

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kertas**

Kertas merupakan benda kering yang berasal dari tanaman, kertas memiliki permukaan yang halus dan tipis. Kertas juga sudah menjadi sumber kebutuhan manusia baik sebagai kebutuhan rumah tangga dan kebutuhan hal lainnya. Pada saat ini industri kertas mengalami perkembangan yang pesat di Indonesia maupun didunia. Penggunaan kertas didunia saat ini telah mencapai angka yang sangat tinggi (Asngad et al., 2016).

Kertas dikenal sebagai media utama untuk menulis, membungkus, mencetak serta untuk melukis dan banyak kegunaan lainnya yang diperoleh dari kertas. Kertas merupakan revolusi baru dalam hal tulis menulis. Sebelum adanya kertas, masyarakat jaman dahulu masih menggunakan batu, kayu, dan juga dedaunan sebagai tempat untuk menulis. Hal tersebut dapat ditemukan pada jaman kerajaan–kerajaan yang terdapat di Indonesia contohnya yaitu prasasti yang terbuat dari batu (Parjanto & Hijuzaman, 2014).

Secara umum kertas memiliki beberapa jenis-jenis dan mempunyai kegunaannya masing-masing, antara lain:

1. Kertas tisu di gunakan untuk kebutuhan pribadi contohnya tisu muka.
2. Kertas bungkus di gunakan untuk membungkus makanan.
3. Kertas tulis di gunakan sebagai media untuk tulis menulis dan menggambar.
4. Kertas koran sebagai media cetak sebuah berita.
5. Kertas karton sebagai tempat penyimpanan awal produk jadi.

Kertas juga memiliki beberapa sifat – sifat, antara lain:

1. Dapat menyerap air
2. Memiliki bentuk yang sangat tipis
3. Mudah robek/tersobek
4. Ada yang berwarna
5. Permukaan yang lembut
6. Dapat dipotong dengan gunting

7. Mudah diremas
8. Dapat dilipat
9. Ada permukaan yang polos dan yang bergaris (Putri et al., 2019).



**Gambar 2.1** Proses Pengolahan Kertas (Putri et al., 2019)

Produksi kertas dibuat menggunakan bahan dasar mengandung selulosa. Selulosa dapat dijumpai pada serat kayu yang kemudian diubah menjadi bahan setengah jadi atau pulp. Selulosa pada saat ini memiliki peran penting yang digunakan untuk pembuatan kertas (Bahri, 2015).

Tingginya kebutuhan kertas harus diseimbangkan dengan ketersediaan bahan baku pembuatan kertas. Bahan baku utama yang sering digunakan ialah kayu. Kayu merupakan sumber pertama yang digunakan untuk pembuatan kertas. Dalam proses pembuatan kertas, kayu yang diperoleh masih mengandung bahan lain seperti lignin dan hemiselulosa. Cara menghilangkan zat-zat tersebut yaitu dengan melakukan proses pemisahan yaitu cara mekanis, kimia, dan semi kimia (Pertiwi et al., 2017). Namun ada dampak negatif yang diperoleh yaitu dalam proses pemisahan tersebut dapat menimbulkan pencemaran lingkungan yang timbul akibat penggunaan zat-zat kimia yang berbahaya. Pada saat ini di negara-negara berkembang sekitar 50% tidak menggunakan kayu sebagai bahan baku yang diperoleh dari serat kayu, produksi kertas tersebut diperoleh dari non kayu yaitu dari daun jagung seperti yang dilakukan (Bahri, 2015), alang-alang, jerami, bambu, dan serat daun nanas yang dilakukan (Dharosno & Pundu, 2020). Dalam pembuatan kertas nanoselulosa merupakan salah satu alternatif untuk pembuatan

kertas yaitu dapat mengurangi dampak negatif dari limbah yang diperoleh juga pada proses tersebut dapat memperoleh waktu yang relatif singkat. Selain itu, untuk melakukan pemanenan pohon yang layak untuk ditebang memerlukan waktu yang cukup lama (Siahaan, 2019).

## 2.2 *Nata de Coco*

Air kelapa saat ini banyak terbuang dan mengikatkan efek buruk pada lingkungan masyarakat dengan memiliki aroma yang kuat (Djajanegara, 2016). Pengolahan limbah air kelapa dapat di olah menjadi *nata de coco*. *Nata de coco* merupakan hasil fermentasi dari bakteri *Acetobacter xylinum* (Nurdyansyah, F., Widyastuti, 2017).



**Gambar 2. 2** Nata de Coco

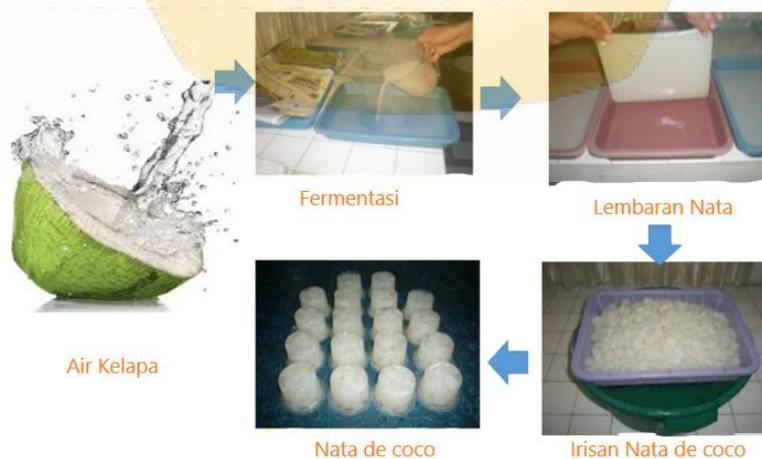
*Nata de coco* merupakan lapisan selulosa yang dibentuk oleh bakteri. *Nata de coco* memiliki bentuk padat, berwarna putih, bertekstur kenyal, transparan dan terapung pada bagian permukaan cairan. *Nata de coco* dibuat untuk makanan olahan yang memiliki kandungan serat yang melimpah (Hamad et al., 2014). Nata tersusun oleh jaringan mikrofibril/pelikel yang merupakan tipe selulosa yang mempunyai struktur kimia seperti selulosa yang dibentuk oleh tumbuhan tingkat tinggi. Pada pertumbuhan, *Acetobacter xylinum* memerlukan sumber nutrisi C, H, dan N serta mineral dan dilakukan dalam proses yang baik dalam medium air kelapa. Air kelapa mengandung sebagian sumber nutrisi yang dibutuhkan akan tetapi kebutuhan akan substrate makro seperti sumber C dan N masih harus tetap ditambah agar hasil nata yang dihasilkan optimal, sehingga kekurangan nutrisi yang diperlukan harus ditambahkan dalam proses fermentasi. Sebagai sumber

karbon dapat ditambahkan sukrosa, glukosa, fruktosa, dan tepung (Hamad et al., 2014).

**Tabel 2.1** Kandungan Gizi Dalam Nata de Coco

<b>Kandungan gizi per 100 gram <i>Nata de coco</i></b>	
Air	80%
Karbohidrat	20 g
Kalori	146 kkal
Lemak	20 g
Kalsium	12 mg
Fosfor	2 mg
Ferrum (besi)	0,5 g

Dalam proses pembuatan *nata de coco*, air kelapa di rebus hingga mendidih, setelah air kelapa mendidih ditambahkan gula, urea, dan cuka. Kemudian ditempatkan pada wadah fermentasi dan harus ditutup agar steril. Setelah dingin ditambahkan bibit bakteri *Acetobacter xylinum*, kemudian tutup kembali wadah fermentasi tersebut. Pemanenan dilakukan jika lapisan selulosa terbetuk dalam wadah fermentasi (Hamad et al., 2014).



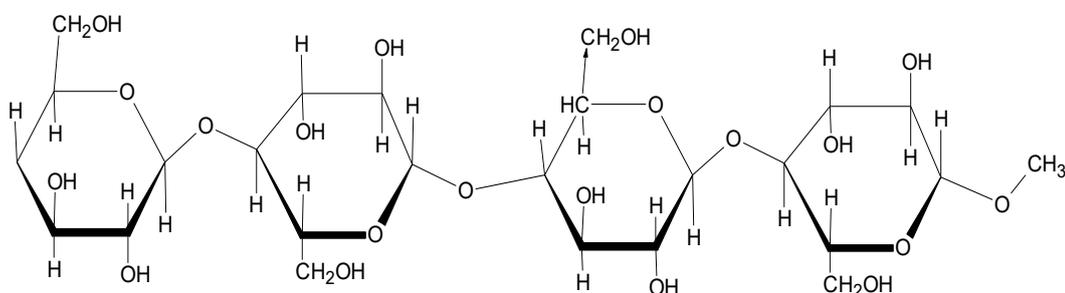
**Gambar 2. 3** Proses Pembuatan Nata de Coco

### 2.3 Selulosa

Selulosa merupakan polimer pertama yang terdapat pada permukaan bumi sehingga sangat penting perkembangannya di perekonomian dunia. Selulosa awalnya berasal dari tanaman dan masih berikatan dengan lignin dalam bentuk liganoselulosa dan juga dilapisi oleh hemiselulosa (Nurul Zuhro`ul Vikriya, 2018).

Selulosa juga bahan utama untuk pembuatan kertas. Pada dinding sel tumbuhan sebagai penyusun utama senyawa organiknya adalah selulosa. Ada beberapa sifat selulosa yaitu berbentuk senyawa berserat, memiliki tegangan tarik yang tinggi tidak larut dalam air dan pelarut organik. Selulosa merupakan bahan yang paling penting dalam proses pembuatan kertas. Semakin banyak selulosa yang terkandung, maka semakin bagus juga kualitas yang akan diperoleh. Selulosa dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu:

- Selulosa  $\alpha$  (*Alpha Cellulose*) merupakan selulosa tanaman yang tidak larut pada larutan NaOH 17,5% pada suhu 20°C di gunakan sebagai penentu tingkat kemurnian selulosa. Secara proses kimia alfa selulosa mengindikasikan jumlah dari normal selulosa.
- Selulosa  $\beta$  (*Betha Cellulose*) merupakan fraksi selulosa yang terlarut pada larutan NaOH 17,5%, namun terpresipitasi ketika diasamkan. Secara proses kimia beta selulosa menunjukkan ukuran alfa selulosa yang terdegradasi.
- Selulosa  $\mu$  (*Gamma Cellulose*) merupakan selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% dan tidak terpresipitasi melalui netralisasi (Bahri, 2015).



**Gambar 2. 4** Struktur Selulosa (Siahaan, 2019)

Selulosa tersusun atas 2 bagian, yaitu kristal yang rantainya tersusun dengan teratur dan pada bagian amorf tersusun rantai yang tidak teratur. Dari bagian selulosa yang terdapat kristal mencapai 50-90% sedangkan sisanya hanya bagian amorf saja (Wulandari, 2020).

### 2.3.1 Selulosa Bakteri

Selulosa bakteri merupakan biopolimer yang dihasilkan oleh bakteri. Selulosa bakteri memiliki rumus molekul yang sama dengan selulosa tanaman, yaitu  $C_6H_{10}O_5$ , tetapi ada perbedaan dari keduanya yaitu pada ciri fisik dan kimia (Fitriarni et al., 2019).

Selulosa bakteri diproduksi dari beberapa jenis mikroorganisme. Beberapanya mampu mensintesis selulosa yaitu *Acetobacter*, *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Agrobacterium*, *Alceligenes*, *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* dan *Sarcina*. Selulosa bakteri sangat menarik terdapat pada sifat fisik berbeda dari selulosa pada tanaman (Melliawati & Djohan, 2013).

Pada umumnya, Selulosa bakteri memiliki kandungan air hampir 99% dan sisanya tersebut ialah polisakarida yang terdiri dari lignin, hemiselulosa, pektin dan lilin. Selulosa bakteri memiliki kristalinitas yang tinggi dengan diameter sekitar 2-4 nm. Selain itu, selulosa memiliki sifat-sifat yaitu derajat kristalinitas yang tinggi, kekuatan tarik tinggi, kapasitas pengikat air yang tinggi, tidak beracun, dapat terurai, ramah lingkungan dan penyimpanan bentuk yang baik (Gea & Harahap, 2018).

### 2.3.2 Biosintesis Selulosa Bakteri

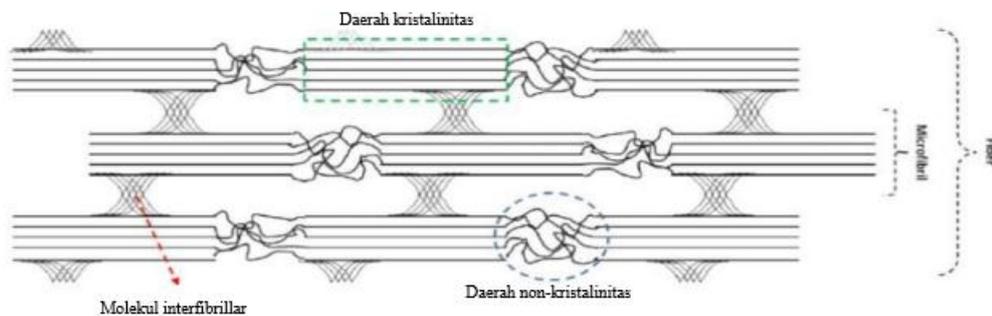
Biosintesis merupakan proses tahap yang dikatalis-enzim dimana substrat diubah menjadi produk yang lebih kompleks dalam organisme hidup. Biosintesis bakteri diproduksi dengan cara bakteri itu sendiri mampu menggunakan substrat karbon, tipe mikroorganisme tersebut contohnya ialah bakteri dari genus (*Komagataeibacter*, *Achromobacter*, *Aerobacter*, dan *Rizhobium*). Bakteri dari genus *Komagataeibacter* merupakan bakteri yang sering digunakan karena dapat memproduksi selulosa yang sangat tinggi dan bakteri tersebut menggunakan karbon untuk memproduksi biosintesis selulosa. Dalam proses produksi

biosintesis ada beberapa enzim yang mengontrol beberapa reaksi. Biosintesis SB adalah jaringan biokimia dari enzim-enzim kunci, dan pengaturan enzim yang menentukan produksi selulosa, di mana jalur heksosa monofosfat bercabang, jalur Embden-Meyerhof, dan siklus asam trikarboksilat terlibat dalam proses ini. Perubahan dari glukosa ke selulosa adalah glukosa, glukosa 6-fosfat, glukosa-1-fosfat, glukosa uridin difosfat (UDP-glukosa) dan selulosa. Pertama, glukosa difosforilasi oleh enzim glukokinase dengan bantuan molekul adenosin trifosfat (ATP) ke glukosa 6-fosfat (G6P), melepaskan molekul adenosin difosfat (ADP). Pada reaksi kedua, enzim fosfoglukomutase mengubah G6P menjadi glucose-1-phosphate (G1P), yang melalui reaksi isomerisasi yang dikatalisasi oleh enzim pyrophosphorylase UDP-glukosa diubah menjadi uridine difosfat glukosa (UDP-glukosa), karena penggunaan molekul dari uridine trifosfat (UTP) dan pelepasan pirofosfat (PPi). Akhirnya, UDP-glukosa adalah prekursor selulosa (Gea & Harahap, 2018).

#### **2.4 Nano Selulosa**

Nanoselulosa pada saat ini telah berkembang diberbagai bidang seperti dibidang kedokteran, farmasi, elektroknik dan sebagainya. Sehingga tidak heran jika perkembangannya saat ini sangatlah pesat mengenai pembuatan nanoselulosa dengan bahan dasar yang bermacam-macam seperti kayu, kulit nanas, bawang merah, bakteri dan sebagainya (Widiastuti & Marlina, 2020).

Nanoselulosa merupakan nanomaterial yang dapat di aplikasikan dalam berbagai bidang, seperti bidang kimia, bidang makanan, bidang farmasi dan bidang lainnya. Nanoselulosa sebagai multifungsi yang dikaitkan dengan fisika, kimia, dan biologi (Agus wedi Pratama, 2016).



**Gambar 2. 5** Ilustrasi Struktur Nanoselulosa (Wulandari, 2020)

Gambar diatas tersebut menjelaskan bagian yang terdapat pada serat selulosa dimana ditunjukan daerah kristal dan nonkristal. Pada metode hidrolisis asam daerah nonkrista akan dihilangkan dan yang tersisa hanya bagian kristal saja. Perlakuan tersebut yang terjadi pada serat nonkristal dan kristal akan tetap ada, kemudian terbentuklah fibril dalam ukura nanometer dan mikrometer (Wulandari, 2020).

Nanoselulosa memiliki diameter 1-100 nm dan panjang 500-2000 nm. Ukuran yang dimiliki nanoselulosa mempunyai luas permukaan yang tinggi dan memiliki jumlah gugus hidroksil yang tinggi juga serta memudahkan melakukan modifikasi permukaan. Ada beberapa teknik yang sudah dikembangkan untuk mendapatkan ekstrak nanoselulosa dari selulosa tersebut, yaitu antara lain hidrolisis asam, hidrolisi enzimatis, dan proses mekanis (Nurul Zuhro`ul Vikriya, 2018). Dan diantara teknik tersebut kemungkinan menghasilkan ekstrak nanoselulosa yang berbeda.

Nanoselulosa umumnya dibagi menjadi 3 kelompok yaitu nanokristal selulosa (CNC), nanoserat selulosa (NFC), dan nanoselulosa bakteri. Ketiga kelompok nanoselulosa tersebut mempunyai komposisi kimia yang sama tetapi memiliki perbedaan morfologi, ukuran partikel, kristalitas dan juga tergantung pada metode ekstraksi yang digunakan (Ningtyas et al., 2020).

1. Nanokristal selulosa (CNC) merupakan polimer turunan selulosa berukuran diameter 2-20 nanometer (nm) dan panjang 100 nm hingga beberapa micrometer ( $\mu\text{m}$ ). Dikarenakan gugus amorf memiliki nilai densitas yang kecil

menyebabkan daerah amorf akan terlepas ketika direaksikan dengan asam keras (Khalifah, 2019).

2. Nanoserat selulosa (NFC) merupakan suatu produk komposit yang dihasilkan dari material dengan ukuran 1 -100 nm. Menghasilkan kombinasi satu, dua, dan tiga dimensional material dengan campuran material amorf pada skala nanometer (Prasetyo, 2020).
3. Nanoselulosa bakteri (BNC) merupakan material jenis baru yang diperoleh dari suatu bakteri, salah satunya ialah dengan bakteri *Acetobacter xylinum* dari *Nata de coco* memiliki diameter 50-80 nm atau jika dikonvesikan ke dalam ukuran mm 1 nm sama dengan 1x 10<sup>-12</sup> mm (Hertiwi et al., 2020).

## 2.5 PVA (Polivinil Alkohol)

Polivinil alkohol merupakan salah satu dari polimer yang memiliki sifat larut dalam air. PVA biasa digunakan sebagai bahan perekat atau biasa disebut bahan adesif. PVA memiliki bentuk seperti butiran-butiran berwarna putih yang biasa dipakai untuk bahan pelapis kertas atau bahan perekat. PVA dipakai dalam jumlah kecil yang dimanfaatkan sebagai emulsifier kosmetik, lapisan film pelindung, perekat tanah untuk menghindari erosi (Purnavita et al., 2021).

Polivinil alkohol juga merupakan bahan yang tahan terhadap minyak pelumas, pelarut tanpa bau dan tidak beracun. Polivinil alkohol kuat dan fleksibel, sebagai pelarut cepat, memiliki titik lebur 230°C pada suhu 180-190°C akan terhidrolisis atau tercampur sempurna.

Ada beberapa kegunaan polivinil alkohol antara lain:

1. Sebagai bahan perekat lapisan kertas
2. Merekatkan dan mempertebal bahan pada cat latex, shampoo dan lem.
3. Sebagai perekat plavon gipsum
4. Digunakan dengan polivinil asetat untuk pembuatan le elmers.
5. Sebagai penguat fiber.

Massa jenis PVA = 1,19 – 1,31 g/cm<sup>3</sup> dengan melting point = 230°C. PVA dijual dalam bentuk emulsi di air, sebagai bahan perekat untuk bahan-bahan berpori, khususnya kayu. PVA adalah lem kayu yang paling sering digunakan, baik sebagai "lem putih" atau "lem tukang kayu" (lem kuning). "Lem kuning"

tersebut juga digunakan secara luas untuk mengelem bahan-bahan lain seperti kertas, kain, dan rokok. Polivinil Alkohol juga umum dipakai dalam percetakan buku karena fleksibilitasnya dan tidak bersifat asam seperti banyak polimer lain. Polivinil Alkohol juga sering dijadikan kopolimer bersama akrilat (yang lebih mahal), digunakan pada kertas dan cat. Kopolimer ini disebut vinil akrilat. Polivinil Alkohol juga bisa digunakan untuk melindungi keju dari jamur dan kelembaban.

**Tabel 2. 1** Kelarutan PVA Dalam Air

Safonifikasi (Penyabunan)	Air Dingin	Air Panas
95% atau diatas	Membengkak	Larut
80%	Larut	Tidak Larut
50% atau dibawah	Tidak larut	Tidak Larut

PVA dipergunakan untuk membuat bentuk serat kimia terutama dipakai untuk benang ban mobil, perekat gipsun dan industri lainnya. Dan bahan ini juga sering digunakan sebagai bahan kimia yang dapat larut dalam air.

Dari penjelasan di atas bahwa dapat disimpulkan sebagaimana peran polivinil alkohol dalam penelitian yaitu sebagai perekat yang menimbulkan gaya adhesive yang tinggi dan akan menambah kekuatan material campuran bersifat fleksibel (Rahmadi, 2011).

## 2.6 Karakterisasi

### 2.6.1 PSA

Distribusi ukuran partikel merupakan karakteristik khusus untuk nanopartikel. Suatu material dapat dikatakan nanopartikel bila ukuran partikelnya dibawah 100 nm. Ukuran partikel rata – rata dan distribusinya tidak diragukan merupakan karakteristik utama dari materi berbentuk serbuk, dan ukuran partikel rata-rata terjadi disemua korelasi yang berkaitan dengan karakteristik serbuk, misalnya, pengemasan, fluiditas, dalam pengaruh pneumatik dan penyaringan debu (Wulandari, 2020).

Pengukuran partikel dengan menggunakan pengujian PSA dilakukan dengan cara menggunakan metode basah. Metode basah menggunakan suatu media pendispersi yang digunakan untuk mendispersikan material uji. Saampel-sampel yang diukur menggunakan PSA berukuran nanometer dan cenderung memiliki aglomerasi yang tinggi. Selanjutnya, partikel akan didispersikan ke dalam media sehingga partikel tidak saling aglomerasi dan ukuran partikel yang sudah terukur berupa ukuran *single particle*. Hasil pengukuran menggunakan PSA juga akan ditampilkan dalam bentuk distribusi, sehingga hasil dapat diasumsikan sudah menggambarkan keseluruhan kondisi sampel. Sampel yang akan dianalisis menggunakan PSA dimasukkan ke dalam suspensi yang telah diinduksi oleh penambahan molekul pelarut. Hal ini menyebabkan partikel dari material akan bergerak bebas secara acak dan bersamaan dengan molekul pelarut yang didasarkan pada aturan gerak Brown. Ketika partikel yang bergerak ditembakkan cahaya maka kecepatan gerak partikel akan berfluktuasi, karena adanya intensitas cahaya yang dihamburkan oleh partikel tersebut. Kecepatan gerak ini bergantung pada besarnya ukuran partikel. Pada prinsip pengukuran yang dilakukan menunjukkan bahwa partikel-partikel yang lebih kecil akan bergerak lebih cepat daripada partikel-partikel yang lebih besar (Nurul Zuhro`ul Vikriya, 2018).

Kelebihan PSA (*Particel Size Analyzer*) sebagai alat pengukuran partikel, yaitu:

1. Lebih akurat dan mudah digunakan, pengukuran partikel dengan PSA lebih akurat daripada pengukuran dengan SEM dan TEM. Karena pengukuran partikel dengan PSA, sampel didispersikan ke dalam media sehingga ukuran yang akan dihasilkan berupa ukuran single partikel
2. Hasil yang didapat dalam bentuk distribusi, sehingga menggambarkan kondisi sampel dengan menyeluruh.
3. Rentang pengukuran dengan melakukan pengujian PSA dari 0,6 nanometer sampai 7 mikrometer (Wulandari, 2020).

### 2.6.2 FT-IR

Spektrofotometer inframerah merupakan teknik yang menggunakan radiasi sinar inframerah untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada senyawa organik. Karakterisasi dengan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*) bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis vibrasi pada atom. Prinsip kerja spektrofotometri infra-red yaitu adanya interaksi energi dengan materi. Salah satu percobaan dapat dicontohkan berupa molekul senyawa kompleks yang ditembak dengan energi dari sumber molekul mengalami vibrasi atau adanya gerak bolak-balik objek dari titik kesetimbangannya dalam satu periode waktu tertentu. Sumber sinar benda, yang apabila dialirkan arus listrik maka benda tersebut dapat memancarkan inframerah. Adanya vibrasi yang terjadi disebabkan karena energi yang berasal dari sinar inframerah tidak cukup kuat untuk menyebabkan atomisasi atau proses pemecahan cairan menjadi semburan halus pada molekul senyawa yang ditembak dimana besarnya energi vibrasi tiap atom berbeda-beda tergantung pada atom-atom dan kekuatan ikatan yang menghubungkan sehingga dihasilkan frekuensi yang berbeda-beda (Wulandari, 2020).

### 2.6.3 SEM

SEM (*Scanning Electron Microscopy*) merupakan karakterisasi yang sering digunakan dalam penelitian. SEM dipahami sebagai teknik yang sesuai yang diterima dan diakui oleh komunitas peneliti material dunia, ditandai dengan di berikannya penghargaan Nobel terhadap para penemunya Ernst Ruska dan Max K noll. Identifikasi struktur mikro lapisan oksida dengan menggunakan SEM tidak hanya sekedar mengambil gambar dan fotografi, akan tetapi harus dilakukan dengan teknik dan metode operasi yang benar pada proses pembentukan gambar pada alat ini merupakan proses fisika yang merupakan interaksi korpuskular antara elektron sumber dengan atom pada bahan (Sujatno et al., 2015).

SEM mempunyai prinsip yang terdiri dari kolom elektron, ruang sampel, dan sitem vakum. Syarat kerja SEM agar menghasilkan citra yang tajam yaitu permukaan benda harus bersifat sebagai pemantul elektron atau dapat melepaskan electron sekunder ketika ditembak dengan bekas elektron. Material yang memiliki

sifat tersebut adalah logam, jika permukaan logam diamati dibawah SEM maka profil permukaan akan tampak terlihat jelas (Ningtyas et al., 2020).

Adapun fungsi utama SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi mengenai :

1. Topografi, yaitu cirri-ciri permukaan yang teksturnya (kekerasan, sifat memantulkan cahaya, dan sebagainya).
2. Morfologi, bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek (kekuatan, cacat pada *integrated Circuit (IC)* dan *Chip* dan sebagainya).
3. Komposisi, yaitu data kuantitatif dan unsur suatu senyawa yang terkandung di dalam objek (titik lebur, kreaktifan, kekerasan, dan sebagainya).
4. Informasi kristalografi, yaitu informasi mengenai bagaimana susunan dari butir-butir di dalam objek yang diamati (konduktifitas, sifat elektrik, kekuatan).

#### 2.6.4 Uji Kekuatan Tarik

Uji tarik didefinisikan sebagai ketahan suatu bahan terhadap deformasi sampel. Ketahan tarik merupakan ukuran ketahanan kertas terhadap tarikan dan dihitung dari beban yang diperlukan untuk menarik putus sebuah jalur kertas. Untuk pengujian kuat tarik, pengukuran dilakukan berdasarkan tegangan yang diperlukan untuk menarik sampel uji standar dengan penambahan tegangan konstan (Lumbanbatu, 2008).

Kekuatan tarik merupakan besar beban maksimum persatuan daerah penampang awal dari bahan sampel.

Rumus pada kuat tarik dapat dihitung:

$$\text{Ketahanan tarik} = Fm \frac{1}{A_o} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

Fm = gaya maksimum (N)

A<sub>o</sub> = luas permukaan (m<sup>2</sup>)

1gf = 9,807 mN.