

BAB II TINJAUAN PUSTAKA & LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penggunaan komposit serat alam banyak diaplikasikan diberbagai bidang seperti otomotif, olahraga, industri dan biomedis. Namun serat alam tidak dapat sepenuhnya menggantikan serat sintetis dikarenakan sifat mekanis dan sifat fisis pada serat alam tidak sebaik serat sintetis. Kekurangan serat alam disebabkan karena sifatnya hidrofilik (Holbery et al. 2006). Sifat hidrofilik mengarah ke ketidakcocokan dengan matrik polimer yang bersifat hidrofobik dan akibatnya, ikatan antara serat dan matriks lemah (Roy et al., 2012). Oleh karena itu, untuk meningkatkan sifat mekanik komposit, perlu perlakuan alkalisasi yang sesuai.

Cai et al. (2016) melaporkan tentang Perlakuan Alkalisasi untuk memodifikasi struktur dan komposisi kimia serat abaca. Perendaman serat abaca dalam larutan NaOH (5, 10 dan 15%) selama 2 jam. menghasilkan larutnya bahan pengikat hemiselulosa dan lignin dari serat abaca, dan mengubah struktur internal dan morfologi permukaan serat. Serat abaca yang diperlakukan dalam NaOH 5% berat menunjukkan kristalinitas selulosa tinggi dan sedikit fibrilasi, serta adhesi antarmuka yang sangat baik dengan resin epoksi. Konsentrasi NaOH yang lebih tinggi menurunkan kristalinitas selulosa dan menyebabkan fibrilasi bundel serat abaca. Perubahan kimia permukaan terkait menghasilkan adhesi serat yang lemah dengan resin epoksi. Hasil menunjukkan bahwa perawatan alkali konsentrasi rendah sangat bermanfaat untuk meningkatkan sifat permukaan dan kinerja serat abaca untuk aplikasi komposit.

Sosiati et al. (2019) meneliti tentang *Characterization of tensile properties of alkali-treated kenaf/polypropylene composites* variasi lama perendaman alkalisasi 4 jam, 10 jam, 24 jam, 36 jam dan tanpa perlakuan (*untreated*). Serat kenaf dipotong sepanjang 6 mm dan *Polypropylene* dipotong dengan ukuran panjang 17 cm dan lebar 2,2 cm. Komposisi pada komposit ini menggunakan fraksi volume 20% serat dan 80% matriks dengan jumlah lapisan 13 *laminata*. Fabrikasi pada komposit menggunakan metode serat *laminata* dan persebaran serat menggunakan metode

hand-lay-up dan dipress pada mesin *hot press* dengan tekanan 3,5 MPa pada suhu 175°C selama 10 menit. Pengujian yang dilakukan uji tarik dengan standar ASTM D638-02 dengan *crosshead speed* 500 mm/min dan *gauge length* 50 mm. Hasil pada penelitian ini akan dikarakterisasikan dengan uji FTIR dan SEM. Hasil penelitian terlihat bahwa semakin lama perendaman alkali semakin tinggi kuat tarik yang terlihat pada lama perendaman alkali 36 jam nilai kuat tarik 48 MPa dan modulus elastisitas 1,8 GPa.

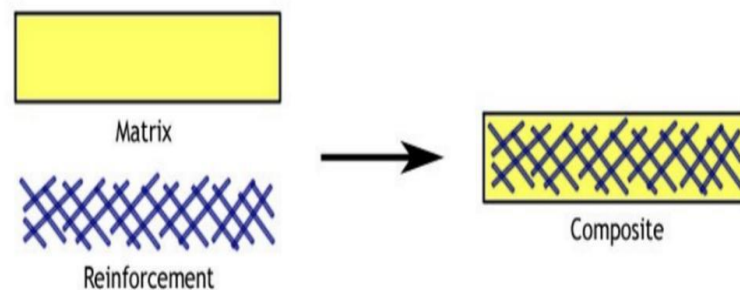
Penelitian yang terkait dengan komposit polimer PMMA dengan penguat serat karbon dan sisal sebagai aplikasi biomedis telah dilakukan oleh Sosiati et al. (2019) Metode yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *cold press* selama 60 menit . Spesimen komposit akan diuji menggunakan *Universal Testing Machine* dengan ASTM D638-01 untuk uji tarik dengan cross-head 5 mm/min dan dan ASTM D790-02 untuk uji bending dengan *cross-head* 3,33 mm/min. Serat sisal di bersihkan dengan air, kemudian dikeringkan di oven dengan suhu 70 derajat selama 30 menit, kemudian serat dialkalisasi dengan larutan NaOH dengan konsentrasi 6% selama 4 jam dan dinetralkan dengan CH₃COOH konsentrasi 1% selama 1 jam dan dibersihkan dengan air. Serat sisal dipotong sepanjang 6 mm kemudian difabrikasikan dengan metode *hand-lay-up* (manual) persebaran serat acak pada cetakan spesimen dan dipress dengan alat *cold press* dengan tekanan 4,45 MPa selama 60 menit. Hasil yang diperoleh serat sisal yang diperlakukan dengan alkali dibandingkan tanpa perlakuan peningkatan kekuatan tarik sebesar 49 MPa dan modulus elastisitas 1,3 GPa dari komposit hibrida sisal / PMMA

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Komposit

Komposit adalah suatu jenis material baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya. Secara umum, penyusun komposit terdiri dari dua atau lebih bahan, seperti matriks (penyusun dengan fraksi volume terbesar), penguat (penahan beban utama), *interphase* (pelekat antara matrik dan penguat) dan *interface* (permukaan fase yang berbatasan dengan fase lain). Adapun definisi

secara mikrostruktur yaitu material yang disusun dari penggabungan dua atau lebih penyusun makro yang berbeda dalam bentuk ataupun komposisi yang tidak larut satu dengan yang lainnya (Nayoroh , 2013). Material komposit tersusun atas dua tipe material penyusun yakni matriks dan fiber (reinforcement) seperti pada Gambar 2.1. Keduanya memiliki fungsi yang berbeda, fiber berfungsi sebagai material rangka yang menyusun komposit, sedangkan matriks berfungsi untuk merekatkan fiber dan menjaganya agar tidak berubah posisi. Campuran keduanya akan menghasilkan material yang keras, kuat, namun ringan (Ony 2017)

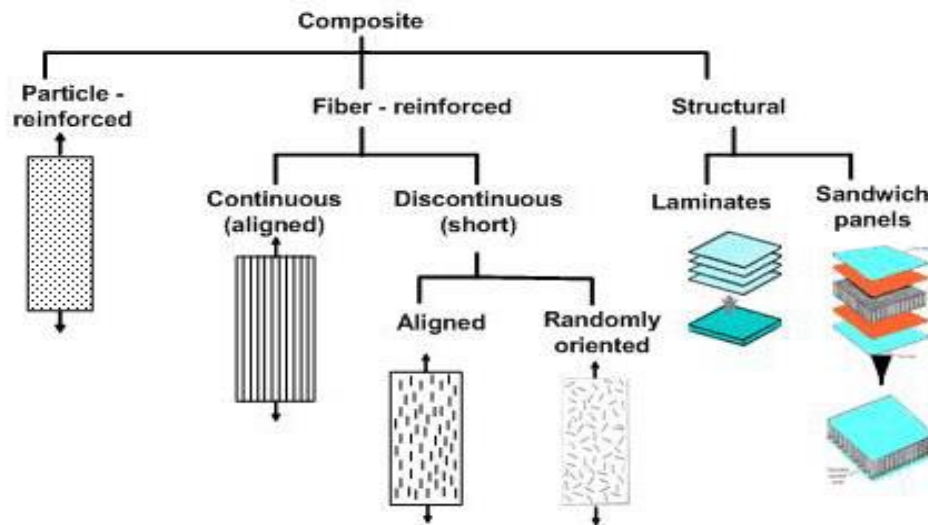


Gambar 2.1 Susunan pada komposit (Ony 2017)

2.2.1.1 Penguat (*reinforcement*)

Penguat (*reinforcement*) yang berfungsi sebagai rangka yang menyusun komposit dan menahan beban utama pada komposit. Komposit dapat di klasifikasikan berdasarkan jenis penguatnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. 2.

- a) *Particle Composite Materials* (komposit partikel) adalah jenis komposit yang menggunakan partikel/butiran sebagai *filler* (pengisi). Partikel berupa logam atau non logam dapat digunakan sebagai filler.
- b) *Fibrous Composite Materials* (komposit serat) adalah komposit yang terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matriks dan serat
- c) *Structural Composite Materials* (komposit berlapis) adalah komposit yang terdiri dari sekurang-kurangnya dua material berbeda yang direkatkan bersama-sama. Ada dua jenis pada komposit berlapis ini yaitu *sandwich panels and laminates*



Gambar 2.2 Klasifikasi material komposit berdasarkan penguat
(www.google.com)

2.2.1.1.1 Serat Abaka

Serat abaka (*Musa textilis Nee*) merupakan serat alam yang berasal dari Filipina. Masyarakat asli Filipina memanfaatkan serat abaka sebagai bahan pembuat tekstil yang pemanfaatannya terus berkembang yang bertujuan untuk penggunaan tali kapal, kabel, anyaman, basket, tas, topi dan mebel, serta bahan utama pembuat kertas. Serat abaka juga bisa ditemukan di kepulauan Indonesia, seperti pulau Kalimantan, Sumatera (terutama Aceh Timur dan pulau Simelue), dan Sulawesi Utara. Serat abaka memiliki diameter serat 150-260 μm . Ditinjau dari sifat morfologi dan komposisi kimia serat abaka memiliki Serat abaka mengandung 56-68 wt.% selulosa, 19-25% berat hemiselulosa, 5-13% berat lignin dan sebagian kecil lemak, pektin, abu dan lilin. Abaka memiliki sifat mekanis tinggi seperti *tensile strength* 980 MPa dan Young's modulus 12-72 GPa (Müssig et al., 2010). Sifat mekanis serat abaka dapat dilihat dari Tabel 2.1 dan sifat kimia pada serat abaka dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Sifat Mekanis Serat Abaka

Kind of fibre			Tensile strength (MPa) range (most frequently published)	Young's modulus (GPa) range (most frequently published)	Elongation at break (%) range (most frequently published)
Monocotyledonous plants	Fruit fibre	Coir	95–270 (200)	2.8–6 (5)	15–51.4 (30)
	Leaf sheat fibres	Sisal	80–855 (600)	9–38 (12)	1.9–14 (3)
Abaca			12-980 (600)	12-72 (50)	
		Pineapple	170–1627 (750)	6.2–82.5 (40)	0.8–3 (2)
		Henequen	430–580 (500)	10.1–16.3 (13)	3–5.9 (4)
		Curaua	439–495 (460)	10.5 (10.5)	1.3–4.5 (3)
		Piassava	134–143 (140)	1.07–4.59 (3)	21.9 (22)
		Alfa	350 (350)	22 (22)	5.8 (2.8)
	Halm fibre	Bamboo	140–1000 (500)	11–89 (30)	
		Date palm	97–196 (150)	2.5–5.4 (5)	2–4.5 (3.3)
		Oil palm EFB	248 (248)	3.2–6.7 (4.5)	14–25 (20)

Tabel 2.2 Sifat kimia pada Serat Abaka

Kind of fibre			Cellulose (%) range (most frequently published)	Hemi-cellulose (%) range (most frequently published)	Lignin (%) range (most frequently published)	Pectin (%) range (most frequently published)	Fat/wax (%) range (most frequently published)	Ash (%) range (most frequently published)	Watersolubles (%) range (most frequently published)
Monocotyledonous plants	Fruit fibre	Coir	32–53 (40)	0.2–0.3 (0.2)	40–45 (43)	3–4 (3)			4.5 (4.5)
	Leaf sheat fibres	Sisal	43–88 (66)	10–15 (12)	4–14 (10)	0.5–10 (2)	0.2–2 (1)	0.14–0.55 (0.3)	1.2–6 (3.5)
		Pineapple	80–83 (81)	16–19 (17)	5–13 (12)	2–3 (2.5)			4 (4)
		Abaca	56-68 (60)	19-25 (21)	5-13 (10)	0.5-1(0.8)			1.4 (1.4)
		Banana	50–68 (64)	6–30 (15)	5–18 (9)	3–5 (4)	10–11 (10.5)	1.2 (1.2)	2.4 (2.4)
		Henequen	60–78 (69)	4–28 (16)	8–13 (10)	3–4 (3.5)	0.5 (0.5)		
		Phormium	67 (67)	30 (30)	11 (11)				
		Alfa	45 (45)	39 (39)	14.9 (14.9)		2 (2)		
		Piassava	29 (29)	26 (26)	45 (45)				

2.2.1.1.2 Karbon

Ditahun 1958 Roger Bacon telah menemukan serat karbon. Pada tahun 1960, Richard Millington menyempurnakan temuan tersebut, sehingga memiliki sifat mekanis yang tinggi pada serat karbon. Serat karbon merupakan serat sintesis yang memiliki sifat mekanis paling tinggi dibandingkan dengan serat sintesis lainnya. Selain kuat, serat karbon juga ringan, sehingga serat karbon lebih baik dibandingkan serat sintesis lainnya.

Serat karbon banyak digunakan dibidang olahraga, otomotif dan kesehatan. Serat karbon sebagai *filler* untuk material komposit dengan menggunakan matrik polimer. Meskipun serat karbon memiliki sifat mekanis yang tinggi, namun salah satu kelemahan serat karbon yaitu kurang mengikatnya serat karbon dengan matrik polimer. Dikarenakan sifat alami serat karbon yang kurang mengikat dengan bahan kimia (Zang & Sapieha , 2004).

Serat karbon memiliki keuntungan dan kelemahan yang membuatnya banyak digunakan sebagai *filler* didalam komposit:

Keuntungan:

- a) Dengan penggunaan resin yang tepat, serat karbon dapat tahan terhadap sinar UV (ultra violet)
- b) Ekspansi thermal rendah
- c) Kuat tarik tinggi
- d) Ringan
- e) Tahan korosi

Kekurangan:

- a) *High cost* dalam pembuatan
- b) Lemah terhadap jenis matrik polimer

2.2.1.2 Matriks

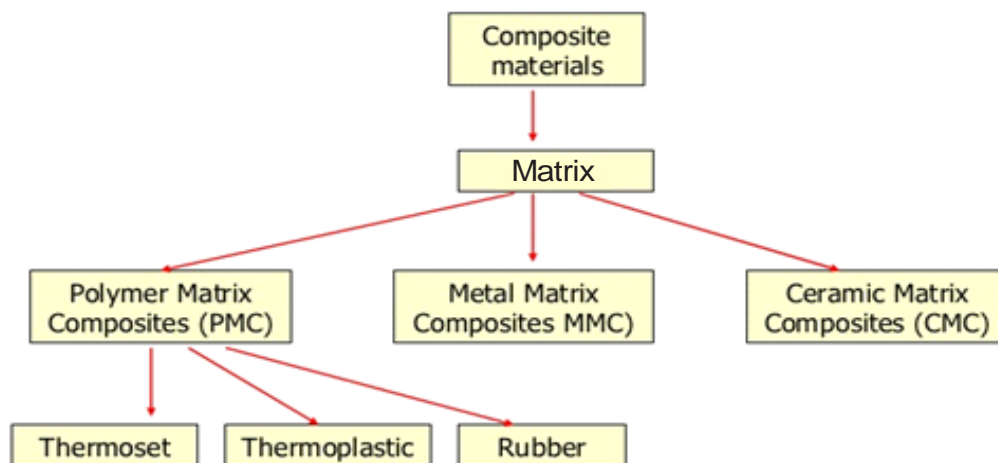
Matriks adalah fasa dalam komposit yang memiliki fraksi volume yang dominan dibanding serat. Fungsi matriks diantaranya sebagai berikut:

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

Komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan matriksnya, seperti Gambar 2. 3 yaitu:

- a) *Polymer Matrix Composites* (PMC) yaitu komposit yang menggunakan polimer (*thermosets, thermoplastic* dan *rubber*) sebagai matriksnya

- b) *Metal Matrix Composites* (MMC) yaitu komposit yang menggunakan logam sebagai matriksnya
- c) *Ceramics Matrix Composites* (CMC) yaitu komposit yang menggunakan keramik sebagai matriksnya.



Gambar 2.3 Klasifikasi komposit berdasarkan matriks (Puzhakkal, 2016)

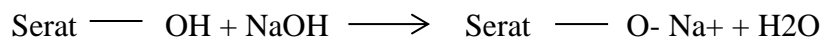
2.2.1.2.1 Polymethyl Methacrylate (PMMA)

PMMA merupakan matriks polimer yang digunakan dalam operasi ortopedi pada tahun 1958. PMMA termasuk biokompatibilitas dan memiliki sifat mekanik yang membuatnya sangat luar biasa diperlukan dibidang biomedis khususnya ortopedi maupu *prosthesis* (Wei et al., 2012).

PMMA memiliki ketahanan gores yang tinggi dibandingkan dengan polimer yang serupa, seperti polikarbonat. Ketahanan goresannya masih belum bisa bersaing dengan kaca. PMMA sering digunakan dalam berbagai implan karena kompatibilitas dengan jaringan manusia (*human tissue*). PMMA memiliki peran penting dalam optometri untuk menggantikan lensa intraokular pasien katarak dan perekat tulang dalam operasi ortopedi. Modulus elastisitas mirip dengan tulang manusia membuatnya menjadikan salah satu polimer matriks yang lebih alami bagi pasien ortopedi maupu *prosthesis* (Sosiati et al., 2019.)

2.2.2 Alkali Treatment

Serat alam memiliki kelebihan yang baik, namun memiliki kekurangan adalah serat alam bersifat hidrofilik sedangkan matrik memiliki sifat hidropobik, sehingga menyebabkan ikatan keduanya lemah. Roy et al. (2012) meneliti tentang perlakuan kimia pada serat alam dapat mengurangi hidrofilik, sehingga meningkatkan kompatibilitasnya terhadap matriks. *Alkali treatment* adalah metode modifikasi serat dengan cara merendam serat ke dalam basa alkali yang guna untuk mendapatkan ikatan yang baik antara permukaan serat dan matriks. Reaksi dari *alkali treatment* terhadap serat sebagai berikut:



Tujuan perlakuan alkalisasi yaitu mengurangi komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antarmuka yakni lignin, pectin dan hemiselulosa. Dengan mengurangi komponen lignin dan hemiselulosa, akan menghasilkan struktur permukaan serat yang lebih baik dan lebih mudah dibasahi oleh resin, sehingga menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik. Perlakuan alkali biasanya menggunakan NaOH yang jenis matriksnya *thermoplastic and thermoset*.

2.2.3 Pengujian Tarik

Uji tarik adalah pemberian gaya atau tegangan tarik pada material yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan dari suatu material. Tegangan tarik yang digunakan yaitu tegangan aktual eksternal. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan bahan uji dengan gaya tarik secara terus-menerus, sehingga bahan mengalami pertambahan panjang hingga putus. Hasil uji tarik tersebut untuk mengetahui fenomena hubungan antara tegangan-regangan yang pada proses uji tarik. Mesin uji tarik diperlukan dalam kegiatan *engineering* untuk mengetahui sifat-sifat mekanik suatu material. Uji tarik sering kali digunakan dalam mengetahui informasi kekuatan tarik pada suatu material dan sebagai data pendukung material (Salindeho, et al., 2013).

1. Tegangan Tarik

Besarnya tegangan tarik dapat dihitung melalui persamaan:

$$\text{Tegangan tarik } (\sigma) = F/A \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan : (σ) = Kekuatan tarik (MPa)

F = Beban tarik (N)

A = Luas penampang (mm^2)

2. Regangan Tarik

Regangan tarik adalah regangan linear rata-rata yang diperoleh dengan cara membagi perpanjangan (*gauge length*) benda uji, dengan panjang awal

$$\text{Regangan tarik } (\epsilon) = \Delta L/L_0 \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan : (ϵ) = Engineering strain

ΔL = Pertambahan panjang

L_0 = Panjang daerah ukur

3. Modulus ELastisitas

Besarnya modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan

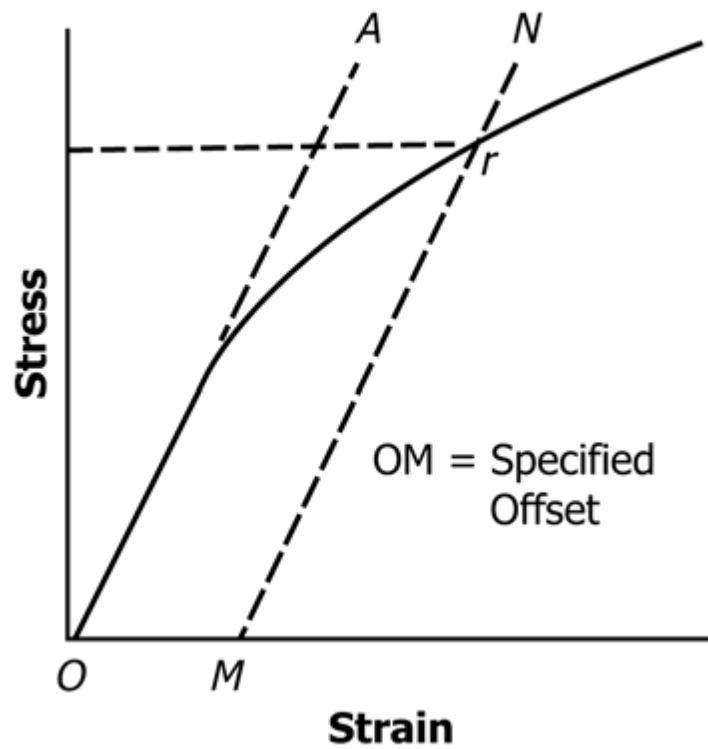
$$\text{Modulus elastisitas } (E) = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan : (E) = Modulus elastisitas (N/mm^2)

σ = Tegangan (MPa)

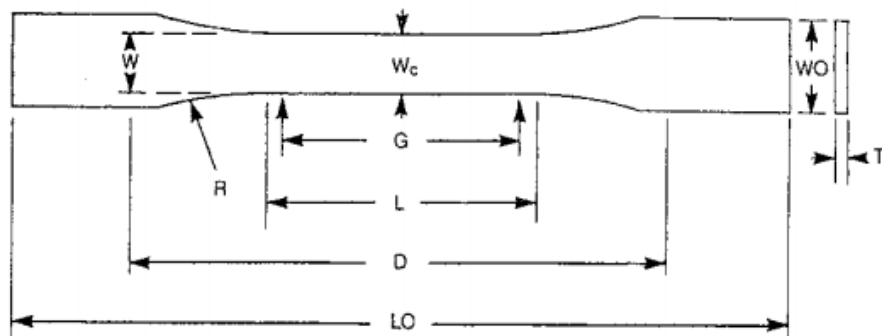
ϵ = Regangan (mm/mm)

Dari kurva dibawah akan diperoleh data titik putus, data modulus elastisitas dan regangan dapat dilihat pada Gambar 2. 4



Gambar 2.4 Kurva tegangan-regangan

Berdasarkan ASTM D-638, bentuk dan ukuran spesimen (tipe 1) dibutuhkan untuk uji kekuatan komposit. Detail bentuk dan ukuran ditunjukkan pada Tabel 2.3 dan Gambar 2.5 berikut:



Gambar 2.5 Bentuk spesimen tipe 1 ASTM D638

Tabel 2.3 Ukuran bentuk spesimen tipe 1 ASTM D638

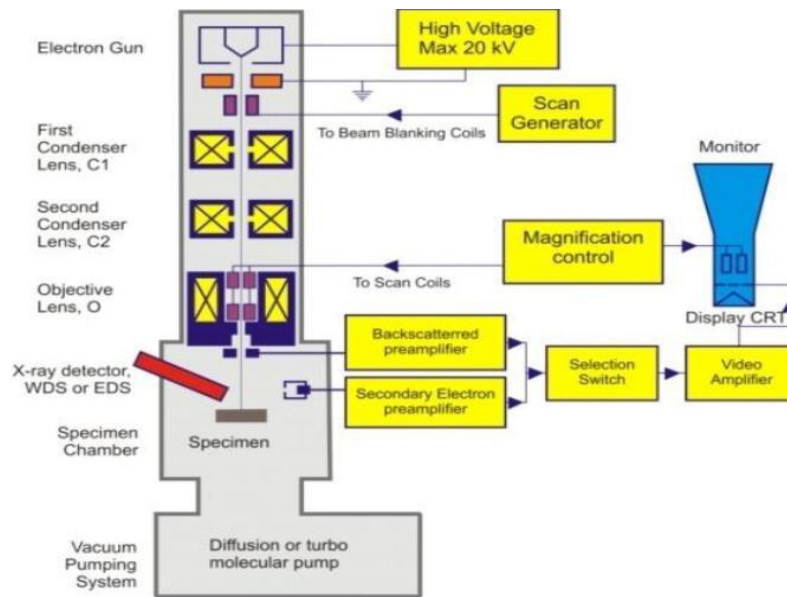
No	Ukuran	Nilai (mm)
1	Tebal, T	3,2 ± 0,4
2	Lebar pada daerah berbatas, W	13 ± 0,3
3	Panjang pada daerah berbatas, L	57
4	Lebar seluruhnya, WO	19
5	Panjang seluruhnya, LO	165
6	Panjang pada daerah cekung, G	50

2.2.4 Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Proses pengamatan serat dan komposit menggunakan alat bantu tambahan yaitu *Scanning Electron Microscope* (SEM) dikarenakan objek yang diamati berukuran mikro yang tidak bisa dilihat secara visual atau mata telanjang. SEM adalah mikroskop elektron berfungsi untuk melihat atau menyelidiki struktur mikro pada permukaan objek solid dan non solid yang bersifat konduktif dan non konduktif secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3000000x, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm. Dengan perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan di *engineeing* maupun bidang lainnya, bahkan SEM digunakan di industry. Fungsi utama dari SEM antara lain dapat mengetahui informasi-informasi mengenai:

- a. Topografi, yaitu ciri-ciri permukaan dan teksturnya.
- b. Morfologi, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek.
- c. Komposisi, yaitu data semi kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung di dalam objek.
- d. Informasi kristalografi, yaitu informasi mengenai bagaimana susunan dari butir-butir di dalam objek yang diamati.

Prinsip kerja SEM yaitu electron beam yang dihasilkan oleh sebuah filamen pada electron gun. 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. Kemudian anoda akan membentuk gaya yang dapat menarik electron melaju menuju ke anoda.



Gambar 2.6 Prinsip kerja SEM (Sujatno et al., 2015)

Penjelasan prinsip kerja SEM seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6 sebagai berikut:

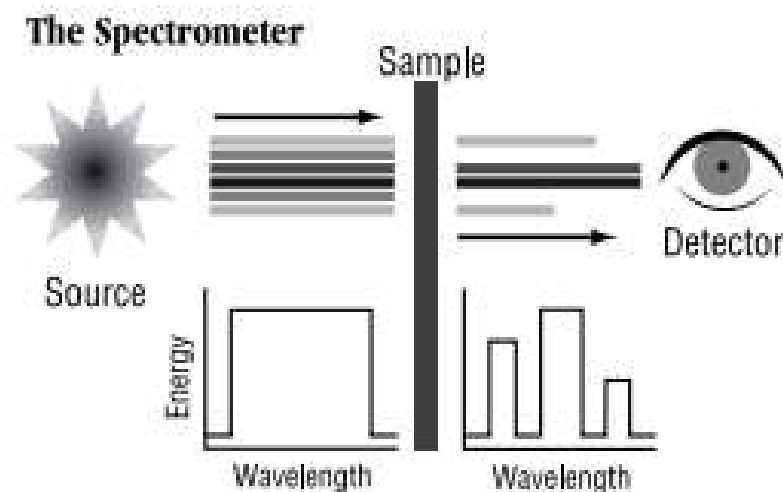
- a. *Electron gun* menghasilkan electron beam dari filamen. Tegangan yang diberikan kepada lilitan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju ke anoda.
- b. Lensa magnetic atau lensa kondensor memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel.
- c. Sinar elektron yang terfokus memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai
- d. Ketika elektron mengenai sampel, maka akan terjadi hamburan elektron, baik *secondary electron* (SE) atau *back scattered electron* (BSE) dari permukaan sampel dan akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor *cathode-ray tube* (CRT).

2.2.5 Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR)

Fourier Transform Infrared (FTIR) merupakan salah satu metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk menganalisis hasil spektrumnya. Metode FTIR merupakan metode absorpsi, yaitu metode yang didasarkan adanya perbedaan penyerapan radiasi inframerah. Suatu

materi dapat menyerap inframerah apabila telah memenuhi dua syarat, yaitu kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan frekuensi vibrasi molekul sampel dan perubahan momen dipol selama bervibrasi (Nicolet et al., 2001)

Spectroscopy FTIR menggunakan sistem optik dengan laser yang berfungsi sebagai sumber radiasi yang kemudian diinterferensikan oleh radiasi inframerah agar sinyal radiasi yang diterima oleh detektor memiliki kualitas yang baik dan bersifat utuh (Giwangkara, 2006). Prinsip kerja FTIR berupa infrared yang melewati celah kesampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa infrared diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar infrared lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim kekomputer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 dibawah ini (Nicolet et sl., 2001).



Gambar 2.7 Skematik prinsip kerja FTIR ((Nicolet et al., 2001)).

2.2.6 X-Ray Diffraction (XRD)

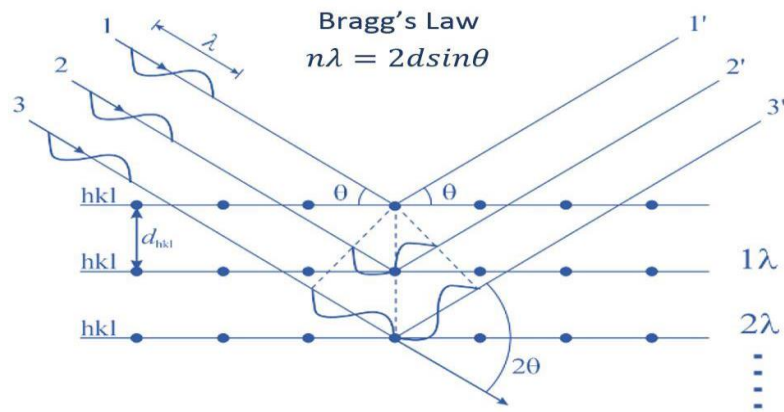
XRD adalah sebuah teknik kristalografi yang digunakan untuk mengidentifikasi berbagai struktur kristal yang ada pada bahan padat dan bubuk. Pada XRD struktur kristal dapat ditentukan sebaik ukuran butiran dan partikel nano. XRD adalah satu dari banyak teknik yang digunakan untuk menentukan struktur bahan organik dan anorganik (Setiabudi et al., 2012).

1.2.6.1 Prinsip kerja XRD

Analisa XRD merupakan contoh analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan suatu senyawa dengan mengamati pola pembiasan cahaya sebagai akibat dari berkas cahaya yang dibiaskan oleh material yang memiliki susunan atom pada kisi kristalnya (Setiabudi et al., 2012).

Secara sederhana, prinsip kerja dari XRD dapat dijelaskan sebagai berikut. Setiap senyawa terdiri dari susunan atom-atom yang membentuk bidang tertentu. Jika sebuah bidang memiliki bentuk yang tertentu, maka partikel cahaya (foton) yang datang dengan sudut tertentu hanya akan menghasilkan pola pantulan maupun pembiasan yang khas. Dengan kata lain, tidak mungkin foton yang datang dengan sudut tertentu pada sebuah bidang dengan bentuk tertentu akan menghasilkan pola pantulan ataupun pembiasan yang bermacam-macam. Sebagai gambaran, bayangan sebuah objek akan membentuk pola yang sama seandainya cahaya berasal dari sudut datang yang sama. Kekhasan pola difraksi yang tercipta inilah yang dijadikan landasan dalam analisa kualitatif untuk membedakan suatu senyawa dengan senyawa yang lain menggunakan instrumen XRD. Pola unik yang terbentuk untuk setiap difraksi cahaya pada suatu material seperti halnya fingerprint (sidik jari) yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa yang berbeda (Setiabudi et al., 2012).

Pada XRD, pola difraksi dinyatakan dengan besar sudut-sudut yang terbentuk sebagai hasil dari difraksi berkas cahaya oleh kristal pada material. Nilai sudut tersebut dinyatakan dalam 2θ , dimana θ merepresentasikan sudut datang cahaya. Sedangkan nilai 2θ merupakan besar sudut datang dengan sudut difraksi yang terdeteksi oleh detektor.



Gambar 2.8 Prinsip kerja XRD

XRD dapat digunakan untuk beberapa hal yaitu (Setiabudi et al., 2012):

- a. Penentuan struktur kristal suatu material,
- b. Mengukur bentuk, ukuran, dan tegangan dalam kristal kecil,
- c. Analisis kuantitatif dari mineral,
- d. Penentuan material baru, analisis struktural untuk riset material dll.

2.2.6.2 Pola Difraksi XRD

Pola difraksi XRD terdiri dari beberapa *peak*. Intensitas peak diplot dalam sumbu y dan sudut difraksi yang terukur diplot dalam sumbu x. Setiap peak atau reflection dalam pola difraksi terjadi akibat sinar X yang terdifraksi dari bidang atau planes dalam specimen atau material yang diuji XRD. Setiap peak mempunyai tinggi intensitas berbeda. Intensitas yang terjadi berbanding lurus dengan foto sinar X yang telah terdeteksi oleh dektor untuk setiap sudut.

Posisi *peak-peak* yang terjadi pada uji XRD tergantung dari struktur kristalnya, hal ini yang dapat digunakan untuk menentukan struktur dan parameter kisi dari material yang diuji. Persamaan kaidah umum untuk jarak d dalam kristal kubik sebagai berikut

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \dots\dots\dots(2.5)$$

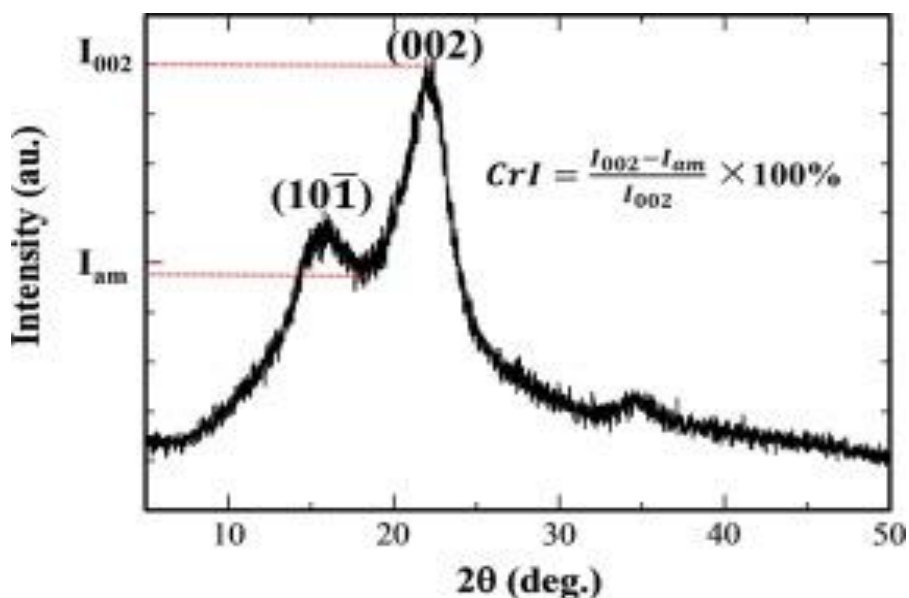
Dengan a adalah konstanta kisi dan h, k dan l sebagai indeks bidang

2.2.6.3 Perhitungan Indeks Kristalinitas

Kristalinitas selulosa merupakan karakteristik penting dari serat alam. Untuk aplikasi komposit, serat alam dengan kristalinitas selulosa tinggi diminta karena kristalinitas berkorelasi dengan kekuatan dan kekakuan serat. Setiap prosedur yang digunakan untuk menyiapkan serat alam untuk aplikasi komposit tidak boleh membahayakan kristalinitas selulosa asli serat. Indeks kristalinitas serat (CrI) serat abaca ditentukan dengan menggunakan metode empiris Segal (Creely & Conrad, 1958). Metode ini menawarkan perhitungan indeks kristalinitas yang cepat dan sederhana dengan menggunakan persamaan berikut.

$$CrI = \frac{(I_{002} - I_{am})}{I_{002}} \times 100 \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan I_{002} adalah intensitas pada fase kristalin yaitu pada bidang (0 0 2) pada sudut $2\theta = 22-23^\circ$, sedangkan I_{am} adalah intensitas pada amorf yaitu pada daerah sudut $2\theta = 18^\circ$ seperti ditunjukkan Gambar 2.8.



Gambar 2.9 Penentuan indeks kristalinitas dari serat abaca. (Creely & Conrad, 1958)