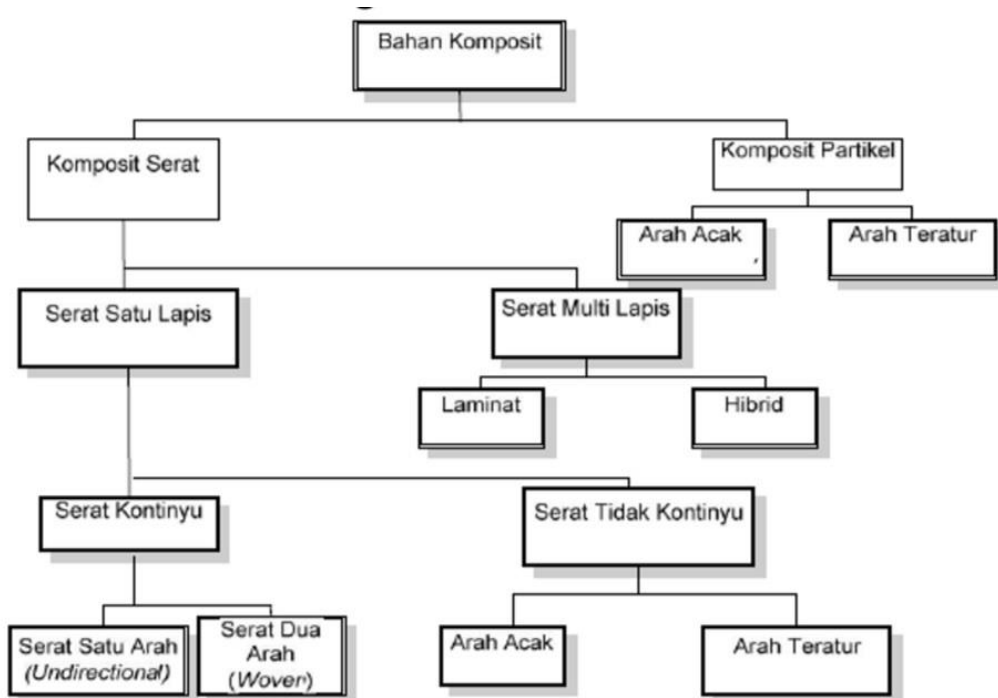
- Ukuran partikel
- Rapat jenis bahan yang digunakan
- Fraksi volume material
- Komposisi material
- Bentuk partikel
- Kecepatan dan waktu pencampuran

- Penekanan (kompaksi)
- Pemanasan (sintering)

2.3 Klasifikasi Komposit

Berdasarkan matrik, komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok besar yaitu :

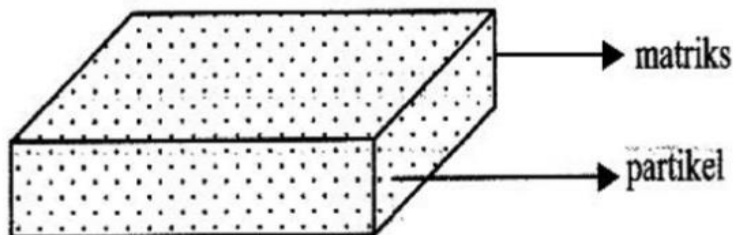
- Komposit matrik polimer (KMP), polimer sebagai matrik.
- Komposit matrik logam (KML), logam sebagai matrik.
- Komposit matrik keramik (KMK), keramik sebagai matrik.



Gambar 2.5 Diagram Klasifikasi Bahan Komposit Yang Umum Dikenal⁹⁾

2.3.1 Unsur Utama Pembentuk Komposit

Partikel sebagai penguat (Particulate composites)



Gambar 2.6 Particulate Composite¹⁰⁾

Keuntungan dari komposit yang disusun oleh reinforcement berbentuk partikel:

- a) Kekuatan lebih seragam pada berbagai beratnya.
- b) Dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan material
- c) Cara penguatan dan pengerasan oleh partikular adalah dengan menghalangi pergerakan dislokasi. Proses produksi pada komposit yang disusun oleh reinforcement berbentuk partikel :
 - Metalurgi Serbuk
 - Stir Casting
 - Infiltration Process
 - Spray Deposition
 - In-Situ Process

2.4 Serat

Serat adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Serat dapat dibedakan menjadi dua, yaitu serat alam dan serat sintesis. Serat sintesis 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, rami, kenaf, nanas, kelapa, aren atau ijuk dan lain-lain.

Serat atau fiber dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran kristal) maka semakin kuat bahan tersebut, karena minimnya cacat pada material⁸⁾.

2.4.1 Serat Agave

Serat agave adalah salah satu tanaman tropis tahunan (Tropical plant) dan secara produk diambil seratnya yang bersal dari daun (leaf viber) oleh petani serat. Tanaman ini tumbuh baik pada kondisi tanah kering dan berbatu. Serat ini banyak digunakan untuk tali temali

membuat jaring jala, sapu, serta produk kerajinan komersial yang lain karna sifat yang kuat, tidak mulur dan tahan terhadap air laut³⁾.

Serat dari agave sangat berpotensi untuk dikembangkan menjadi bahan penguat komposit di dasarkan kandungan selulosanya yang mencapai 63,4%³⁾. Selulosa membentuk ikatan yang kuat dengan melaic anhydride, sebagai salah satu senyawa penyusun resin thermosetting³⁾. Kelebihan lain dari serat agave ini adalah serat ini mudah di jumpai di pasaran dan harganya relatif murah, mempunyai berat jenis relatif ringan yang dapat mengurangi berat material, serat agave mempunyai nilai modulus elatisitas yang lebih besar dibanding matriksnya (resin thermosetting) yang merupakan syarat suatu bahan dapat digunakan sebagai penguat dalam sistem komposit. Seratnya yang kuat dan ulet membuat serat dari tanaman agave ini banyak digunakan sebagai bahan kerajinan seperti tas dan tali temali sebagai pemanfaatannya.



Gambar 2.7 Tanaman agave dan Serat agave⁷⁾

2.4.2 Serat Rami

Tanaman rami dalam bahasa latin disebut (*Boehmeria nivea L*). Tanaman ini mempunyai akar yang tumbuh vertikal ke dalam tanah sedalam 20-30 cm. Tanaman rami tingginya dapat mencapai 2 m lebih dengan waktu atau masa panen terbaik sekitar 55 hari pada daerah daratan rendah sampai dengan 3 bulan di daerah dataran tinggi atau pegunungan. Tanaman rami sangat cocok dikembangkan di Indonesia

bagian barat yang beriklim basah, karena tanaman ini memerlukan banyak curah hujan sepanjang tahun.



Gambar 2.8 Tanaman Rami⁹⁾

Serat rami merupakan bahan yang berasal dari kulit batang rami (Gambar 2.8). Serat rami ini masih dalam bentuk bundelan, karena terikat oleh lapisan pektin yang biasa disebut gum, yaitu sejenis karbohidrat rantai panjang yang menyebabkan helaian serat terikat satu sama lain.



Gambar 2.9 Serat Rami⁹⁾

Rami merupakan tanaman tahunan dengan bentuk tanaman herbal berumpun banyak yang menghasilkan serat dari kulit batangnya. Serat rami tergolong dalam serat panjang, kuat, dan baik untuk bahan baku tekstil karena memiliki struktur yang mirip dengan serat kapas. Untuk

diambil seratnya, batang tanaman rami dipanen setiap dua bulan sekali dan diproses dengan mesin dekortikator sehingga menghasilkan serat kasar (china grass). Sebelum dipintal menjadi benang, serat kasar yang masih banyak mengandung getah (gum) perlu dibersihkan melalui proses degumming, dan proses pemutihan serta pelemasan dengan pemberian minyak (oiling) sehingga menjadi serat yang putih dan lemas (rami top).

Sebagai tanaman berserat (*bast fiber*), rami mempunyai banyak kegunaan, yaitu sebagai sumber penghasil serat untuk industri tekstil (sebagai substitusi kapas) maupun bahan baku pulp kertas. Kandungan selulosa dan lignin rami dan beberapa serat lain ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Table 2.1 Komposisi serat⁹⁾

Nama	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)	Keterangan
Abaka	60-65	6-8	5-10	Pisang
Coir	43	1	45	Sabut Kelapa
Jute	61-63	13	3-13	Rambut Biji
Mesta	60	15	10	-
Palmirah	40-50	15	42-45	-
Nenas	80	-	12	Daun
Rami	80-85	3-4	0,5-1	Kulit Batang
Sisal	60-67	10-15	8-12	Daun
Straw	40	28	18	-
Kenaf	53-57,4	-	21,1-23,3	Kulit

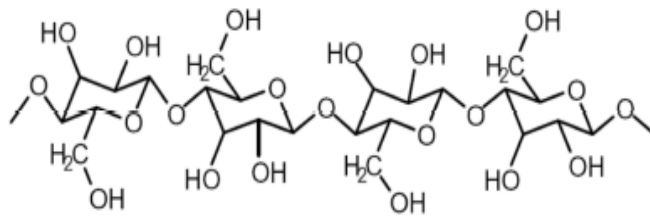
Rami merupakan serat tumbuh-tumbuhan jenis *Boehmeria nivea*. Rami merupakan serat tumbuh-tumbuhan family *Malvaceae*. Serat Ramie terdiri dari Komposisi Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin.

Selulosa merupakan komponen struktural yang paling penting dari hampir semua dinding sel tanaman hijau, terutama di banyak serat alam seperti goni, rami, kapas, dan lain - lain. Polimer selulosa terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen, dengan gambaran struktur selulosa ditunjukkan pada Gambar 1. Selulosa adalah senyawa polisakarida ($C_6H_{10}O_5$)_n yang dapat diturunkan menghasilkan glukosa ($C_6H_{12}O_6$). Unit terkecil yang berulang adalah selobiosa ($C_6H_{11}O_5$)₂O dibentuk oleh kondensasi dua unit glukosa dan oleh karena itu juga dikenal sebagai anhydroglucose (glukosa minus air). Masing-masing satuan berulang berisi tiga kelompok hidroksil. Kelompok hidroksil ini dan kemampuannya untuk mengikat hidrogen memainkan peran yang utama di dalam mengarahkan struktur kristalin.

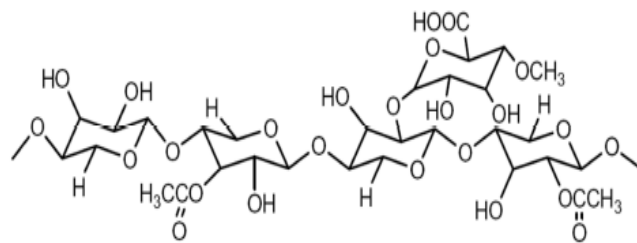
Hemiselulosa adalah polisakarida dengan berat molekul rendah, sering mengalami kopolimer dengan glukosa, asam glukuronat, mannososa, arabinosa dan xilosa, dapat berbentuk acak, bercabang amorf atau struktur nonlinier dengan kekuatan rendah. Hemiselulosa mudah dihidrolisis oleh asam atau basa encer, atau enzim hidrolisis⁵⁾. Pada tanaman serat, hemiselulosa berfungsi sebagai matrik dari selulosa⁵⁾. Secara umum, fraksi hemiselulosa tanaman terdiri dari kumpulan polimer polisakarida dengan derajat polimerisasi lebih rendah dibandingkan dengan selulosa dan mengandung sejumlah kecil gula lainnya. Polisakarida tersebut biasanya berisi rantai utama yang terdiri dari satu unit gula berulang terkait dengan titik cabang (1-2), (1-3), dan / atau (1-6) (1-4)⁵⁾.

Lignin bersifat hydrophobic secara alami dan mengandung tiga kopolimerdimensional dari unsur-unsur aromatik dan alifatik dengan bobot molekul yang sangat tinggi yaitu hidroksil, metoksil dan gugus karbonil. Lignin diketahui mengandung lima hidroksil dan lima metoksil per unit bangun. Diyakini bahwa satuan struktural dari molekul lignin diturunkan dari 4-hydroxy-3-methoxy phenylpropane. Kesulitan utama di dalam kimia lignin adalah tidak ada metoda yang mapan untuk mengisolasi lignin dalam kondisi asli dari serat. Lignin

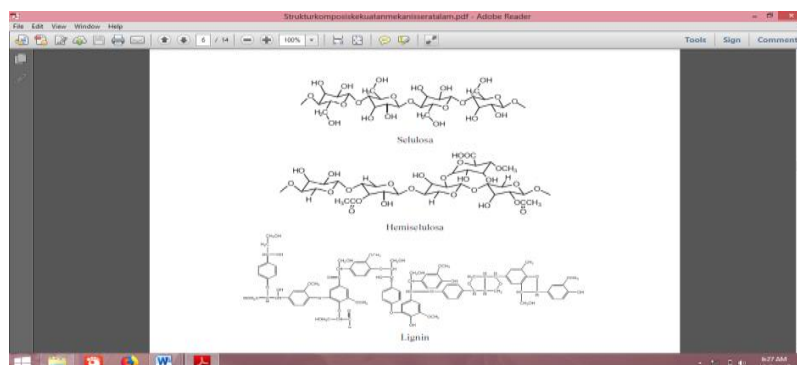
dianggap sebagai suatu polimer termoplastik yang memperlihatkan adanya temperatur transisi glass di sekitar 90°C dan meleleh pada temperatur sekitar 170°C⁷⁾. Lignin tidak terhidrolisis oleh asam, hanya dapat larut di dalam alkali panas, dapat teroksidasi, dan dengan mudah terkondensasi dengan fenol⁷⁾.



Selulosa



Hemiselulosa



Lignin

Gambar 2.10 Struktur kimia selulosa, hemiselulosa, dan lignin⁷⁾

2.4.3 Serat Karbon

Serat karbon merupakan salah satu bentuk material komposit. Material komposit, yang diambil dari istilah Bahasa Inggris *composition materials* atau dipendekkan menjadi *composite materials*, adalah suatu material yang dibuat dari dua atau lebih material penyusun yang saling memiliki perbedaan sifat fisik dan kimia, yang jika dikombinasikan akan menghasilkan material berkarakteristik berbeda dengan material - material penyusunnya. Komposit serat karbon merupakan salah satu jenis material komposit yang menggunakan serat karbon sebagai salah satu penyusunnya.

Sifat dari serat karbon dipengaruhi oleh beberapa faktor. Satu faktor yang paling utama adalah berat atau fraksi serat karbon. Berbeda dengan material logam, karbon fiber khususnya dan material komposit lain pada umumnya, disebut sebagai material anisotropik. Maksudnya adalah sifat properti material ini dipengaruhi oleh bentuk dan berat serat penyusunnya.

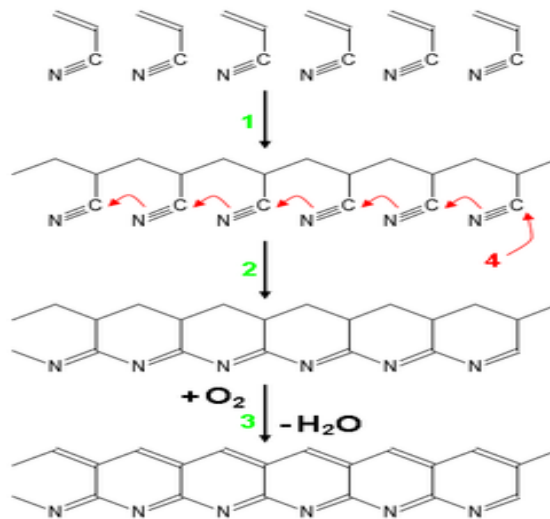
Sehingga kekuatan serat karbon bergantung pada volume bentuk dan berat serat penyusunnya. Di sisi lain material seperti logam, plastik, dan lainnya memiliki sifat yang tetap sekalipun bentuk dan arah butir-butir molekulnya berbeda-beda. Karena itulah material-material ini disebut material isentropik.

Tabel 2.2. Sifat Fisik Karbon Fiber⁴⁾

<i>Physical Properties</i>	<i>Metric</i>	<i>English</i>	<i>Comments</i>
<i>Density</i>	1.79 gr/cc	0.0647 lb/in ³	
<i>Mechanical Properties</i>	<i>Metric</i>	<i>English</i>	<i>Comments</i>
<i>Tensile Strength, Ultimate</i>	4070 Mpa	590000 psi	
<i>Elongation at Break</i>	1.8 %	1.8 %	
<i>Modulus of Elasticity</i>	228 Gpa	33100 ksi	<i>Tensile modulus calculated at secant 6000-1000</i>

Karbon merupakan material dengan performa sangat baik dan paling banyak digunakan sebagai penguat dalam komposit polimer karena :

- a. Serat karbon memiliki *specific modulus* dan *specific strength* yang paling tinggi diantara semua serat penguat.
- b. Serat karbon tetap memiliki *tensile modulus* dan *strength* yang tinggi pada temperature tinggi, meskipun pada temperature tinggi ada masalah oksidasi.
- c. Pada temperature kamar, serat karbon tidak dipengaruhi oleh uap air, berbagai solven, asam dan basa.
- d. Serat karbon memiliki karakteristik fisik dan mekanik yang sangat beragam, sehingga komposit yang terbuat dengan serat karbon dapat memiliki sifat beragam, sesuai dengan yang diinginkan.



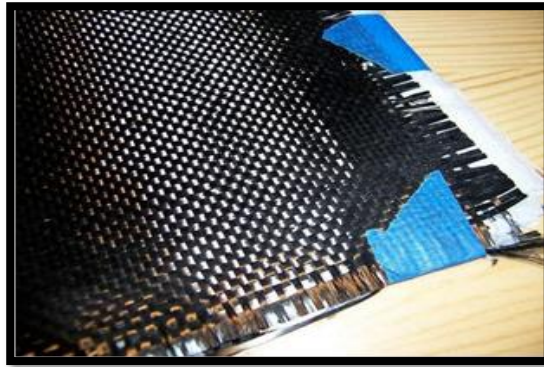
Gambar 2.11 Struktur Molekul Serat Karbon⁴⁾

2.4.4 Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)

CFRP merupakan salah satu jenis Fiber Reinforced Polymer (FRP) yang terbuat dari karbon. CFRP merupakan sejenis plat baja tipis yang mengandung serat-serat karbon dan *fiber*⁴⁾. Pemakaian CFRP biasanya disebabkan oleh:

1. Terjadinya kesalahan dalam perencanaan
2. Adanya kerusakan - kerusakan di bagian struktur sehingga dikhawatirkan tidak lagi berfungsi dengan yang diharapkan.
3. Adanya perubahan fungsi pada system struktur dan adanya penambahan beban yang melebihi beban rencana.

Kelebihan dari material ini adalah lebih baik dibandingkan GFRP maupun AFRP dilihat dari kekuatan dan elastisitasnya yang jauh lebih bagus. Yaitu mempunyai kuat tarik yang lebih tinggi dari kuat tarik baja tulangan sebesar 2800 Mpa, mempunyai kekakuan yang cukup tinggi dimana modulus elastisitasnya (E) sebesar 165.000 Mpa, tidak mengalami korosi karena terbuat dari bahan non logam, mempunyai penampang yang kecil dan sangat ringan dengan berat 1,5 g/cm³ serta mudah dalam pemasangannya. Adapun kekurangannya adalah CFRP masih tergolong sangat mahal.



Gambar 2.12 Serat Karbon⁴⁾

2.5 Fraksi Volume

Jumlah kandungan serat dalam komposit, merupakan hal yang menjadi perhatian khusus pada komposit berpenguat serat. Untuk memperoleh komposit berkekuatan tinggi, distribusi serat dengan matrik 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 persamaan¹¹⁾ :

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

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

Jika selama pembuatan komposit diketahui massa fiber dan matrik, serta density fiber dan matrik, maka fraksi volume dan fraksi massa fiber dapat dihitung dengan persamaa¹¹⁾ :

$$V_f = \frac{w_f / \rho_f}{w_f / \rho_f + w_m / \rho_m} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

W_f = Fraksi berat serat

w_f = Berat serat

w_c = Berat komposit

ρ_c = density serat

ρ_f = density komposit

V_f = fraksi volume serat

V_m = fraksi volume matrik

v_f = volume serat

v_m = volume matrik

2.6 Matriks (Resin)

Matriks (resin) dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Matriks harus bisa meneruskan beban dari luar ke serat. Umumnya matriks terbuat dari bahan-bahan yang lunak dan liat. Polimer (plastik) merupakan bahan umum yang biasa digunakan. Matriks juga umumnya dipilih dari kemampuannya menahan panas. Polyester, vinilester dan epoksi adalah bahan-bahan polimer yang sejak dahulu telah dipakai sebagai bahan matriks.

2.6.1 Resin Thermoplastik

Resin thermoplastik adalah resin yang melunak jika dipanaskan dan akan mengeras jika didinginkan, atau dapat dikatakan bahwa proses pengerasannya bersifat *reversible*. Resin termoplastik memberikan sifat-sifat yang lebih unggul dari pada resin termoset, karena memiliki kekuatan lentur yang lebih baik, ketahanan terhadap *cracking* yang lebih tinggi, dan lebih mudah dibentuk tanpa katalis. Namun resin tipe ini sulit dikombinasikan dengan reinforcement karena viskositas dan kekuatannya yang tinggi. Beberapa contoh resin termoplastik antara lain: polyvinylchloride (PVC), polyethylene, polypropylene dan lain-lain.

2.6.2 Resin Thermoset

Resin Thermoset adalah resin yang akan mengeras jika dipanaskan, namun jika dipanaskan lebih lanjut tidak akan melunak, atau dengan kata lain proses pengerasannya *irreversible*. Resin Thermoset tidak dapat didaur ulang karena telah membentuk ikatan silang antara rantai – rantai molekulnya. Sifat mekanis dari resin ini bergantung dari unsur molekul yang membentuk jaringan, rapat dan panjang jaringan silang.

Ada beberapa macam Resin Thermoset, antara lain :

a. Polyester

Resin polyester merupakan resin yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, baik itu berdiri sendiri maupun dalam bentuk material komposit. Sifat mekanik yang dimiliki oleh polyester tidak istimewa, namun mudah didapat, harga relatif terjangkau, dan mudah dalam proses fabrikasinya. Jenis dari resin polyester ada 2, yaitu:

- a. Polyester tipe jenuh (saturated polyester), polyester jenis ini tidak bisa mengalami pengerasan atau curing.
- b. Polyester tidak jenuh (unsaturated polyester) yang dapat mengalami pengerasan (curing) dari fasa cair menjadi fasa padat.

Resin unsaturated polyester merupakan resin cair dengan viskositas rendah, dan akan mengeras pada temperatur kamar dengan penggunaan katalis. Resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin polyester. Dengan nomer seri produksi 157 BQTN-EX. Polyester ini merupakan jenis resin dan sangat populer di bidang pembuatan kapal di Indonesia. YUKALAC 157 BQTN-EX memiliki sertifikat LR Register & FDA. Bahan tambahan resin adalah katalis (Hardener). Jenis katalis untuk resin polyester yaitu Metyl Etyl Keton Peroksida (MEKPO). Katalis berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin (curing). Semakin banyak katalis maka proses pengerasan akan semakin cepat, tetapi kelebihan katalis juga akan menimbulkan panas berlebih. Kelebihan penggunaan resin bisa mengakibatkan material mengkerut bahkan rusak.



Gambar 2.13 Resin dan katalis

Tabel 2.3 Komposisi Resin *polyster*

No	Komposisi	Min – Max	Satuan
1.	Volume rata-rata atom	347.835-366.143	ln ³ /Kmol
2.	Densitas	71.1679-91.1448	Lb/ft ³
3.	Energi tetap	8667.09-108.93	Kcal/Lb
4.	Harga	0.786451-1.6444	USD
5.	Recycle Fraksi	0.03-0.05	

Tabel 2.4 Sifat Termal Resin Polyester

No	Sifat Thermal	Min – Max	Satuan
1.	Temperatur glass	194.444 – 227.778	°R
2.	Panas laten peleburan	-	BTU/Lb
3.	Perlakuan panas maks	216.667 – 227.778	°R
4.	Titik lebur	-	°R
5.	Perlakuan panas min	105.556 – 111.111	°R
6.	Panas spesifik	0.928629 – 0.990538	BTU/Lb.F
7.	Konduktifitas panas	0.280805 – 1.12322	BTU.ft/h.ft ² .F
8.	Expansi panas	144 – 270	10 ⁶ /°F

Tabel 2.5 Sifat Kelistrikan Resin *Polyester*

No	Sifat Kelistrikan	Min – Max	Satuan
1.	Kekuatan patah	381 – 406.4	V/mil
2.	Ketetapan Dielektrik	4.5 – 5.6	
3.	Resistansi	1e+018 – 1e+020	10 ⁸ .ohm.m
4.	Faktor tenaga	0.01 – 0.03	

Tabel 2.6 Ketahanan Terhadap Lingkungan Resin *Polyester*

No	Ketahanan Lingkungan	Tingkatan
1.	Kemampuan bakar	Rata – rata
2.	Air tawar	Sangat baik
3.	Organik pelarut	Rata – rata
4.	Oksidasi	Sangat buruk
5.	Air laut	Sangat baik
6.	Kekuatan asam	Rata – rata
7.	Kekuatan alkali	Rata – rata
8.	Ultraviolet	Baik
9.	Pemakaian	Rata – rata
10.	Asam lemah	Sangat baik
11.	Alkali lemah	Sangat baik

Tabel 2.7 Perbandingan Sifat Termoset Resin

Jenis polimer	Termoset		
	Epoxy	<i>Polyester</i>	Vinylester
<i>Spesifik gravity</i>	1,11 - 1,40	1,04 – 1,46	1,16 – 1,35
<i>Tensile strength,</i> Mpa	27,58 - 89,63	4,14 – 89,63	72,39 – 81,01
<i>Tensile modulus,</i> (10 ³ Mpa)	2,413	2,068 – 3,447	2,413 – 4,137
<i>Elongation, %</i>	3 – 6	1 – 5	3,5 – 5,5
<i>Deflektion</i> <i>temperature, °C</i>	97- 523	122 – 382	132 – 152
<i>Flexural strength,</i> Mpa	89,63 – 444,79	58,61 – 158,58	117,21 – 24,11

b. Resin Amino

Resin amino terbuat dari campuran amino yang dikondensasikan. Dapat juga disebut dengan *amino plastic*.

c. Epoxy

Resin epoxy sering digunakan sebagai bahan pembuat material komposit. Resin ini dapat direkayasa untuk menghasilkan sejumlah produk yang berbeda guna menaikkan kinerjanya.

d. Resin Furan

Resin furan biasanya digunakan untuk pembuatan material campuran. Pembuatannya dengan menggunakan proses pemanasan dan dapat dipercepat dengan penambahan katalis asam. Resin ini memiliki ketahanan terhadap bahan–bahan kimia dan tahan terhadap korosi.

e. Vinyl Ester

Matriks jenis ini dikembangkan untuk menggabungkan kelebihan dari resin epoxy. Vinyl Ester memiliki ketangguhan mekanik dan ketahanan korosi yang sangat baik.

2.7 Faktor-Faktor Pengaruh Material Komposit

Penelitian yang menggabungkan antara matrik dan serat harus memperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhi performa *Fiber-Matrik Composites* antara lain :

1. Faktor Serat

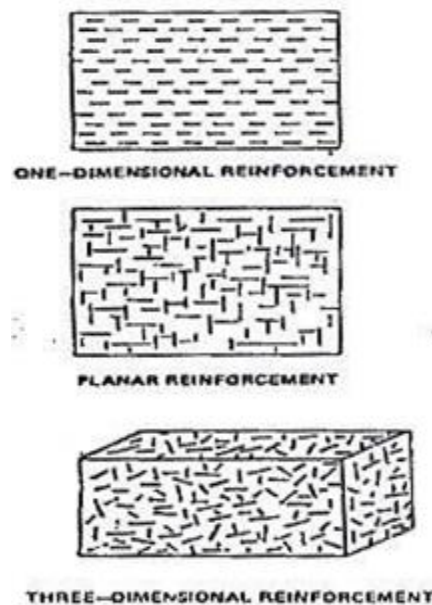
Serat adalah bahan pengisi matrik yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

Dalam pembuatan komposit tata letak dan berat serat dalam matrik yang akan menentukan kekuatan mekanik komposit, dimana letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut.

Menurut tata letak dan berat serat diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu :

1. *One dimensional reinforcement*, mempunyai kekuatan dan modulus maksimum pada berat axis serat.
2. *Two dimensional reinforcement* (planar), mempunyai kekuatan pada dua berat atau masing-masing berat orientasi serat.
3. *Three dimensional reinforcement*, mempunyai sifat *isotropic* kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya.

Pada pencampuran dan berat serat mempunyai beberapa keunggulan, jika orientasi serat semakin acak (random) maka sifat mekanik pada 1 arahnya akan melemah, bila arah tiap serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar kesegala arah maka kekuatan akan meningkat.



Gambar 2.14 Tiga tipe orientasi pada reinforcement⁹⁾

2. Panjang Serat

Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matrik sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Ada 2 penggunaan serat dalam campuran komposit yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Serat alami jika dibandingkan dengan serat sintetis mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya. Oleh karena itu panjang dan diameter sangat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit. Panjang serat berbanding diameter serat sering disebut dengan istilah aspect ratio. Bila *aspect ratio* makin

besar maka makin besar pula kekuatan tarik serat pada komposit tersebut. Serat panjang (*continuous fiber*) lebih efisien dalam peletakannya daripada serat pendek. Akan tetapi, serat pendek lebih mudah peletakannya dibanding serat panjang. Panjang serat mempengaruhi kemampuan proses dari komposit serat. Pada umumnya, serat panjang lebih mudah penanganannya jika dibandingkan dengan serat pendek. Serat panjang pada keadaan normal dibentuk dengan proses *filament winding*, dimana pelapisan serat dengan matrik akan menghasilkan distribusi yang bagus dan orientasi yang menguntungkan.

Ditinjau dari teorinya, serat panjang dapat mengalirkan beban maupun tegangan dari titik tegangan ke berat serat yang lain. Pada struktur *continuous fiber* yang ideal, serat akan bebas tegangan atau mempunyai tegangan yang sama. Selama fabrikasi, beberapa serat akan menerima tegangan yang tinggi dan yang lain mungkin tidak terkena tegangan sehingga keadaan di atas tidak dapat tercapai⁹⁾.

Sedangkan komposit serat pendek, dengan orientasi yang benar, akan menghasilkan kekuatan yang lebih besar jika dibandingkan *continuous fiber*. Hal ini terjadi pada whisker, yang mempunyai keseragaman kekuatan tarik setinggi 1500 kips/in² (10,3 Gpa). Komposit berserat pendek dapat diproduksi dengan cacat permukaan yang rendah sehingga kekuatannya dapat mencapai kekuatan teoritisnya⁹⁾.

Faktor yang mempengaruhi variasi panjang serat chopped fiber composites adalah *critical length* (panjang kritis). Panjang kritis yaitu panjang minimum serat pada suatu diameter serat yang dibutuhkan pada tegangan untuk mencapai tegangan saat patah yang tinggi¹⁹⁾.

3. Bentuk Serat

Bentuk Serat yang digunakan untuk pembuatan komposit tidak begitu mempengaruhi, yang mempengaruhi adalah diameter seratnya. Pada umumnya, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi. Selain bentuknya kandungan seratnya juga mempengaruhi⁹⁾.

4. Faktor Matrik

Matrik dalam komposit berfungsi sebagai bahan mengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari perusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik, sehingga matrik dan serat saling berhubungan.

Pembuatan komposit serat membutuhkan ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matrik. Selain itu matrik juga harus mempunyai kecocokan secara kimia agar reaksi yang tidak diinginkan tidak terjadi pada permukaan kontak antara keduanya. Untuk memilih matrik harus diperhatikan sifat-sifatnya, antara lain seperti tahan terhadap panas, tahan cuaca yang buruk dan tahan terhadap guncangan yang biasanya menjadi pertimbangan dalam pemilihan material matrik.

Bahan Polimer yang sering digunakan sebagai material matrik dalam komposit ada dua macam adalah thermoplastik dan termoset. Thermoplastik dan termoset ada banyak macam jenisnya yaitu:

- a. Thermoplastik
 - Polyamide (PI),
 - Polysulfone (PS),
 - Poluetheretherketone (PEEK),
 - Polyhenylene Sulfide (PPS),
 - Polypropylene (PP),
 - Polyethylene (PE) dan lain-lain.
- b. Thermosetting
 - Epoksi,
 - Polyester.
 - Phenolic,
 - Plenol,
 - Resin Amino,
 - Resin Furan dan lain-lain.

5. Faktor Ikatan Fiber-Matrik

Komposit serat yang baik harus mampu untuk menyerap matrik yang memudahkan terjadi antara dua fase⁹⁾. Selain itu komposit serat juga

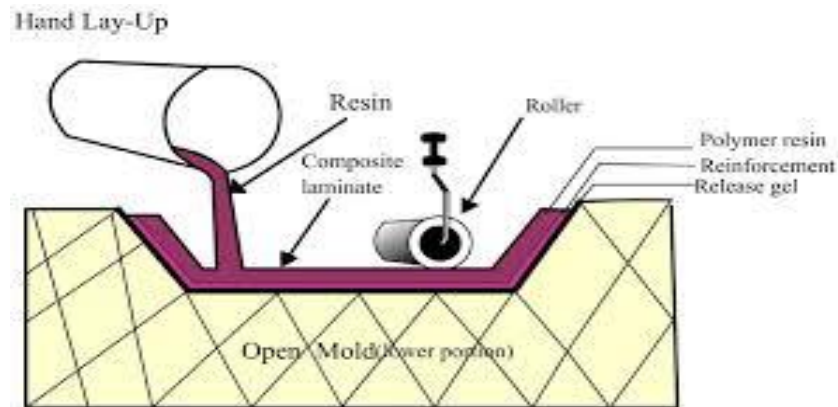
harus mempunyai kemampuan untuk menahan tegangan yang tinggi, karena serat dan matrik berinteraksi dan pada akhirnya terjadi pendistribusian tegangan. Kemampuan ini harus dimiliki oleh matrik dan serat. Hal yang mempengaruhi ikatan antara serat dan matrik adalah *void*, yaitu adanya celah pada serat atau bentuk serat yang kurang sempurna yang dapat menyebabkan matrik tidak akan mampu mengisi ruang kosong pada cetakan. Bila komposit tersebut menerima beban, maka daerah tegangan akan berpindah ke daerah *void* sehingga akan mengurangi kekuatan komposit tersebut. Pada pengujian tarik komposit akan berakibat lolosnya serat dari matrik. Hal ini disebabkan karena kekuatan atau ikatan interfacial antara matrik dan serat yang kurang besar⁹⁾.

6. Katalis

Katalis ini digunakan untuk membantu proses pengeringan resin dan serat dalam komposit. Waktu yang dibutuhkan resin untuk berubah menjadi plastik tergantung pada jumlah katalis yang dicampurkan. Dalam penelitian ini menggunakan katalis *metil ethyl katon peroxide* (MEKPO) yang berbentuk cair, berwarna bening. Semakin banyak katalis yang ditambahkan maka makin cepat pula proses curingnya. Tetapi apabila pemberian katalis berlebihan maka akan menghasilkan material yang getas ataupun resin bisa terbakar. Penambahan katalis yang baik 1% dari volume resin. Bila terjadi reaksi akan timbul panas antara 60⁰C – 90⁰C. Panas ini cukup untuk mereaksikan resin sehingga diperoleh kekuatan dan bentuk plastik yang maksimal sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan⁹⁾.

2.8 Proses Percetakan Komposit

Material komposit dapat diproduksi dengan berbagai macam metode proses pabrikasi, metode – metode pabrikasi ini disesuaikan dengan jenis matrik penyusun komposit dan bentuk material komposit yang diinginkan sesuai aplikasi selanjutnya.



Gambar 2.15 Proses Hand Lay Up⁷⁾

Proses ini dilakukan dalam kondisi dingin dan dengan memanfaatkan keterampilan tangan. Serat bahan komposit ditata sedemikian rupa mengikuti bentuk cetakan atau mandril, kemudian dituangkan resin sebagai pengikat antara satu lapisan serat dengan lapisan yang lain. Demikian seterusnya, sehingga sesuai dengan ukuran dan bentuk yang telah ditentukan. Ada lima cara aplikasi resin yaitu :

- a. *Chopped laminate Process* menggunakan alat pemotong fiber yang biasanya serat panjang membentuk serat menjadi lebih pendek.
- b. *Manual resin application* proses pengaplikasian antara resin dan fiber dilakukan secara manual dengan tangan.
- c. *Mechanical resin application* proses pengaplikasiannya antara resin dan fiber menggunakan bantuan mesin dan berlangsung secara kontinyu.
- d. *Atomised spray up* pada teknik pabrikasinya system pada metode ini tidak kontinyu, biasanya digunakan untuk membuat material komposit dengan ukuran yang lebih kecil.
- e. *Non atomised application* untuk metode ini pada pengaplikasiannya menggunakan mesin potong fiber, pelaminasi resin dan tekanan dari *roller* yang berjalan kontinyu. Metode ini lebih menguntungkan bila digunakan untuk pabrikasi material komposit yang berdimensi besar mengingat prosesnya yang kontinyu.

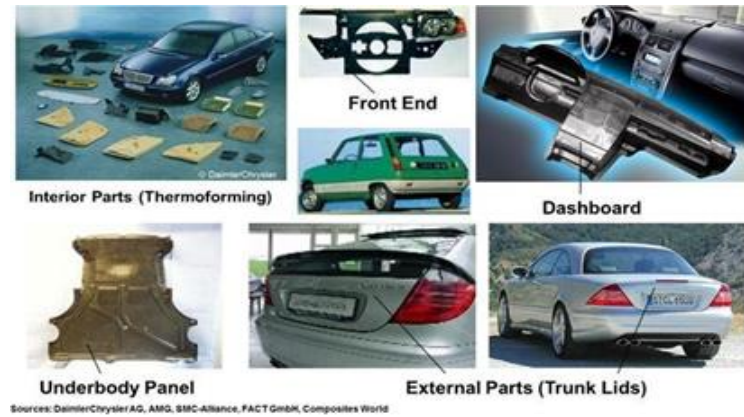
2.9 Produk komposit

Komposit merupakan material yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Kebanyakan teknologi modern saat ini memerlukan bahan kombinasi sifat-sifat yang luar biasa yang tidak bisa didapat dari bahan-bahan seperti logam besi, keramik, dan bahan polimer. Komposit inilah yang dapat menjadi pengganti material-material diatas, karena pada umumnya komposit mempunyai sifat-sifat yang tidak dimiliki oleh kelompok material lain. Disamping itu, material komposit mempunyai keistimewaan yaitu mudah dibentuk sesuai dengan keinginan. Komposit digunakan untuk laut sudah sejak 1940. Hal ini dikarenakan komposit mempunyai sifat ketahanan terhadap air. Air tidak dapat masuk sehingga jamur, bakteri, dan karat tidak dapat masuk. Selain itu komposit mempunyai berat yang ringan, mudah dibentuk, serta tahan korosi.



Gambar 2.16 Kapal nelayan dari komposit⁷⁾

Tidak hanya untuk perkapalan, komposit juga digunakan untuk otomotif karena mempunyai sifat kebebasan untuk desain, lebih ringan, dan tahan korosi. Selain itu juga penggunaan material komposit bisa mengurangi penggunaan logam yang makin mahal. Selain itu keuntungan dari penggunaan material komposit ini terletak pada bahannya yang mudah didapat apalagi diaplikasikan untuk dunia otomotif. Tidak hanya bagian interior, bagian suspension, engine block, dan gearbox pun juga dibuat dari bahan bermaterial komposit adalah bagian dashboard dan engine yang menggunakan material komposit.

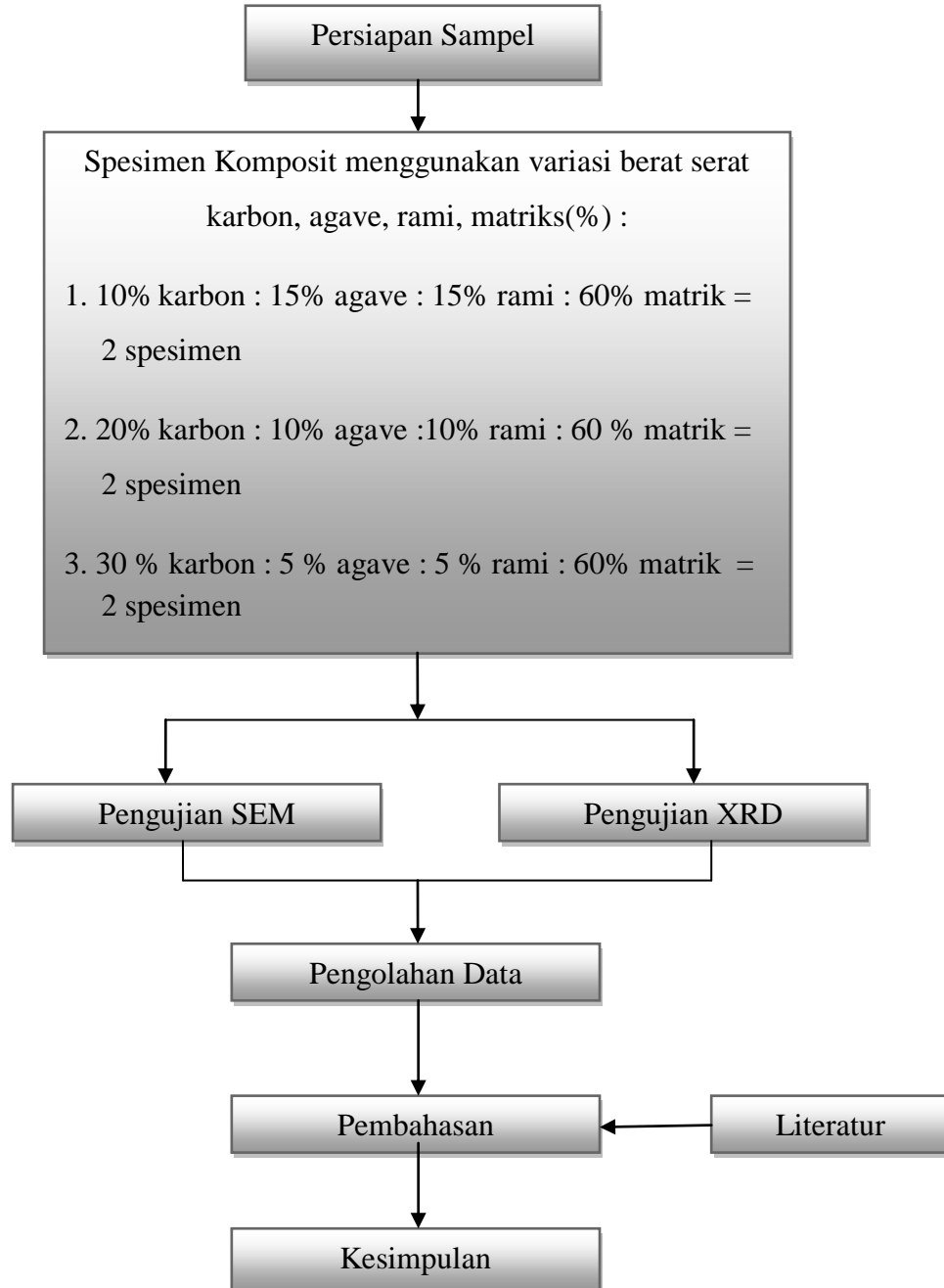


Gambar 2.17 Komposit untuk aplikasi otomotif ⁷⁾

Komposit dapat digunakan untuk bahan pembuatan pesawat terbang karena kekuatan serta kekakuannya terhadap beratnya yang lebih tinggi dibandingkan dengan baja dan aluminium, serta arah seratnya dapat diatur sedemikian rupa sesuai dengan pembebanan sehingga penggunaannya efisien. Selain itu, material komposit dapat dibentuk kontur yang aerodinamis dengan lebih fleksibel dibandingkan bahan lainya karena dibentuk menggunakan cetakan. Material komposit yang sering digunakan pada industri dirgantara adalah carbon fiber, boron, fiberglass serta kevlar. Tidak hanya bahan dasar tersebut pada struktur pesawat terbang untuk memperoleh paduan karakteristik yang sempurna, dapat pula dipadukan bahan-bahan fiber tersebut dengan aluminium baik dalam bentuk lembaran ataupun honey comb yang biasa dikenal dengan istilah sandwich.

BAB III
RANCANGAN PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



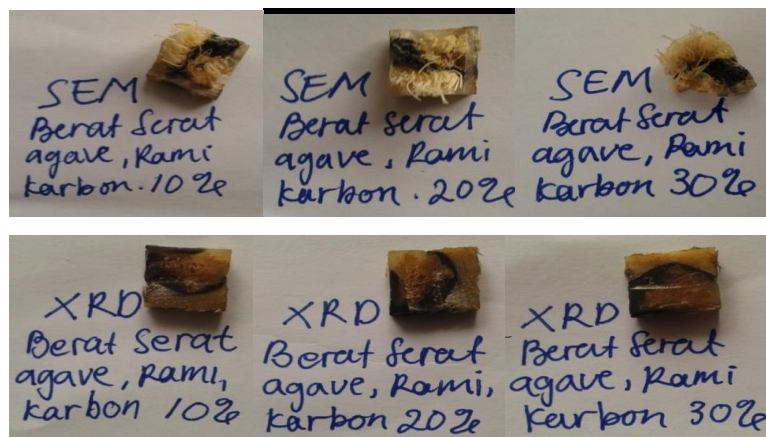
Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Material Dan Preparasi Spesimen

3.2.1 Material

Material yang di gunakan dalam pengujian ini adalah material komposit polyester berpenguat serat karbon, serat agave, dan serat rami dengan jumlah sampel 3 (tiga) buah tiap pengujian (SEM = 3 spesimen, XRD = 3 spesimen) dengan perbandingan berat fraksi volume serat :

1. 10 % karbon : 15% agave : 15% rami : 60% matrik = 2 spesimen
2. 20% karbon : 10% agave : 10% rami : 60 % matrik = 2 spesimen
3. 30 % karbon : 5 % agave : 5 % rami : 60% matrik = 2 spesimen



Gambar 3.2 Komposisi serat karbon, agave dan serat rami

(Sumber : Dokumen pribadi)

3.2.2 Preparasi Material

1. Benda uji SEM

Benda uji SEM di dapatkan dari hasil patahan uji impact penelitian sebelumnya



Keterangan :

Diameter : 10 mm

Tinggi : 4 mm

Ukuran sampel di sesuaikan dengan alat yang di gunakan pada pengujian tersebut. Disini pengujian dilakukan dengan alat uji SEM dengan type inspect-S50

- Gambar makro permukaan patahan uji impact dengan perbandingan berat fraksi volume serat 10% karbon : 15% agave: 15% rami : 60% matrik .

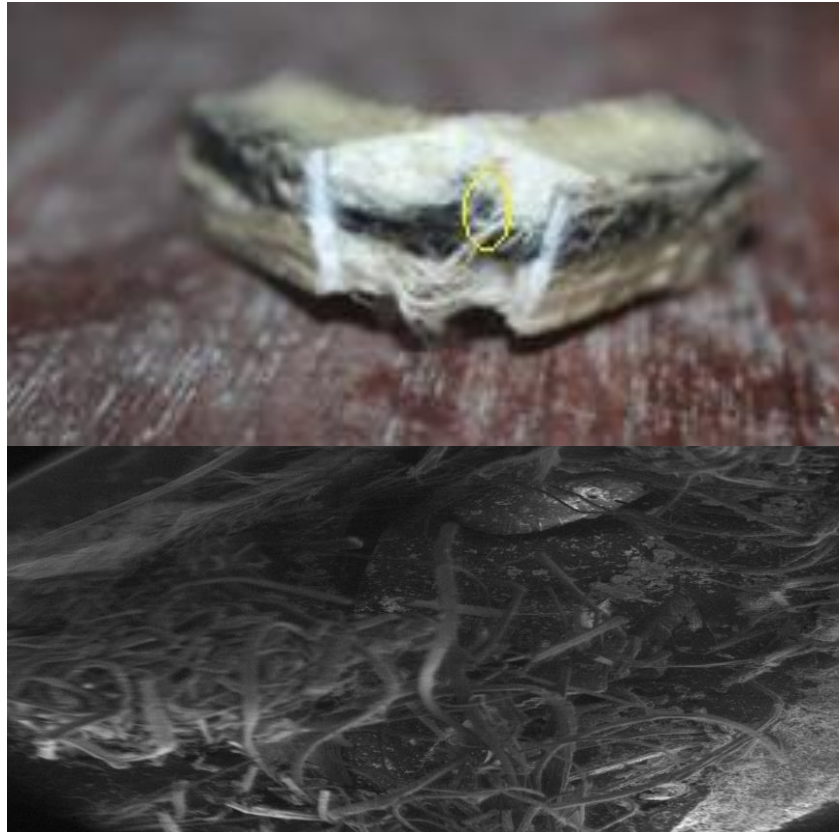


Gambar 3.3 Sampel uji SEM dan bentuk patahan 1

(Sumber : Dokumen pribadi)

Gambar 3.3 menunjukkan sampel patahan yang disebabkan dari gaya yang diterima oleh matrik kemudian diteruskan ke serat karbon, agave, dan rami yang terdapat di dalam specimen. Patahan yang terjadi adalah patahan campuran. Patahan ini merupakan campuran dari patahan getas dan patahan liat. Patahan ini paling banyak terjadi. Kekuatan komposit akan berkurang dengan perubahan sudut atau berat dari serat, hal ini disebabkan karena berat seratnya transversal sehingga lebih mudah patah.

- Gambar makro permukaan patahan uji impact dengan perbandingan berat fraksi volume serat 20% karbon : 10% agave : 10% rami : 60% matrik .

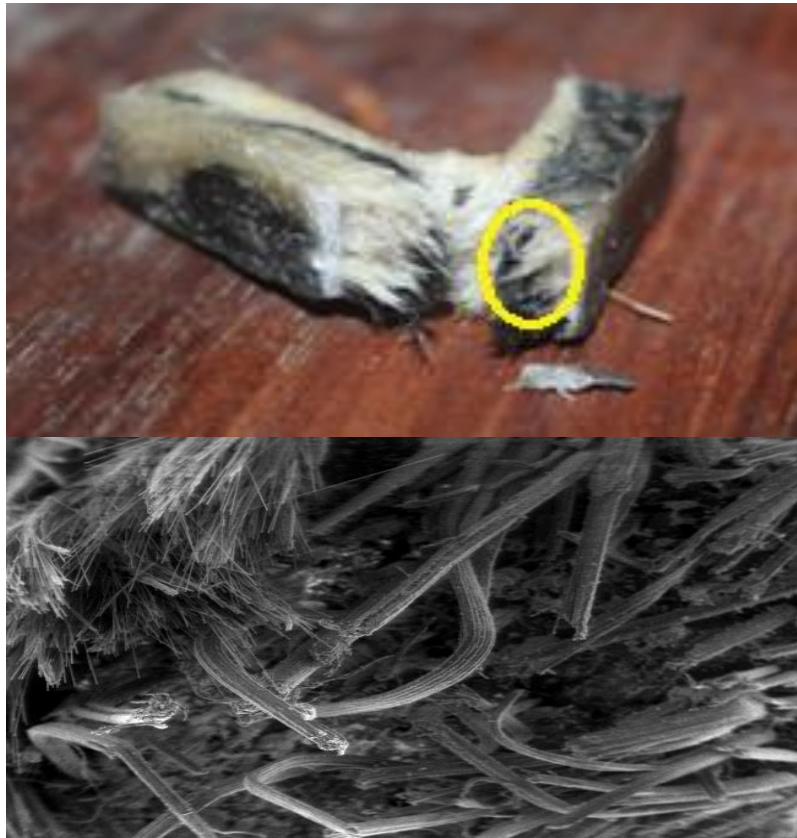


Gambar 3.4 Sampel uji SEM dan bentuk patahan 2

(Sumber : Dokumen pribadi)

Gambar 3.4 menunjukkan sampel patahan yang disebabkan dari gaya yang diterima oleh matrik kemudian diteruskan ke serat karbon, agave, dan rami yang terdapat di dalam specimen. Patahan yang terjadi adalah patahan campuran. Patahan ini merupakan campuran dari patahan getas dan patahan liat. Patahan ini paling banyak terjadi. Kekuatan komposit akan berkurang dengan perubahan sudut atau berat dari serat, hal ini disebabkan karena berat seratnya transversal sehingga lebih mudah patah.

- Gambar makro permukaan patahan uji impact dengan perbandingan berat fraksi volume serat 30% karbon : 5 % agave : 5% rami : 60% matrik



Gambar 3.5 Sampel uji SEM dan bentuk patahan 3

(Sumber : Dokumen pribadi)

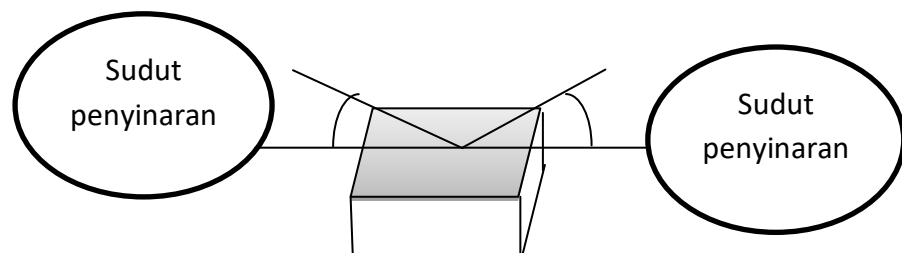
Gambar 3.5 menunjukkan sampel patahan yang disebabkan dari gaya yang diterima oleh matrik kemudian diteruskan ke serat karbon, agave, dan rami yang terdapat di dalam specimen. Patahan yang terjadi adalah patahan campuran. Patahan ini merupakan campuran dari patahan getas dan patahan liat. Patahan ini paling banyak terjadi. Kekuatan komposit akan berkurang dengan perubahan sudut atau berat dari serat, hal ini disebabkan karena berat seratnya transversal sehingga lebih mudah patah.

2. Benda Uji XRD



Gambar 3.6 Sampel uji XRD

(Sumber : Dokumen pribadi)



Gambar 3.7 Sudut penyinaran sampel uji XRD

(Sumber : wikipedia)

Keterangan : Sudut pendek 5° - 60°

Sudut penyinaran disesuaikan dengan kebutuhan pengujian. Kali ini yang digunakan adalah dengan sudut penyinaran pendek 5° - 60° karena menyesuaikan ukuran dari specimen.

3.3 Alat – Alat Penelitian

1. Scanning Electron Mycroscopy (SEM)



Gambar 3.8 Alat uji SEM

(Sumber : Laboratorium mineral Universitas Negri Malang)

Scanning Electron Mycroscopy (SEM) digunakan untuk mengetahui struktur permukaan pada material komposit dengan berpenguat serat karbon, serat agave, dan serat rami yang digunakan pada pengujian ini

Spesifikasi Scaning Electron Mycroscopy (SEM)

Model : FEI
Type : Inspect-S50
Perbesaran : 1.000.000X

2. X-Ray Diffraction (XRD)



Gambar 3.9 X-Ray Diffraction (XRD)

(Sumber : Laboratorium karakterisasi material Universitas Sepuluh November Surabaya)

X-Ray Diffraction (XRD) digunakan unuk mengetahui fasa Kristal yang terdapat pada material komposit berpenguat serat karbon, serat agave, dan serat rami yang digunakan pada pengujian ini.

Spesifikasi X-Ray Diffraction (XRD)

Merk : Philip
Type : Expert Pro

3. Gerinda



Gambar 3.10 Gerinda potong

(Sumber : Dokumen pribadi)

Gerinda potong digunakan untuk memotong specimen uji sesuai dengan ukuran yang diperlukan pada masing-masing pengujian.

4. Sarung tangan



Gambar 3.11 Sarung tangan

(Sumber : Dokumen pribadi)

Sarung tangan digunakan untuk melindungi tangan baik pada saat pemotongan specimen maupun pada saat pengujian.

5. Vernier Caliper (Jangka Sorong)



Gambar 3.12 Jangka sorong

(Sumber : Dokumen pribadi)

Jangka sorong digunakan untuk mengukur specimen uji agar sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan.

6. Alat tulis dan sebagainya untuk mencatat data hasil pengujian.

3.4 Pengujian

3.4.1 Pengujian Scanning Electron Mycroscopy (SEM)

Pengujian scanning electron microscopy dapat dipakai untuk menerangkan struktur permukaan dari objek solid secara langsung. Pada penelitian ini pengujian scanning electron microscopy dilakukan untuk mengetahui struktur permukaan patahan material komposit polyester berpenguat serat karbon, serat agave, dan serat rami dimana patahan yang diuji merupakan hasil pengujian material komposit sebelum dilakukannya pengujian scanning electron microscopy ini.

Prinsip kerja SEM yaitu bermula dari *electron beam* yang dihasilkan oleh sebuah filamen pada *electron gun*. Pada umumnya *electron gun* yang digunakan adalah *tungsten hairpin gun* dengan filamen berupa lilitan *tungsten* yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan diberikan kepada lilitan yang mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju ke anoda, kemudian electron beam difokuskan ke suatu titik pada permukaan sampel dengan menggunakan dua buah condenser lens. Condenser lens kedua (atau biasa disebut dengan lensa objektif) memfokuskan beam dengan diameter yang sangat kecil, yaitu sekitar 10-20 nm. Hamburan elektron, baik Secondary Electron (SE) atau Back Scattered Electron (BSE) dari permukaan sampel akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada layar CRT.

Dengan pengujian ini diharapkan untuk bisa mendukung data - data hasil pengujian selanjutnya di dalam pembahasan bisa lebih akurat. Pada penelitian ini perbesaran yang digunakan antara 0-1000x perbesaran, dimana dengan perbesaran ini diharapkan dapat menemukan titik patahan yang sesuai dan dapat menjadi pendukung dalam penelitian ini.

3.4.2 Pengujian X-Ray Diffraction (XRD)

Pengujian difraksi sinar-X dapat dipakai untuk menerangkan gambar-gambar utama struktur inti, yaitu parameter inti dan jenis

struktur. Disamping itu juga untuk mengetahui susunan atom yang berbeda pada Kristal-kristal, adanya tidak kesempurnaan pada kristal orientasi, butir-butir, ukuran butir, ukuran dan berat jenis endapan dan distensi.

Pada penelitian ini pengujian difraksi sinar-X dilakukan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Sinar X merupakan radiasi elektromagnetik yang memiliki energi tinggi sekitar 200 eV sampai 1 MeV. Sinar-X dihasilkan oleh interaksi antara berkas elektron eksternal dengan elektron pada kulit atom. Spektrum sinar-X memiliki panjang gelombang 10^{-10} s/d 5^{-10} nm, berfrekuensi 1017-1020 Hz dan memiliki energi 103-106 eV. Panjang gelombang sinar-X memiliki orde yang sama dengan jarak antar atom sehingga dapat digunakan sebagai sumber difraksi kristal.

Dengan pengujian ini diharapkan untuk bisa mendukung data – data hasil pengujian selanjutnya di dalam pembahasan bisa lebih akurat. Pada penelitian ini sumber Radiasi yang digunakan adalah berupa radiasi sinar-X, elektron, dan neutron. Sinar-X merupakan foton dengan energi tinggi yang memiliki panjang gelombang berkisar antara 0.5 sampai 2.5 Angstrom. Ketika berkas sinar-X berinteraksi dengan suatu material, maka sebagian berkas akan diabsorpsi, ditransmisikan, dan sebagian lagi dihamburkan terdifraksi. Hamburan terdifraksi inilah yang dideteksi oleh XRD.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Setelah di lakukan pengujian SEM di laboratorium mineral Universitas Negeri Malang pada tanggal 29 April 2019, sampel berbentuk padatan dengan permukaan berserat di dapatkan data hasil uji SEM dengan sample code : AI92, material name : 10 % untuk variasi berat serat karbon 30 %, agave 5 %, rami 5 % dan matrik 60 % yang bisa di lihat di halaman 63 lampiran. Untuk sample code : A193, material name : 30 % adalah data hasil dari variasi berat serat karbon 10 %, agave 15 %, rami 15 % , dan matrik 60 % yang bisa di lihat di halaman 65 lampiran. Sedangkan untuk sample code : A194, material name : 20 % adalah data hasil dari variasi berat serat karbon 20 %, agave 10 %, rami 10 % dan matrik 60 %, yang bisa di lihat di halaman 64 lampiran.

Setelah di lakukan pengujian XRD di laboratorium karakterisasi material Universitas Sepuluh November Surabaya pada tanggal 10 Mei 2019 di dapatkan data hasil uji XRD berupa grafik dan peak list dengan variasi berat serat karbon(10%), agave(15%), rami(15%), matrik(60%) dengan Dataset Name : Serat karbon, rami, agave 10% yang bisa di lihat pada halaman 68 lampiran. Grafik dan tabel puncak variasi ini bisa di lihat pada halaman 69 dan 70 lampiran. Untuk data hasil uji XRD variasi berat serat karbon (20%), agave (10%), rami (10%), matrik (60%) dengan Dataset Name : Serat karbon, rami, agave 20 % bisa di lihat pada halaman 71 lampiran. Grafik dan tabel puncak variasi ini bisa di lihat pada halaman 72 dan 73 lampiran. Sedangkan untuk data hasil uji XRD variasi berat serat karbon (30%), agave (5%), rami (5%), matrik (60%) dengan Dataset Name : Serat karbon, rami, agave 30% bisa di lihat pada halaman 74 lampiran. Grafik dan tabel puncak variasi ini bisa di lihat pada halaman 75 dan 76 lampiran.

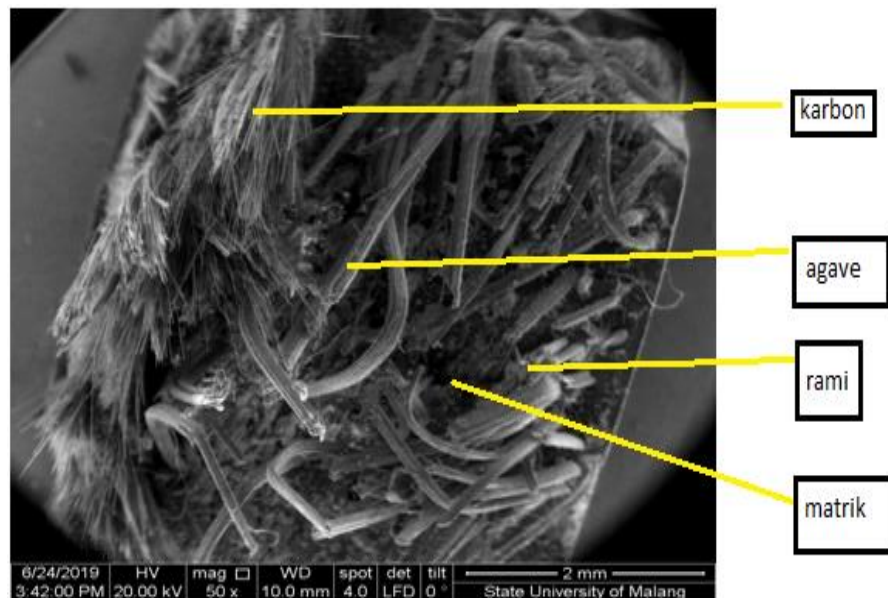
4.1.1 Data Hasil Pengujian SEM

Komposit berbahan polyester berpenguat serat karbon, serat rami, serat agave.

Dari data hasil pengujian SEM yang telah di lakukan di laboratorium mineral Universitas Negeri Malang pada tanggal 29 April 2019 di

dapatkan pada patahan komposit polyester berpenguat serat karbon, serat agave , dan serat rami dengan variasi fraksi volume serat karbon, serat agave, serat rami dan matriks yaitu 10:15:15:60, 20:10:10:60, 30:5:5:60 jika di lihat dari perbesaran yang sama yaitu perbesaran 50x, bisa di lihat susunan serat karbon, agave, rami dan matrik yang mengalami patah ataupun rusak pada gambar 4.1, 4.2, dan 4.3 di bawah ini.

- **Variasi serat karbon (30%), agave (5%), rami (5%), matrik (60%)**

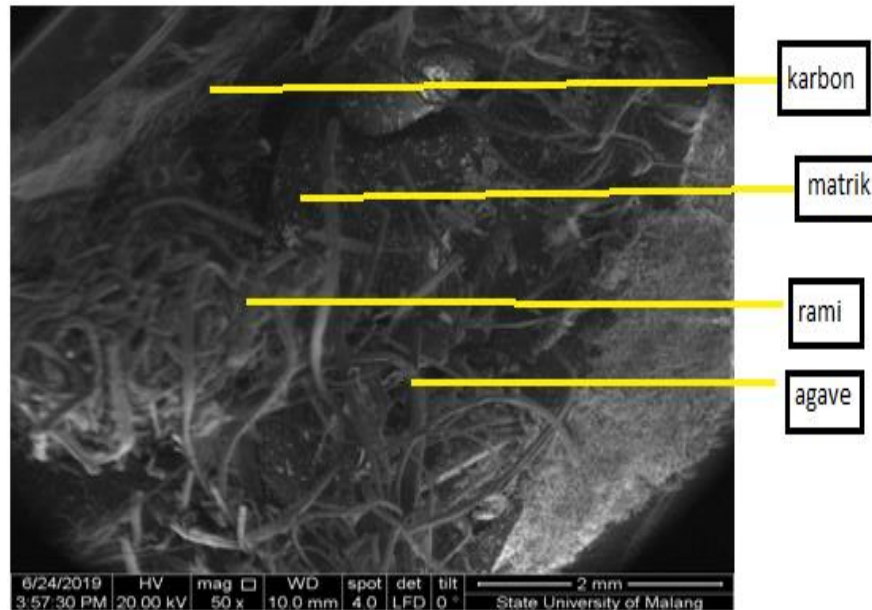


Gambar 4.1 Variasi serat karbon (30%), agave (5%), rami (5%), matrik (60%) perbesaran 50x

(Sumber : laboratorium mineral Universitas Negeri Malang)

Dari gambar 4.1 hasil uji SEM variasi berat serat karbon (30%), serat agave (5%), serat rami (5%) dan matrik 60(%) perbesaran uji SEM 50x bisa di lihat bahawa terdapat susunan serat karbon, serat agave , dan serat rami. Dimana serat karbon masih terlihat mengumpul karena serat yang di pakai berbentuk lembaran, namun serat mengalami rusak di ujungnya dikarenakan terjadi patahan. Hal ini juga berlaku untuk serat agave, serat rami, dan matrik yang mengalami rusak atau patah karena proses uji impak pada specimen yang di lakukan pada pengujian sebelumnya.

- Variasi serat karbon(20%), agave(10%), rami(10%), matrik(60%)

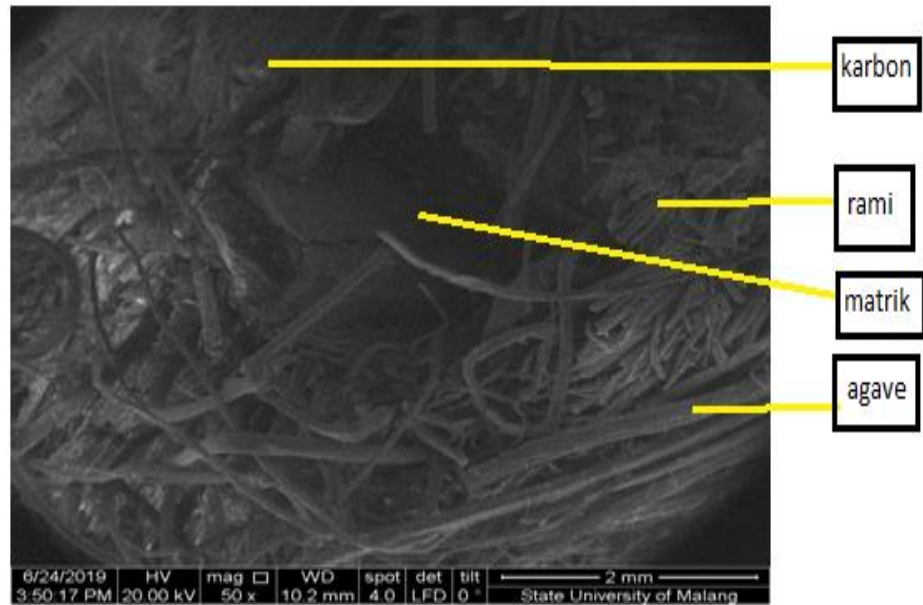


Gambar 4.2 Variasi serat karbon (20%), agave (10%), rami (10%), matrik (60%) perbesaran 50x

(Sumber : laboratorium mineral Universitas Negeri Malang)

Dari gambar 4.2 hasil uji SEM variasi berat serat karbon (20%), serat agave (10%), serat rami (10%), dan matrik (60%) perbesaran uji SEM 50x bisa di lihat bahwa susunan serat agave dan serat rami tidak homogen. Hal ini bisa saja terjadi karena proses pembuatan komposit ini menggunakan metode hand lay up dimana proses ini mengandalkan keterampilan tangan dalam menyusun serat. Sehingga serat rami terlihat menggumpal. Dari gambar 4.2 juga dapat di lihat dimana serat karbon, serat agave, serat rami, dan matrik mengalami rusak ataupun patah karena di sebabkan proses uji impak pada spesimen dalam pengujian sebelumnya.

- Variasi serat karbon(10%), agave(15%), rami(15%), matriks(60%)



Gambar 4.3 Variasi serat karbon (10%), agave (15%), rami (15%), matriks (60%) perbesaran 50x

(Sumber : laboratorium mineral Universitas Negeri Malang)

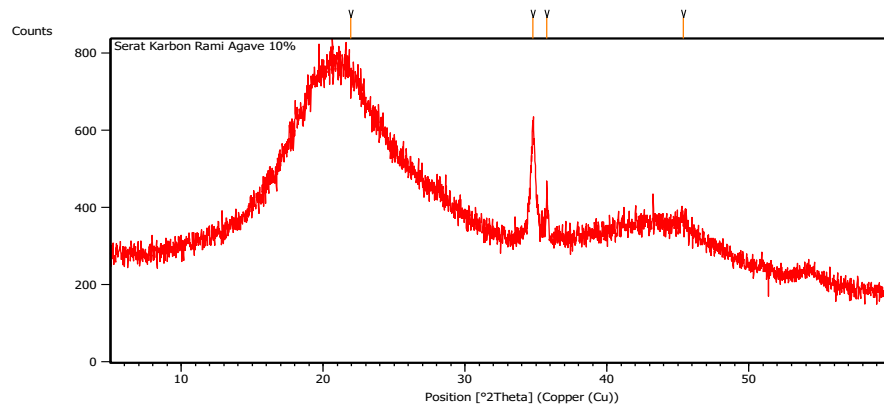
Dari gambar 4.3 hasil uji SEM variasi serat karbon (10%), serat agave (15%), serat rami (15%), matrik (60%), perbesaran 50x bisa dilihat bahwa susunan serat karbon, serat agave, dan serat rami tidak homogen. Dari gambar 4.3 juga bisa dilihat serat karbon, serat agave, serat rami, dan matrik mengalami rusak ataupun patah karena disebabkan proses uji impak pada spesimen dalam pengujian sebelumnya.

4.1.2 Data Hasil Pengujian XRD

Dari data hasil pengujian XRD yang telah dilakukan di laboratorium karakterisasi material Institut Teknologi Sepuluh November pada tanggal 10 Mei 2019 di dapatkan hasil berupa grafik yang bisa dilihat pada grafik 4.1, 4.2, 4.3 dan peak list yang bisa dilihat pada tabel 4.1, 4.2, dan 4.3 di bawah ini.

- **Komposit berbahan polyester berpenguat serat karbon, serat rami, serat agave, variasi berat serat karbon(10%), serat agave (15%), serat rami (15%), matrik (60%)**

Dari variasi berat serat karbon (10%), agave (15%), rami (15%), dan matrik (60%) dengan Dataset name : serat karbon,rami, agave 10% di dapatkan puncak intensitas tertinggi berada pada angka 784 pada sudut $2\theta = 21.9338$ yang bisa di lihat pada grafik 4.1 dan tabel 4.1 di bawah ini



Grafik 4.1 Hasil analisa XRD variasi berat serat karbon(10%), serat agave (15%), serat rami (15%), matrik (60%)

(Sumber : laboratorium karakterisasi material Instiut Teknologi Sepuluh November Surabaya)

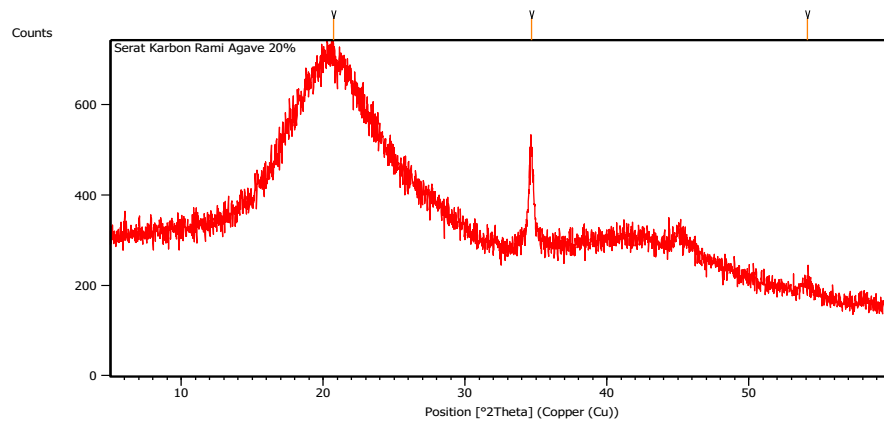
Tabel 4.1 peak list 1

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
21.9338	157.14	0.0900	4.04906	52.92
34.7831	296.96	0.2342	2.57924	100.00
35.7493	151.11	0.0502	2.51172	50.88
45.3859	34.25	0.4015	1.99832	11.53

(Sumber : laboratorium karakterisasi material Instiut Teknologi Sepuluh November Surabaya)

- **Komposit berbahan polyester berpenguat serat karbon, serat rami, serat agave, variasi berat serat karbon(20%), serat agave (10%), serat rami (10%), matrik (60%)**

Dari variasi berat serat karbon (20%), agave (10%), rami (10%), dan matrik (60%) dengan Dataset name : serat karbon,rami, agave 20% di dapatkan puncak intensitas tertinggi berada pada angka 684 pada sudut $2\theta = 20.7295$ yang bisa di lihat pada grafik 4.2 dan tabel 4.2 di bawah ini



Grafik 4.2 Hasil analisa XRD variasi berat serat karbon(20%), serat agave (10%), serat rami (10%), matrik (60%)

(Sumber : laboratorium karakterisasi material Instiut Teknologi Sepuluh November Surabaya)

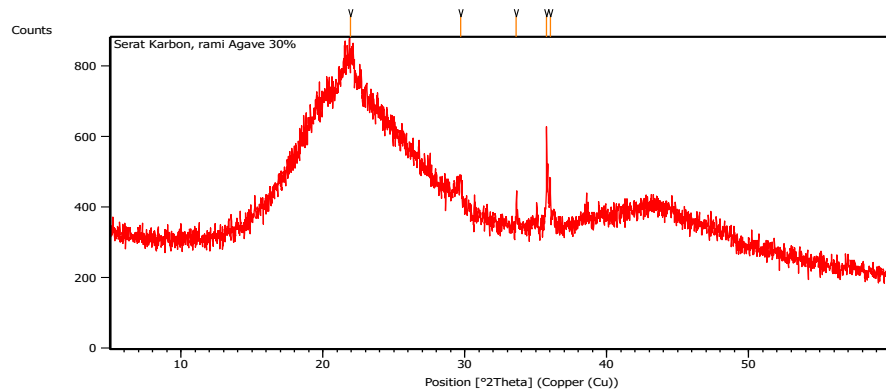
Tabel 4.2 peak list 2

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
20.7295	110.01	0.0900	4.28148	48.33
34.6601	227.64	0.2342	2.58811	100.00
54.1230	24.51	0.6691	1.69457	10.76

(Sumber : laboratorium karakterisasi material Instiut Teknologi Sepuluh November Surabaya)

- **Bahan: Komposit berbahan polyester berpenguat serat karbon, serat rami, serat agave, variasi berat serat karbon(30%), serat agave (5%), serat rami (5%), matrik (60%)**

Dari variasi berat serat karbon (30%), agave (5%), rami (5%), dan matrik (60%) dengan Dataset name : serat karbon,rami, agave 30% di dapatkan puncak intensitas tertinggi berada pada angka 791 pada sudut $2\theta = 21.9437$ yang bisa di lihat pada grafik 4.1 dan tabel 4.1 di bawah ini



Grafik 4.3 Hasil analisa XRD variasi berat serat karbon (30%), serat agave (5%), serat rami (5%), matrik (60%)

(Sumber : laboratorium karakterisasi material Instiut Teknologi Sepuluh November Surabaya)

Tabel 4.3 peak list 3

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
21.9437	117.20	0.8029	4.05059	41.04
29.6860	70.29	0.2007	3.00946	24.62
33.6180	60.58	0.1338	2.66592	21.21
35.7553	285.54	0.0502	2.51132	100.00
36.0113	141.45	0.0502	2.49405	49.54

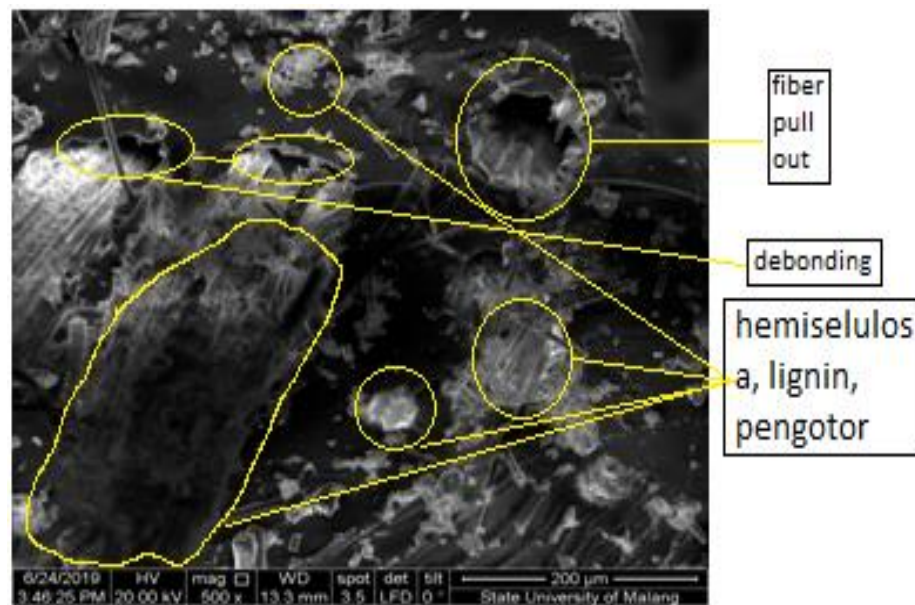
(Sumber : laboratorium karakterisasi material Instiut Teknologi Sepuluh November Surabaya)

4.2 Pembahasan

4.2.1 Hasil pengujian SEM

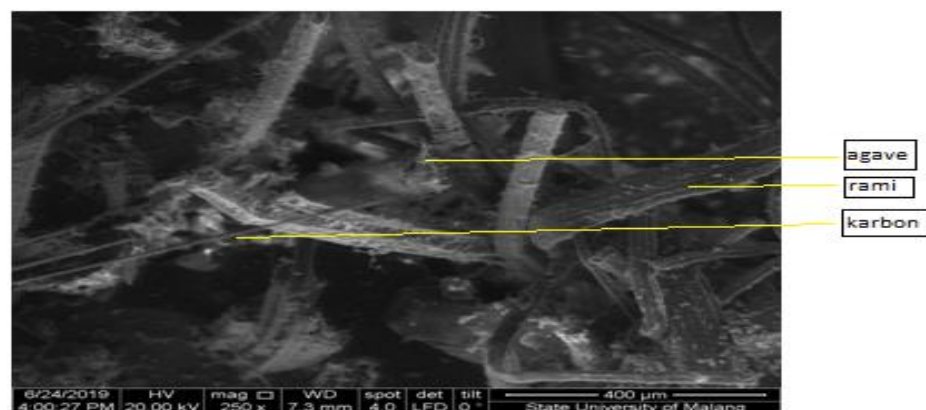
Dari hasil uji SEM komposit berbahan polyester berpenguat serat karbon, serat agave, serat rami dengan variasi berat serat (10 % karbon : 15% agave : 15% rami : 60% matrik),(20% karbon : 10% agave :10% rami : 60 % matrik), dan (30 % karbon : 5 % agave : 5 % rami : 60% matrik) dapat di jelaskan bahwa :

Pada variasi berat serat (30 % karbon : 5 % agave : 5 % rami : 60% matrik) jenis patahan yang terjadi adalah fiber pull out dan debonding. Debonding itu sendiri terjadi karena tidak sempurnanya ikatan antar serat dengan matrik⁶⁾. Hal ini di perkuat dengan hasil uji SEM pembesaran 500x variasi berat serat karbon pada gambar 4.4 dimana terdapat lubang pada matrik karena adanya serat yang tercabut dari matriknya (fiber pull out). Pull out adalah terlepasnya serat dari matrik yang menyebabkan adanya lubang pada matrik. Pull out memiliki diameter yang hampir sama dengan diameter serat¹²⁾.



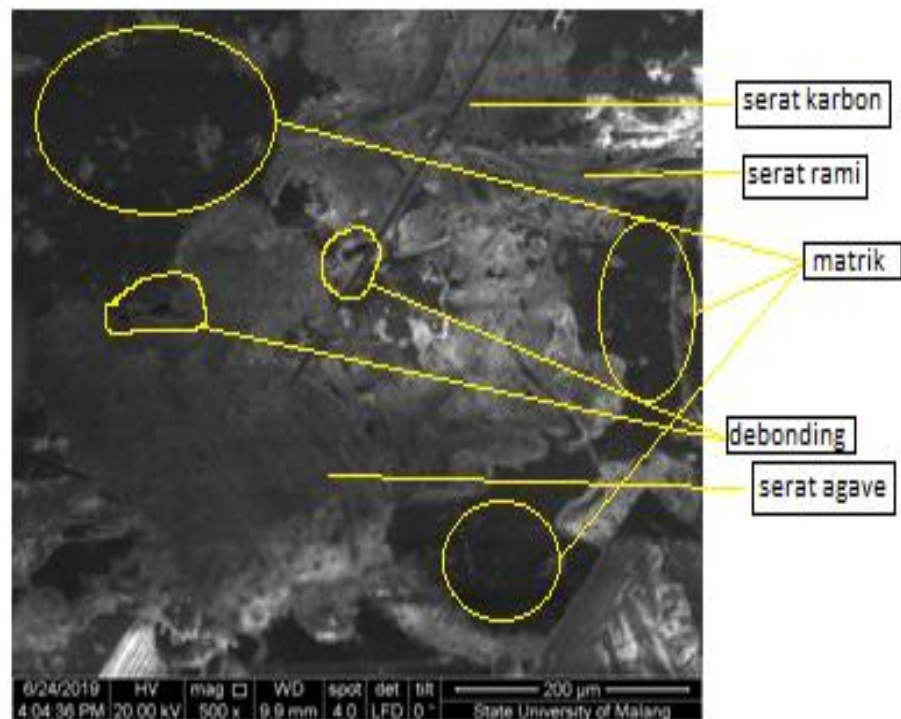
Gambar 4.4 Hasil uji SEM pembesaran 500x variasi berat serat (30 % karbon : 5 % agave : 5 % rami : 60% matrik)
(Sumber : laboratorium mineral Universitas Negeri Malang)

Pada variasi berat serat (20% karbon : 10% agave :10% rami : 60 % matrik) patahan yang terjadi adalah patahan jenis campuran. Patahan yang terjadi merupakan campuran dari patahan getas dan patahan liat patahan ini paling banyak terjadi. Kekuatan komposit akan berkurang dengan perubahan sudut atau berat dari serat, hal ini disebabkan karena berat seratnya transversal sehingga lebih mudah patah¹⁾. Namun hasil dari uji SEM variasi berat serat (20% karbon : 10% agave :10% rami : 60 % matrik) terlihat bahwa pada variasi ini susunan serat terlihat kurang baik. Di lihat dari gambar 4.2 variasi serat (20% karbon : 10% agave :10% rami : 60 % matrik) hasil uji SEM perbesaran 50x, dimana serat rami menggumpal tidak tersusun secara rapi, dan matrik yang terlihat lebih banyak dalam suatu bidang. Hal ini juga di perjelas pada gambar 4.5 hasil uji SEM pembesaran 250x variasi serat (20% karbon : 10% agave :10% rami : 60 % matrik) bahwa susunan serat antar serat karbon, agave dan, rami tidak tersusun dengan rapi. Patah getas dan liat itu sendiri bisa terjadi karena beban impact pada bagian yang rapuh dari matrik di teruskan ke bagian yang liat. Dalam hal ini yang di maksud adalah serat alam(agave dan rami) dan serat karbon. Sesuai dengan penjelasan oleh Nurun nayiroh, M.Si tentang perilaku mekanik pada komposit yang menyatakan bahwa “ketika komponen yang lebih rapuh patah, beban yang di bawa oleh komponen rapuh akan di lemparkan ke komponen yang lebih ulet.”



Gambar 4.5 Hasil uji SEM pembesaran 250x variasi berat serat (20% karbon : 10% agave :10% rami : 60 % matrik)
(Sumber : laboratorium mineral Universitas Negeri Malang)

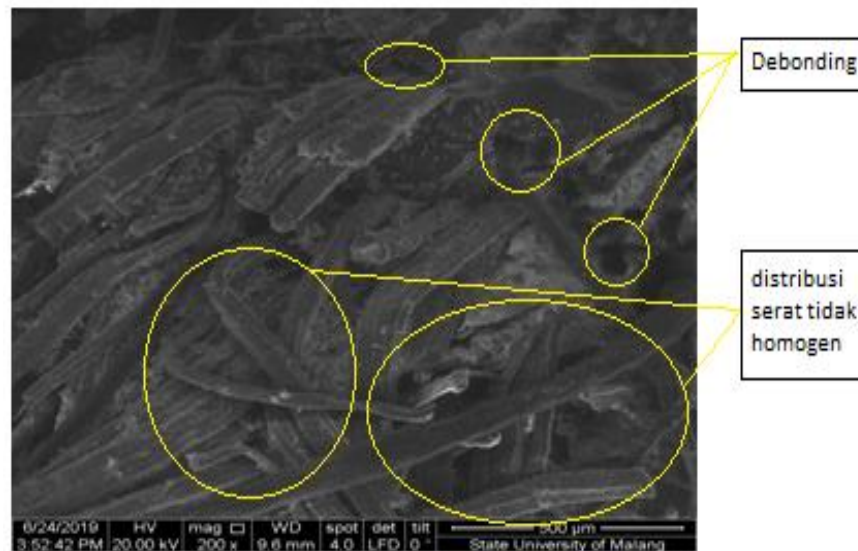
Dari hasil XRD pada variasi berat serat (20% karbon : 10% agave :10% rami : 60 % matrik) menunjukkan intensitas paling rendah, hal ini bisa di jelaskan oleh hasil uji SEM bahwa dari variasi berat serat (20% karbon : 10% agave :10% rami : 60 % matrik) serat agave dan rami yang terdapat pada suatu bidang yang telah di potong untuk uji XRD, menghasilkan intensitas kristal yang paling rendah dikarenakan bidang tersebut tidak terisi oleh serat karbon maupun serat agave dan rami secara rapi/merata. Hal ini diperkuat dari Gambar 4.6 perbesaran uji SEM 500x terlihat perbandingan antara serat karbon, serat rami yang terbungkus oleh pengotor dengan matriks sangat lah jauh berbeda. Dimana matriks terlihat lebih banyak di banding serat – serat penyusun komposit tersebut. Debonding (tidak sepenuhnya ikatan antar serat dengan matrik) juga terlihat pada variasi berat serat (20% karbon : 10% agave :10% rami : 60 % matrik) yang di tunjukkan oleh gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil uji SEM pembesaran 500x variasi berat serat (20% karbon : 10% agave :10% rami : 60 % matrik)
(Sumber : laboratorium mineral Universitas Negeri Malang)

Pada variasi berat serat (10 % karbon : 15% agave : 15% rami : 60% matrik) patahan yang terjadi adalah patahan jenis campuran. Patahan yang terjadi merupakan campuran dari patahan getas dan patahan liat. Patahan ini paling banyak terjadi. Kekuatan komposit akan berkurang dengan perubahan sudut atau berat dari serat, hal ini disebabkan karena berat seratnya transversal sehingga lebih mudah patah¹⁾. Patah getas dan liat itu sendiri bisa terjadi karena beban impact pada bagian yang rapuh dari matrik di teruskan ke bagian yang liat. Dalam hal ini yang di maksud adalah serat alam (agave dan rami) dan serat karbon. Sesuai dengan penjelasan oleh Nurun nayiroh, M.Si tentang perilaku mekanik pada komposit yang menyatakan bahwa “ketika komponen yang lebih rapuh patah, beban yang di bawa oleh komponen rapuh akan di lemparkan ke komponen yang lebih ulet.” Dari variasi ini terlihat susunan serat agave dan rami begitu rapat sehingga pada variasi ini specimen memiliki patah liat. Hal ini di tunjukkan oleh gambar 4.3 tentang hasil uji SEM perbesaran 50x variasi berat serat (10 % karbon : 15% agave : 15% rami : 60% matrik).

Dalam specimen ini terdapat juga debonding (tidak sempurnanya ikatan antar serat dengan matrik) karena bisa di sebabkan oleh serat agave dan rami masih terpengaruh oleh hemiselulosa, lignin dan pengotor lain yang bisa di lihat pada gambar 4.7. Distribusi serat yang tidak merata juga dapat terlihat pada specimen ini. Merata atau tidaknya distribusi serat terhadap matrik polypropylene menimbulkan ikatan matrik terhalang oleh serat yang teraglomerasi sehingga kekuatan mekanik berkurang⁶⁾. Distribusi serat yang tidak homogen juga dapat di lihat pada gambar 4.7 tentang hasil uji SEM pembesaran 200x variasi berat serat (10 % karbon : 15% agave : 15% rami : 60% matrik).



Gambar 4.7 Hasil uji SEM pembesaran 200x variasi berat serat (10 % karbon : 15% agave : 15% rami : 60% matrik)
(Sumber : laboratorium mineral Universitas Negeri Malang)

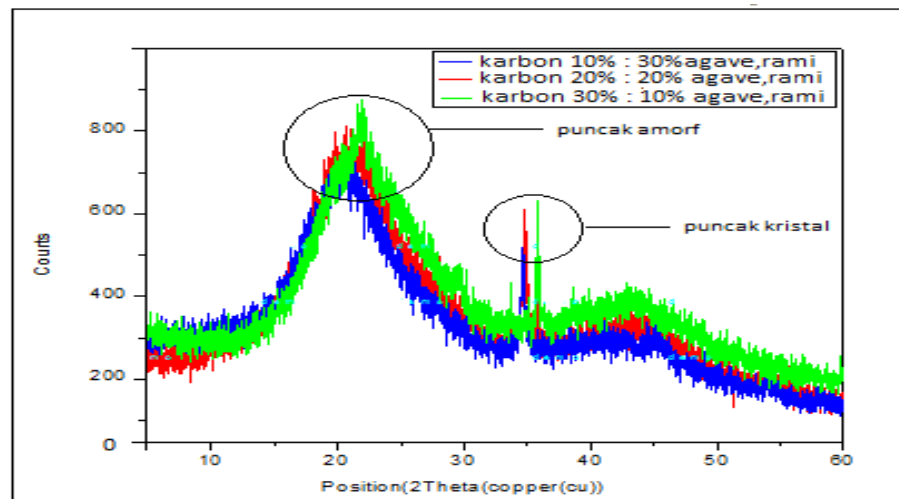
Dari variasi berat serat (10 % karbon : 15% agave : 15% rami : 60% matrik), dan (20% karbon : 10% agave : 10% rami : 60 % matrik), memiliki patahan yang sama yaitu patahan jenis campuran. Patahan yang terjadi merupakan campuran dari patahan getas dan patahan liat. Pada variasi (30 % karbon : 5 % agave : 5 % rami : 60% matrik) memiliki patahan fiber pull out (serat yang tercabut dari matriknya). Dan dilihat dari hasil uji SEM ketiga variasi berat serat tersebut terdapat debonding yang bisa di akibatkan karena serat yang di pakai (agave dan rami) tersebut masih mengandung unsur hemiselulosa, lignin dan pengotor lain yang masih menempel pada serat tersebut. Sehingga matriks tidak dapat mengikat dengan sempurna pada serat – serat tersebut.

Dari hasil pengujian SEM komposit serat karbon, ramie, dan agave menunjukkan bahwa data suatu komposit tidak memiliki sifat yang *homogeneity* pada setiap titiknya, hal ini di junjung oleh pendapat (Matthews dkk 1994) yang menyatakan bahwa komposit merupakan suatu material yang terbentuk dari dua kombinasi atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat

mekanik dari masing-masing pembentuknya berbeda, Dari hasil pengujian tarik komposit serat karbon, ramie, dan agave menunjukkan bahwa data suatu komposit tidak memiliki sifat yang *homogeneity* pada setiap titiknya¹⁾.

4.2.2 Hasil Pengujian XRD

Untuk mempermudah dalam menganalisa dan melihat perbedaan dari grafik data hasil pengujian XRD di atas yang di tunjukkan pada grafik 4.1, 4.2, dan 4.3, disini saya menggunakan aplikasi origin untuk menggabungkan ketiga grafik tersebut. Agar lebih jelas maka warna dari tiap grafik tersebut saya rubah menjadi warna – warna yang berbeda. Dari asal warna merah, untuk variasi berat serat (10 % karbon : 15% agave : 15% rami : 60% matrik) di sini saya menggunakan warna biru. Warna merah untuk variasi berat serat (20% karbon : 10% agave :10% rami : 60 % matrik), dan warna hijau untuk variasi berat serat (30 % karbon : 5 % agave : 5 % rami : 60% matrik). Hasil dari ketiga grafik di tunjukkan pada grafik 4.4 di bawah ini



Grafik 4.4 Hasil analisa XRD komposit polyester variasi berat serat (10 % karbon : 15% agave : 15% rami : 60% matrik), (20% karbon : 10% agave :10% rami : 60 % matrik), (30 % karbon : 5 % agave : 5 % rami : 60% matrik) (sumber : dokumen pribadi)

Dari grafik polyester berpenguat serat karbon, serat agave ,serat rami variasi berat serat (10% karbon : 15% agave : 15% rami : 60% matrik), (20% karbon : 10% agave :10% rami : 60% matrik), (30% karbon : 5% agave : 5% rami : 60% matrik) yang ditunjukkan pada grafik 4.1, 4.2 dan 4.3 tampak sumbu vertical menunjukkan intensitas sinar – x dalam satuan cacah per detik, sedangkan sumbu horizontal menunjukkan sudut hamburan 2θ yang merupakan sudut pergerakan counter detector.

Untuk grafik 4.4 adalah hasil dari ke tiga grafik pengujian XRD variasi berat serat (10% karbon : 15% agave : 15% rami : 60% matrik),(20% karbon : 10% agave : 10% rami : 60% matrik),(30% karbon : 5% agave : 5% rami : 60% matrik) yang telah di jadikan satu, pola yang di dihasilkan hampir sama, dimana pada tiap grafik terdapat puncak maksimum namun tidak bisa di kategorikan sebagai puncak kristal karena puncak tersebut masih berupa pola berbentuk punuk difraksi atau intensitas latar yang tidak teratur. Menurut analisa puncak difraksi oleh Nurun Nayiroh, M.Si (2014) mengatakan bahwa, “keberadaan fasa kristal dapat segera di lihat dari adanya puncak – puncak difraksi, sedangkan material amorf memberikan pola berbentuk punuk difraksi atau intensitas latar yang tidak teratur”. Pola yang tidak beratur ini bisa juga di sebut dengan fasa amorf (hemiselulosa dan lignin). Penelitian Li Lui *et al.* (2009) , menyebutkan bahwa “selulosa bersifat kristal sedangkan hemiselulosa dan lignin bersifat amorf. Kandungan zat amorf pada sampel dapat mempengaruhi besar kecilnya kristalinitas dari serat”.

Dari grafik 4.4 dapat dilihat dimana pada variasi berat serat (10% karbon : 15% agave : 15% rami : 60% matrik) terdapat puncak amorf pada sudut $2\theta = 21.9338$ dengan nilai intensitas di peroleh pada angka = 784 , dan nilai puncak kristal pada sudut $2\theta = 34.7831$ dengan nilai intensitas pada angka = 579. Pada variasi berat serat (20% karbon : 10% agave :10% rami : 60% matrik) terdapat puncak amorf pada sudut $2\theta = 20.7295$ dengan nilai intensitas pada angka = 684, dan nilai puncak

kristal pada sudut $2\Theta = 34.6601$ dengan nilai intensitas di peroleh pada angka = 491. Pada variasi berat serat (30% karbon : 5% agave : 5% rami : 60% matrik) terdapat puncak amorf pada sudut $2\Theta = 21.9437$ dengan nilai intensitas pada angka = 791, dan nilai puncak kristal pada sudut $2\Theta = 35.7553$ dengan nilai intensitas di peroleh pada angka = 649.

Puncak yang paling tinggi intensitasnya terdapat pada variasi berat serat (30% karbon : 5% agave : 5% rami : 60% matrik) dimana terdapat puncak amorf pada sudut $2\Theta = 21.9437$ dengan nilai intensitas pada angka = 791, dan nilai puncak kristal pada sudut $2\Theta = 35.7553$ dengan nilai intensitas di peroleh pada angka = 649. Hal ini menjelaskan penelitian yang di lakukan oleh Agustinus Vilemon Ola Mangu bahwa kekuatan mekanis uji impak paling besar berada pada variasi berat serat (30% karbon : 5% agave : 5% rami : 60% matrik) dengan energi impak dan harga impak yang terdapat pada variasi berat serat (30% karbon : 5% agave : 5% rami : 60% matrik) yaitu: 1,223 *joule* dengan harga impak 0,0152 *Joule/mm²*¹⁰. Tabel uji impak bisa di lihat di halaman lampiran. Karbon berperan penting dalam meningkatkan nilai intensitas karena pada serat karbon tidak terdapat kandungan hemiselulosa atau lignin yang bersifat amorf seperti yang terdapat pada serat agave dan rami, atom karbon terikat bersama dalam Kristal yang kurang lebih sejajar dengan sumbu panjang serat, karena pelurusan Kristal memberikan rasio kekuatan terhadap volume serat(wikipedia).

Hasil pengujian XRD berupa spectrum menyatakan hubungan antara sudut hamburan 2Θ dengan intensitas puncak spectrum, apabila material yang diuji tersebut kristal maka grafik XRD akan muncul banyak peak, namun apabila peak yang dimaksud tidak ada, maka dapat dipastikan material tersebut merupakan amorf¹⁶. Ini menjelaskan bahwa specimen polyester berpenguat serat karbon, agave, dan serat rami dengan variasi berat serat (10% karbon : 15% agave : 15% rami : 60% matrik), (20% karbon : 10% agave : 10% rami : 60% matrik), (30%

karbon : 5% agave : 5% rami : 60% matrik) merupakan material dengan fasa amorf.

Di perkuat dengan hasil analisa uji SEM sebelumnya, bahwa material komposit polyester ini menggunakan serat alam agave dan rami. Dalam serat alam tersebut terdapat kandungan selulosa yang memunculkan peak untuk puncak kristal. Namun serat alam agave dan rami ini tidak hanya memiliki kandungan selulosa saja. Tapi juga terdapat hemiselulosa, lignin dan pengotor lain yang masih melekat pada serat alam (agave dan rami) ini. Unsur – unsur tersebut mendominasi di setiap specimen uji dan terbukti dari setiap hasil foto SEM. Dari unsur – unsur inilah yang menyebabkan data grafik hasil pengujian XRD memiliki puncak – puncak tertinggi yang di miliki oleh fasa amorf, yang menyebabkan specimen ini tergolong ke dalam material amorfus.

Hasil dari keseluruhan ketiga garafik menunjukkan pola XRD yang hampir sama dikarenakan kandungan materialnya berasal dari sumber yang sama yaitu polyester berpenguat serat karbon, serat agave, dan serat rami.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian SEM dapat di simpulkan bahwa struktur permukaan patahan polyester berpenguat serat karbon, agave, dan rami mengalami patahan campuran (getas dan liat) pada variasi berat serat (10 % karbon : 15% agave : 15% rami : 60% matrik) dan (20% karbon : 10% agave :10% rami : 60 % matrik). Pada struktur permukaan variasi berat serat (30 % karbon : 5 % agave : 5 % rami : 60% matrik) terdapat fiber pull out (serat yang tercabut dari matriknya). Dari ketiga variasi tersebut juga terdapat debonding yang bisa di akibatkan karena serat yang di pakai (agave dan rami) tersebut masih mengandung unsur hemiselulosa, lignin dan pengotor lain yang masih menempel pada serat tersebut. Sehingga matriks tidak dapat mengikat dengan sempurna pada serat – serat tersebut. Persebaran serat pun juga tidak homogen.
2. Dari hasil pengujian XRD dapat di simpulkan bahwa fasa kristalin yang terbentuk pada komposit polyester berpenguat serat karbon, serat agave dan serat rami berbentuk amorf atau tidak beraturan dengan nilai intensitas tertinggi pada variasi berat serat 30 % karbon : 5 % agave : 5 % rami : 60% matrik
3. Dari hubungan hasil uji SEM dan uji XRD dapat di simpulkan bahwa dari hasil uji XRD fasa kristalin yang terbentuk pada komposit polyester berpenguat serat karbon, agave , dan rami bersifat amorf . Hal ini terbukti dari hasil uji foto SEM dimana semua hasil menunjukkan adanya unsur hemiselulosa, lignin , dan pengotor lain yang masih menempel pada serat yang mengakibatkan grafik XRD bernilai amorf.

5.2 Saran – saran

1. Untuk kesempurnaan hasil pengujian, hendaknya memperhatikan kondisi dari specimen yang akan diuji tersebut. Karena kondisi specimen yang kurang sempurna dapat mempengaruhi hasil pengujian tersebut.
2. Untuk mendapatkan fasa Kristal yang baik, hendaknya di lakukan proses pembersihan pada serat alam dan di lakukan proses alkalisasi, dan lain – lain.
3. Untuk mendapatkan hasil pengujian yang signifikan diharapkan untuk peneliti selanjutnya untuk melakukan analisa dengan metode SEM-EDAX


DAFTAR PUSTAKA

1. Agustinus Vilemon Ola Mangu., 2018, Analisa Pengaruh Variasi Fraksi Berat Serat (Karbon, Agave, Dan Rami) Komposit Matriks Polyester Terhadap Sifat Mekanis, Intitut Teknologi Nasional Malang
2. Ariawan, D., 2003, Pengaruh Modifikasi Serat Terhadap Karakteristik Komposit UPRs – Cantula, Jurnal Teknik Mesin Poros, Universitas Sebelas Maret,
3. ASM Aerospace Specification Metals Inc. 2501 N.W. 34th Place #B28 Pompano Beach, Florida
4. Bergander, A., Salmen, L., 2002, Cell Wall Properties and Their Effects on The Mechanical Properties of Fiber,
5. Bismarck, A., Mishra, S., Lampke, T., 2005, Plant Fiber as Reinforcement for Green Composite. In: Mohanty, AK, Misra, M., and Drzal, LT (Ed), Natural Fiber, Biopolymer, and Biocomposites. CRC Press Taylor and Francis Group, Boca Raton
6. Dani Rahman Putra, Hariani Sosiati, Cahyo Budiantoro., 2017, Karakterisasi Sifat – Sifat Tarik Komposit Laminat Hibrida Kenaf/E-Glass Yang Difabrikasi Dengan Matriks Polyester, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
7. Diharjo, K., Dan Triyono, T., 2000, Buku Pegangan Kulian Material Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta
8. Doni Kurniawan., 2013“KAJI EKSPERIMENTAL MATERIAL KOMPOSIT UNTUK DINDING PERAHU BERPENGUAT BAMBUI LAPISI FIBER DAN RESIN SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIP POSISI SERAT VERTIKAL”
9. Gibson, R. F.,1994.“Principles Of Composite Material Mechanics”. Mc Graw HillBook Co.
10. Harper., 1996, Review Current International Research into Cellulosic Fibres and Composites,
11. Jacobs James A Thomas F,2005“Engineering Materials Technology Structures, Processing, Properties and Selection”. New Jersey Columbus, Ohio.
12. Kurniawan Indra P, Wijang Wisnu Raharjo, Teguh Triyono., 2016, Pengaruh Variasi Temperatur Hotpress Terhadap Kekuatan Bending Komposit Rhdpe/Cantula, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
13. Rusmiyanto Fandhy, (2007), Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending Komposit *Nilon / Epoksi* Resin Serat Pendek Acak. Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang, Semarang.
14. Schwartz, M.M. (1984). Composite Materials Handbook. New York
15. Shackelford, 1992, Introduction to Materials Science for Engineer, Third Edition, macMillan Publishing Company, New York, USA

16. Widya Irnawati., 2017, Karakterisasi Butiran Karbon Batok Kelapa Dengan Berdasakan Uji UV-VIS Dan XRD,SEM Dan ASS[Skripsi], Universitas Negri Yogyakarta

LAMPIRAN – LAMPIRAN

	<p>UNIVERSITAS NEGERI MALANG FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL) Jalan Seuring, 5, Malang 65143 Telp. 0841-551512 (paw 2009) 574859 / 082106001000 E-mail: labmineral@unma.ac.id / labmm@unma.ac.id Website: central-labmineral.unma.ac.id</p>
---	---

LAPORAN HASIL UJI	
LSUM.LHU.A.00279.2019	
Customers	: Maolana Waliyul Amri – ITN Malang
Contact Customer	: 0878-5941-0807 /email : maolanawaliyulamri@gmail.com
Methods	: IKM.A.1
Test Equipment	: SEM
Received Date	: 29 April, 2019
Order Number	: LHU.P.00508.2019
SPECIMEN DESCRIPTION	
Condition of Samples	: Sampel berbentuk padatan dengan permukaan bersecat
Sample Code	: A192
Material Name	: 10%
Measurement time	: Juni 24, 2019
OPERATOR, ANALYZER & SUPERVISOR	
Analyzer	: Halimahtus Sahdiah, S.Si
Supervisor	: Nandang Mufli, S.Si, M.T, Ph.D
RESULTS	
Remark	:
	

Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang ditaji

Mengetahui,
 Manajer Teknis



Dra. Surjani Wonorahardjo, Ph.D.
 NIP.196605281991032001

Malang, 25 Juni 2019

Menyetujui

Si Dekan

Kepala Lab. Mineral dan Material Maju FMIPA UM




Nandang Mufli, S.Si, M.T, Ph.D
 NIP.19720815200501100



UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)

Jalan Semang 5, Malang 65145
Telp. 0341-521512 (pwn 2009) 57-0029/ 08100001088
E-mail : laboratoriumsentral@unma.ac.id
Website : sentral-labtestery.unma.ac.id

LAPORAN HASIL UJI	
LSUM.LHU.A.00281.2019	
Customers	: Maolana Waliyul Amri – ITN Malang
Contact Customer	: 0878-5941-0807 /email : maolanawaliyulamri@gmail.com
Methods	: IKM.A.1
Test Equipment	: SEM
Received Date	: 29 April, 2019
Order Number	: LHU.P.00508.2019
SPECIMEN DESCRIPTION	
Condition of Samples	: Sampel berbentuk padatan dengan permukaan berserat
Sample Code	: A194
Material Name	: 20%
Measurement time	: Juni 24, 2019
OPERATOR, ANALYZER & SUPERVISOR	
Analyzer	: Halimahtus Sahdiah, S.Si
Supervisor	: Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
RESULTS	
Remark	:
	
Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji	

Mengetahui,
Manajer Teknis

Dra. Surjani Wonorahardjo, Ph.D.
NIP. 196605281991032001


Malang, 25 Juni 2019

Menyetujui
dan Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju FMIPA UM

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 19720815200501100



UNIVERSITAS NEGERI MALANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
Jl. Saiful Yakin 5, Malang 65145
Telp. 041-551512 (pns 280) 37490/0830801088
Email: info@laboratoriummalang.unma.ac.id
Website: central-laboratory.unma.ac.id

LAPORAN HASIL UJI	
LSUM.LHU.A.00280.2019	
Customers	: Maolana Waliyul Amri – ITN Malang
Contact Customer	: 0878-5941-0807 /email : msulanawaliyulamri@gmail.com
Methods	: IKM.A.1
Test Equipment	: SEM
Received Date	: 29 April. 2019
Order Number	: LHU.P.00508.2019
SPECIMEN DESCRIPTION	
Condition of Samples	: Sampel berbentuk padatan dengan permukaan berserat
Sample Code	: A193
Material Name	: 30%
Measurement time	: Juni 24. 2019
OPERATOR, ANALYZER & SUPERVISOR	
Analyzer	: Halimahtus Sabdiah, S.Si
Supervisor	: Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
RESULTS	
Remark	:
	
Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji	

Mengetahui,
Manajer Teknis

Dra. Surjani Wonorahardjo, Ph.D.
NIP.196605281991032001

Malang, 25 Juni 2019
Menyetujui
s.n Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju FMIPA UM

Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 19720815200501100



UNIVERSITAS NEGERI MALANG
 FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
 LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
 Jalan Semarang 5, Malang 65145
 Telp. 0341-551312 (paw 200) 574895/ 083106001048
 E-mail : laboratoriumsentralum@um.ac.id
 Website : central-laboratory.um.ac.id

FORM PERMOHONAN PENGUJIAN

No : LSUM.P.02508 2019

NAMA : MAOLANA WALIYUL AMRI
 NO. TELEPON : 087 859 410 807
 E-mail : Maulanawaliyulamri@gmail.com
 INSTANSI : ITN MALANG
 JUMLAH SAMPEL : 9 (sembilan)
 NAMA SAMPEL :

	Nama Sampel	Kode	Nama Sampel	Kode
Kaji Ulang Tender & Kontrak	1. Karbon 10% Kapas 20%	A186	11.	
Analisis	2. Karbon 20% kapas 20%	A187	12.	
Alat	3. Karbon 30% kapas 10%	A188	13.	
Reagen	4. Karbon 20%	A189	14.	
Metode	5. Karbon 30% I	A190	15.	
Kondisi Akomodasi	6. Karbon 20% II	A191	16.	
Subcon	7. 10 %	A192	17.	
	8. 30 %	A193	18.	
	9. 20 %	A194	19.	
	10.		20.	

KARAKTERISASI : SEM (tata letak pengujian, dicati patahannya akan dikompon
 KETERANGAN : gantar di contoh jurnal, jika tak dikompon hingga waktu
pengujian maka diuji sesuai ~~analisa~~ analisa.

- Menyebutkan dan menjelaskan perlakuan khusus untuk sampel uji dalam kolom "KETERANGAN"
 - Jika sampel sisa pengujian tidak diambil maka akan dimusnahkan dalam jangka 2 bulan
 - Jadwal pengujian mengikuti antrian yang sudah ada
 - Tidak ada pengujian ulang akibat kesalahpahaman pemohon
 - Lembar Hasil Uji akan diberikan setelah pelunasan dan administrasi selesai
 - Segala bentuk pengaduan akan disampaikan sesuai prosedur pengaduan
- Saya/ kami menyatakan menyetujui dan tunduk pada tata tertib terlampir yang merupakan satu kesatuan dengan formulir ini, maupun ketentuan lain yang berlaku di Laboratorium (Sentral) Mineral dan Material Maju.

Penyerahan Sampel

Pemohon	Customer Service
(.....)	(.....)
Malang, <u>20</u> April 20 <u>19</u>	

Pengambilan Hasil

Customer Service	Pengambil Hasil
(.....)	(.....)
Malang, <u>25</u> Juni 20 <u>19</u>	

SEM - di serahin ke handfite sampel

gunakan tanda centang *(coret salah satu)
 Pengambilan hasil uji jika diwakilkan harus membawa surat kuasa bermaterai




LABORATORIUM DIVISI KARAKTERISASI MATERIAL
JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI FTI-ITS
Kampus ITS Sukolilo 60111
Telp/Fax : 031 5943645, 5997026

Sudah terima dari : Dicky
Jumlah uang : Satu juta Delapan Ratus Ribu Rupiah
Untuk pembayaran : XRD + FTIR

Terbilang Rp. : 1 800 000,-

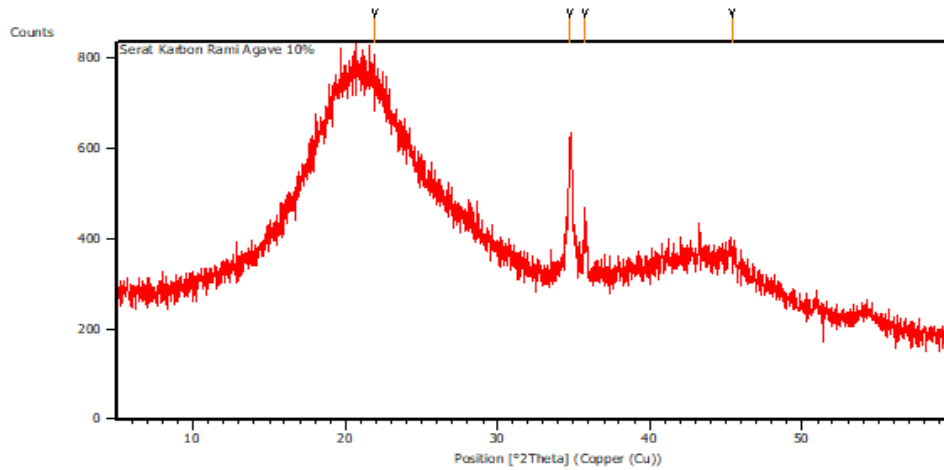
Surabaya, 29 April 2019


Rosealia Istiani

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets.
 Modify it according to your own needs and standards.

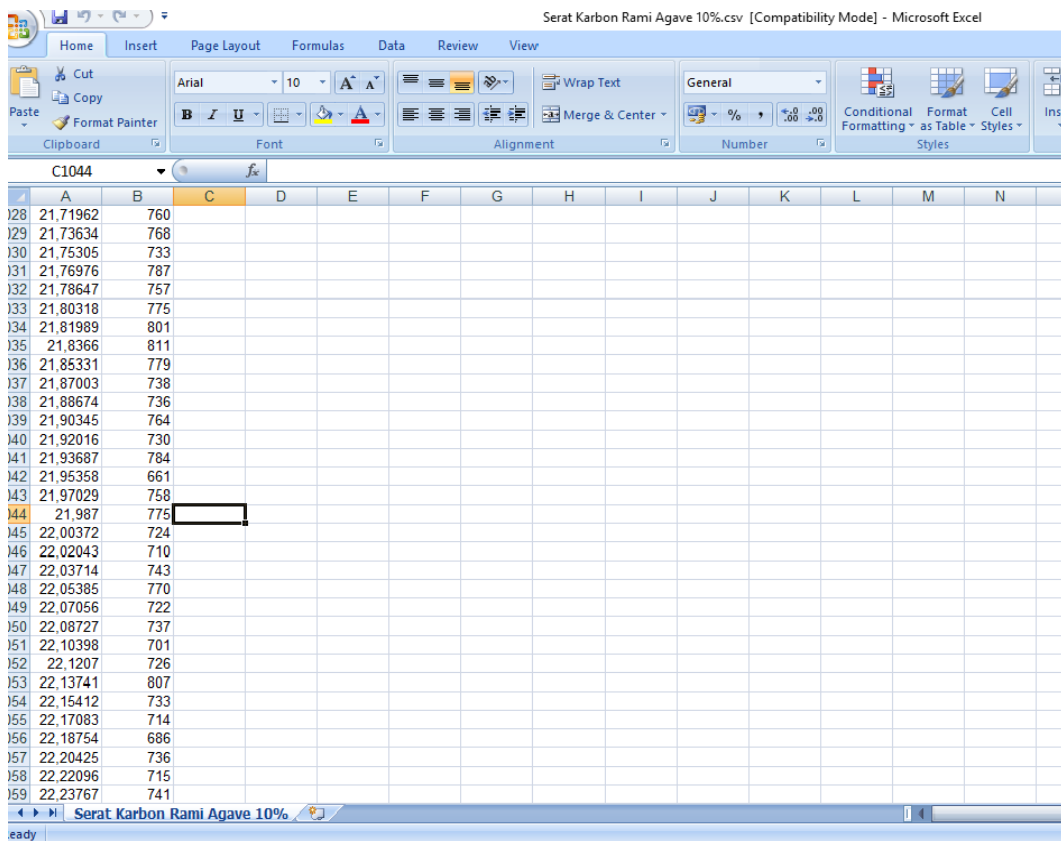
Measurement Conditions: (Bookmark 1)

Dataset Name	Serat Karbon Rami Agave 10%
File name	E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian 2019\Mei\Alif\Serat Karbon
Rami Agave 10%\Serat Karbon Rami Agave 10%.rd	
Comment	Configuration=Reflection-Transmission Sp Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini
Measurement Date / Time	5/10/2019 12:02:00 PM
Raw Data Origin	PHILIPS-binary (scan) (.RD)
Scan Axis	Gonio
Start Position [°2Th.]	5.0084
End Position [°2Th.]	59.9864
Step Size [°2Th.]	0.0170
Scan Step Time [s]	10.1500
Scan Type	Continuous
Offset [°2Th.]	0.0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size [°]	0.2500
Specimen Length [mm]	10.00
Receiving Slit Size [mm]	12.7500
Measurement Temperature [°C]	-273.15
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [Å]	1.54060
K-Alpha2 [Å]	1.54443
K-Beta [Å]	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio	0.50000
Generator Settings	30 mA, 40 kV
Diffractionmeter Type	XPert MPD
Diffractionmeter Number	1
Goniometer Radius [mm]	200.00
Dist.Focus.Diverg. Slit [mm]	91.00
Incident Beam Monochromator	No
Spinning	No



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
21.9338	157.14	0.0900	4.04906	52.92
34.7831	296.96	0.2342	2.57924	100.00
35.7493	151.11	0.0502	2.51172	50.88
45.3859	34.25	0.4015	1.99832	11.53



Serat Karbon Rami Agave 10%.csv [Compatibility Mode] - Microsoft Excel

Home Insert Page Layout Formulas Data Review View

Cut Copy Paste Format Painter Clipboard

Arial 10 Font

Wrap Text Alignment Merge & Center

General Number

Conditional Formatting Format as Table Cell Styles Insert

A1 [Measurement conditions]

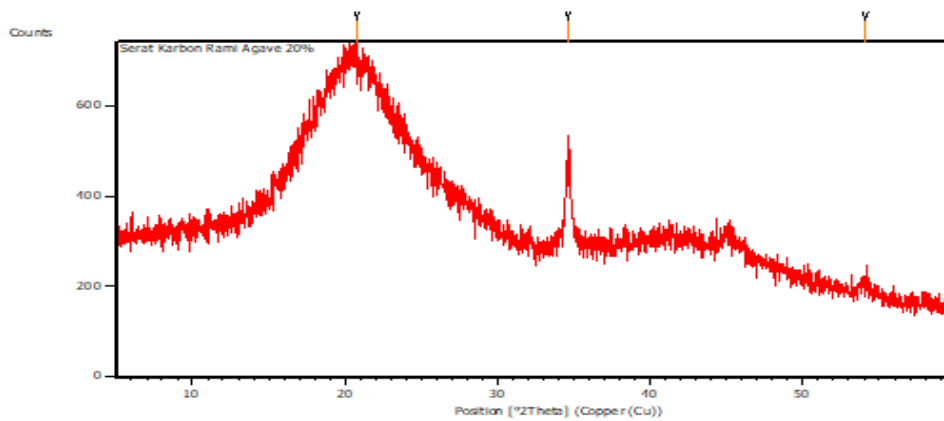
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1802	34,65415	537													
1803	34,67086	513													
1804	34,68757	561													
1805	34,70428	528													
1806	34,72099	580													
1807	34,7377	586													
1808	34,75441	631													
1809	34,77113	606													
1810	34,78784	579													
1811	34,80455	642													
1812	34,82126	618													
1813	34,83797	556													
1814	34,85468	570													
1815	34,87139	589													
1816	34,8881	539													
1817	34,90482	530													
1818	34,92153	536													
1819	34,93824	491													
1820	34,95495	530													
1821	34,97166	478													
1822	34,98837	477													
1823	35,00508	430													
1824	35,02179	426													
1825	35,03851	400													
1826	35,05522	402													
1827	35,07193	459													
1828	35,08864	414													
1829	35,10535	395													
1830	35,12206	378													
1831	35,13877	386													
1832	35,15548	413													
1833	35,1722	405													

Ready

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets. Modify it according to your own needs and standards.

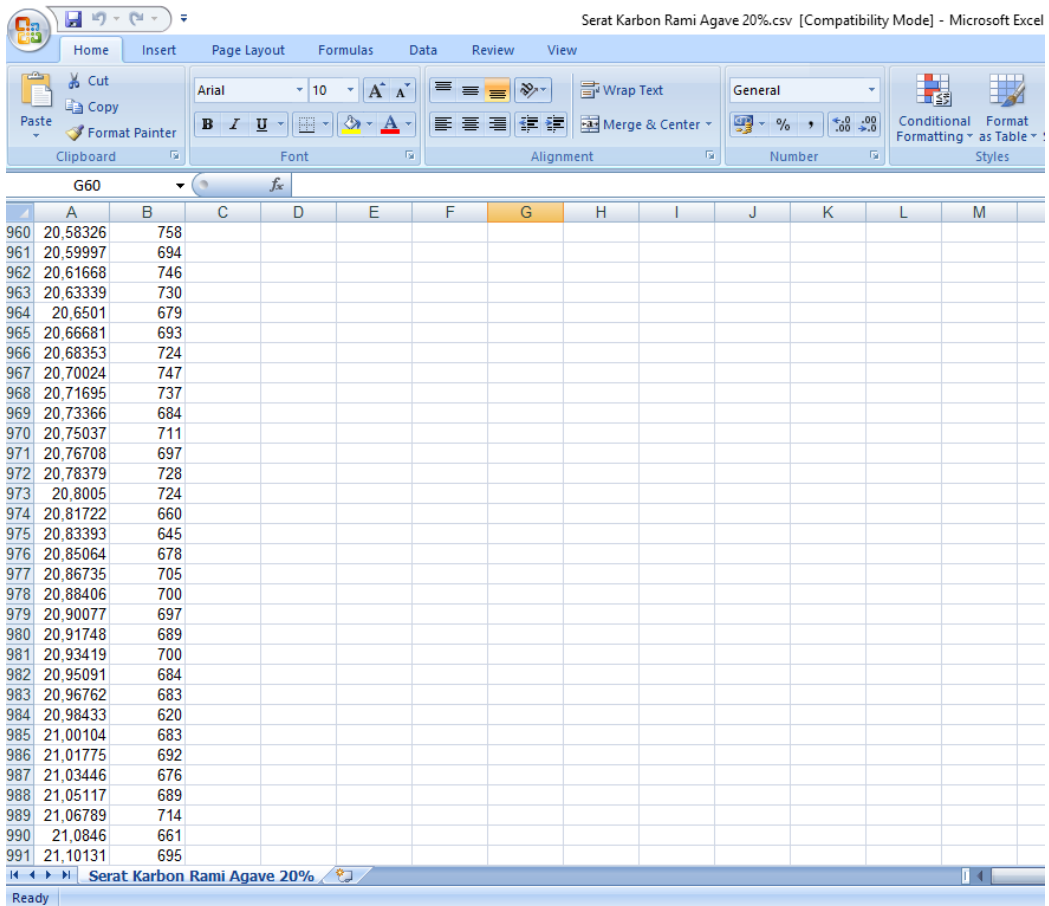
Measurement Conditions: (Bookmark 1)

Dataset Name	Serat Karbon Rami Agave 20%
File name	E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian 2019\Mei\Alif\Serat Karbon Rami Agave 20%\Serat Karbon Rami Agave 20%.rd
Comment	Configuration=Reflection-Transmission Sp Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini
Measurement Date / Time	5/10/2019 3:15:00 PM
Raw Data Origin	PHILIPS-binary (scan) (.RD)
Scan Axis	Gonio
Start Position [°2 Th.]	5.0084
End Position [°2 Th.]	59.9864
Step Size [°2 Th.]	0.0170
Scan Step Time [s]	10.1500
Scan Type	Continuous
Offset [°2 Th.]	0.0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size [°]	0.2500
Specimen Length [mm]	10.00
Receiving Slit Size [mm]	12.7500
Measurement Temperature [°C]	-273.15
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [Å]	1.54060
K-Alpha2 [Å]	1.54443
K-Beta [Å]	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio	0.50000
Generator Settings	30 mA, 40 kV
Diffractionmeter Type	XPert MPD
Diffractionmeter Number	1
Goniometer Radius [mm]	200.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	91.00
Incident Beam Monochromator	No
Spinning	No



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2 Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2 Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
20.7295	110.01	0.0900	4.28148	48.33
34.6601	227.64	0.2342	2.58811	100.00
54.1230	24.51	0.6691	1.69457	10.76



Serat Karbon Rami Agave 20%.csv [Compatibility Mode] - Microsoft Excel

Home Insert Page Layout Formulas Data Review View

Cut Copy Paste Format Painter Clipboard

Arial 10 Font

Wrap Text Merge & Center Alignment

General Number Conditional Formatting Format Styles Cell Styles

A1 [Measurement conditions]

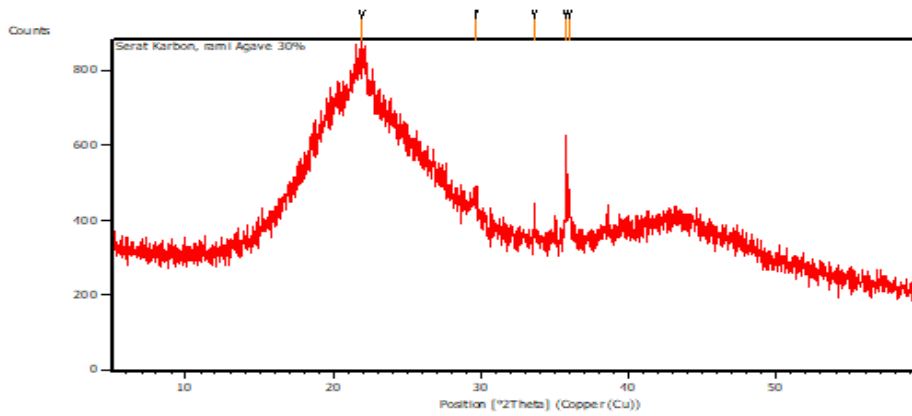
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1789	34.4369	360												
1790	34.45361	389												
1791	34.47032	409												
1792	34.48703	413												
1793	34.50375	404												
1794	34.52046	466												
1795	34.53717	438												
1796	34.55388	450												
1797	34.57059	512												
1798	34.5873	419												
1799	34.60401	470												
1800	34.62072	532												
1801	34.63744	532												
1802	34.65415	491												
1803	34.67086	513												
1804	34.68757	484												
1805	34.70428	497												
1806	34.72099	512												
1807	34.7377	476												
1808	34.75441	416												
1809	34.77113	468												
1810	34.78784	425												
1811	34.80455	455												
1812	34.82126	424												
1813	34.83797	379												
1814	34.85468	374												
1815	34.87139	390												
1816	34.8881	370												
1817	34.90482	389												
1818	34.92153	366												
1819	34.93824	336												
1820	34.95495	357												

Ready

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets. Modify it according to your own needs and standards.

Measurement Conditions: (Bookmark 1)

Dataset Name	Serat Karbon, rami Agave 30%
File name	E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian 2019\Mei\Alif\Serat Karbon, rami Agave 30%\Serat Karbon, rami Agave 30%.rd
Comment	Configuration=Reflection-Transmission Sp Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini
Measurement Date / Time	5/10/2019 12:50:00 PM
Raw Data Origin	PHILIPS-binary (scan).(RD)
Scan Axis	Gonio
Start Position [°2 Th.]	5.0084
End Position [°2 Th.]	59.9864
Step Size [°2 Th.]	0.0170
Scan Step Time [s]	10.1500
Scan Type	Continuous
Offset [°2 Th.]	0.0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size [°]	0.2500
Specimen Length [mm]	10.00
Receiving Slit Size [mm]	12.7500
Measurement Temperature [°C]	-273.15
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [Å]	1.54060
K-Alpha2 [Å]	1.54443
K-Beta [Å]	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio	0.50000
Generator Settings	30 mA, 40 kV
Diffractometer Type	XPert MPD
Diffractometer Number	1
Goniometer Radius [mm]	200.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	91.00
Incident Beam Monochromator	No
Spinning	No



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
21.9437	117.20	0.8029	4.05059	41.04
29.6860	70.29	0.2007	3.00946	24.62
33.6180	60.58	0.1338	2.66592	21.21
35.7553	285.54	0.0502	2.51132	100.00
36.0113	141.45	0.0502	2.49405	49.54

Serat Karbon, rami Agave 30%.csv [Compatibility Mode] - Microsoft Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1026	21.6862	822													
1027	21.70291	812													
1028	21.71962	860													
1029	21.73634	830													
1030	21.75305	826													
1031	21.76976	799													
1032	21.78647	822													
1033	21.80318	788													
1034	21.81989	833													
1035	21.8366	864													
1036	21.85331	868													
1037	21.87003	893													
1038	21.88674	822													
1039	21.90345	867													
1040	21.92016	778													
1041	21.93687	791													
1042	21.95358	810													
1043	21.97029	806													
1044	21.987	819													
1045	22.00372	869													
1046	22.02043	818													
1047	22.03714	795													
1048	22.05385	827													
1049	22.07056	791													
1050	22.08727	831													
1051	22.10398	836													
1052	22.1207	864													
1053	22.13741	866													
1054	22.15412	827													
1055	22.17083	788													
1056	22.18754	793													
1057	22.20425	848													

Serat Karbon, rami Agave 30%.csv [Compatibility Mode] - Microsoft Excel

Home Insert Page Layout Formulas Data Review View

Cut Copy Paste Format Painter Clipboard

Arial 10 Font

Wrap Text Merge & Center Alignment

General Number Conditional Formatting Styles

A1 [Measurement conditions]

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1847	35,40615	345											
1848	35,42287	351											
1849	35,43958	382											
1850	35,45629	341											
1851	35,473	315											
1852	35,48971	325											
1853	35,50642	349											
1854	35,52313	376											
1855	35,53984	336											
1856	35,55656	342											
1857	35,57327	351											
1858	35,58998	360											
1859	35,60669	359											
1860	35,6234	345											
1861	35,64011	405											
1862	35,65682	369											
1863	35,67353	394											
1864	35,69025	391											
1865	35,70696	404											
1866	35,72367	402											
1867	35,74038	620											
1868	35,75709	649											
1869	35,7738	508											
1870	35,79051	478											
1871	35,80722	419											
1872	35,82394	491											
1873	35,84065	550											
1874	35,85736	467											
1875	35,87407	442											
1876	35,89078	407											
1877	35,90749	415											
1878	35,9242	421											

Ready

4.1.5 Pengelolaan Data Hasil Pengujian Kekuatan Impak

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Impak Variasi Berat serat

Variasi Serat	l (mm)	b (mm)	t (mm)	h (mm)	Luas (m ²)	α (°)	β (°)	Energi (joule)	HI (Joule/mm ²)
Tanpa Serat	55	10	10	8	80	45	41,5	0,7126	0,0089
	55	10	10	8	80	45	41,5	0,7126	0,0089
	55	10	10	8	80	45	41,5	0,7126	0,0089
Rata-rata								0,7126	0,0089
10% Serat	55	10	10	8	80	45	39,5	1,0987	0,0137
	55	10	10	8	80	45	38,5	1,2857	0,0161
	55	10	10	8	80	45	41	0,8106	0,0101
Rata-rata								1,065	0,0133
20% Serat	55	10	10	8	80	45	39,5	1,0987	0,0137
	55	10	10	8	80	45	39	1,1927	0,0149
	55	10	10	8	80	45	38,5	1,2857	0,0161
Rata-rata								1,192367	0,0149
30% Serat	55	10	10	8	80	45	39,5	1,0987	0,0137
	55	10	10	8	80	45	38	1,3777	0,0172
	55	10	10	8	80	45	39	1,1927	0,0149
Rata-rata								1,223033	0,015266667



