

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Serat Batang Pisang

Batang pisang (*Musa paradisiaca*) adalah salah satu bagian dari tanaman pisang yang kurang dimanfaatkan oleh masyarakat. Umumnya batang pisang dibuang dan dibakar yang menyebabkan penumpukan sampah. Pentingnya pengelolaan sampah dilakukan untuk mengurangi jumlah sampah dan mengurangi proses pembakaran sampah. Pengelolaan sampah merupakan salah satu kegiatan yang dilakukan dengan cara pengumpulan, pengangkutan, dan pemrosesan daur ulang sampah (Purwandari dkk, 2018). Pohon pisang yang sudah berbuah akan segera mati dan biasanya akan didiamkan hingga menjadi pupuk sehingga bagian-bagian pohon pisang, seperti daun, jantung pisang, dan khususnya batang pisang kurang dimanfaatkan.

Batang pisang sebagai bahan baku serat telah lama digunakan, tetapi pengolahan yang tepat untuk memperoleh serat yang baik masih banyak dilakukan penelitiannya. Setiap pohon pisang mempunyai karakteristik serat yang berbeda sehingga perlu pengolahan yang tepat. Faktor spesies, varietas, dan umur mempengaruhi karakteristik serat batang pisang (Asroni dan Handono, 2018).

Batang pisang memiliki jaringan selular dengan pori-pori yang saling berkaitan sehingga ketika dilakukan proses pengeringan akan menjadi padat. Batang pisang merupakan tanaman dengan daya simpan lama, ditemukan di banyak tempat sebagai limbah pertanian, dan biaya yang dikeluarkan cukup rendah dalam perolehan bahan maupun penanganan bahan yang dilakukan. Bagian luar batang biasanya lebih tua, lebih keras, dan lebih tebal sehingga cenderung mengandung

serat yang lebih kasar dan lebih panjang dengan kadar selulosa yang lebih tinggi. Batang pisang memiliki kandungan α selulosa sebesar 83,3 % dan lignin sebesar 2,97 % (Bahri, 2015)

Fibrilasi Serat Alam adalah hasil pemisahan selulosa dari bahan baku berserat (kayu dan non kayu) dengan berbagai proses pembuatan baik secara mekanis, semi kimia, maupun kimia. Fibrilasi terdiri dari serat - serat (selulosa dan hemiselulosa) sebagai bahan baku kertas dan serat. Proses pembuatan fibrilasi diantaranya dilakukan secara mekanis, kimiawi, kimiamekanis dan semikimiawi.

2.2 Fibrilasi Serat Alam Skala Nanometer

Serat alam skala nanometer merujuk pada serat alam yang telah diproses hingga mencapai *nanosize*. *Nanosize* umumnya memiliki batasan yang diterima secara luas dalam rentang 1–100 nm. Batasan ukuran nano pada 1 hingga 100 nm diatur berdasarkan perbedaan karakteristik dan sifat material dalam skala tersebut. Material yang memenuhi rentang ini dianggap sebagai nanopartikel atau material nanometer dan sifat-sifat uniknya membuatnya sangat berguna dalam aplikasi komposit. Dalam konteks fibrilasi serat alam, skala *nanosize* sangat penting karena dapat mempengaruhi sifat mekanik dan fungsional dari serat tersebut. Dalam pembuatan bahan komposit, mengubah serat alam menjadi skala *nanosize* memiliki beberapa keuntungan utama terkait kekuatan, stabilitas, dan sifat mekanik komposit yang dihasilkan, antara lain: peningkatan luas permukaan, distribusi yang lebih merata, peningkatan sifat mekanik, dan peningkatan ketahanan terhadap air dan degradasi.

2.2.1 Peningkatan Luas Permukaan

Ketika serat alam diubah ke skala nanometer, luas permukaannya meningkat secara signifikan. Peningkatan luas permukaan spesifik pada nanoselulosa secara signifikan meningkatkan area kontak dengan matriks dan memperkuat ikatan antarmuka yang berkontribusi pada peningkatan kekuatan tarik dan kekakuan kompositan kekuatan tarik, kekakuan, dan ketangguhan komposit (Klemm *et al.* 2011)

2.2.2 Distribusi yang Lebih Merata

Serat dengan *nanosize* dapat terdistribusi lebih merata dalam matriks komposit. Distribusi serat yang lebih baik ini mencegah terjadinya penggumpalan atau kelemahan struktural yang dapat mengurangi kekuatan keseluruhan komposit. Hasilnya, komposit yang dihasilkan lebih homogen dengan sifat mekanik yang konsisten.

2.2.3 Peningkatan Sifat Mekanik

Serat *nanosize* cenderung memiliki sifat mekanik yang lebih baik, seperti kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat dalam ukuran mikro. Dibandingkan dengan serat batang pisang dalam bentuk mikro (modulus 30.67 GPa; kekuatan tarik 240.0–677.04 MPa) (Xu, S., Xiong, C., Tan, W., & Zhang, Y. 2015), *nanocellulose* secara teori dapat mencapai modulus 100–130 GPa (Dufresne, 2013). Hal ini menegaskan bahwa reduksi serat ke skala nano secara signifikan meningkatkan potensi penguatan mekanik pada komposisi.

2.2.4 Peningkatan Ketahanan terhadap Air dan Regradasi

Serat alam berukuran besar biasanya menyerap air lebih banyak, yang dapat menyebabkan degradasi pada bahan komposit. Namun, dengan mem fibrilasi serat ke skala nano, serat alam menjadi lebih tahan terhadap penetrasi air dan degradasi. Hal ini meningkatkan ketahanan komposit terhadap lingkungan yang lembab sehingga memperpanjang umur pemakaian bahan komposit.

Dengan mengubah ukuran serat alam menjadi *nanosize*, komposit yang dihasilkan tidak hanya lebih kuat dan stabil, tetapi juga tahan lama sehingga cocok untuk aplikasi yang membutuhkan performa tinggi.

2.3 Aplikasi Perlakuan Fisik Awal untuk Proses Fibrilasi

Perlakuan fisik awal untuk proses fibrilasi (mikrofibril) selulosa dilakukan dengan menyisir serat. Proses setelah penyisiran, yaitu memotong serat berukuran 10 cm.

Penyisiran serat dimaksudkan untuk memisahkan bundel serat menjadi serat yang individual, yang kemudian dilanjutkan dengan *steaming* setelah serat melalui perlakuan kimia. Proses ini sering kali melibatkan tekanan dan suhu tinggi, pada hasil serat yang bersih juga menghasilkan permukaan serat yang kasar.

2.4 Aplikasi Perlakuan Kimia untuk Proses Fibrilasi

Perlakuan kimia awal (pra-perlakuan) merupakan tahap krusial untuk keberhasilan proses fibrilasi selulosa. Tujuan utamanya adalah untuk delignifikasi, yaitu memecah dan melarutkan komponen non-selulosa (terutama lignin dan hemiselulosa) yang bertindak sebagai matriks pengikat antar mikrofibril selulosa. Dengan hilangnya matriks ini, struktur serat menjadi lebih longgar sehingga proses

fibrilasi mekanis menjadi lebih efisien.

Metode pra-perlakuan kimia yang paling umum adalah alkalisasi menggunakan Natrium Hidroksida (NaOH). Perlakuan ini terbukti efektif membersihkan permukaan serat, meningkatkan kandungan selulosa, dan mengurangi kadar hemiselulosa.

2.5 Perlakuan Alkali

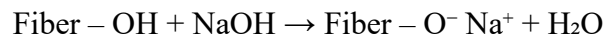
Perlakuan alkali (NaOH) dari serat alami adalah salah satu perlakuan kimia yang telah dikenal untuk meningkatkan kandungan selulosa melalui penghilangan hemiselulosa dan lignin. Perlakuan alkali adalah metode umum untuk membersihkan dan memodifikasi permukaan serat untuk menurunkan tegangan permukaan dan meningkatkan adhesi antarmuka antara serat alami dan matriks polimer.

Mengingat begitu pentingnya perlakuan permukaan sebagai perlakuan awal dalam proses pembuatan komposit berpenguat serat alam, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menjelaskan pengaruh perlakuan serat alkali (NaOH) terhadap kekuatan tarik dan morfologi serat batang pisang.

Untuk mendapatkan komposit dengan karakteristik yang baik dari bahan penguat serat alam, hal yang perlu diperhatikan adalah memperbaiki ikatan antarmuka serat alam dengan resin. Sifat alami serat adalah *hidrophylic*, yaitu suka terhadap air berbeda dari polimer yang *hidrophobic*, yaitu menolak air. Adanya perbedaan sifat tersebut dapat menurunkan kemampuan resin untuk mengikat serat. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam selulosa telah diteliti dimana kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hidrophylic* serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matrik secara optimal (Bismarck,

dkk. 2002).

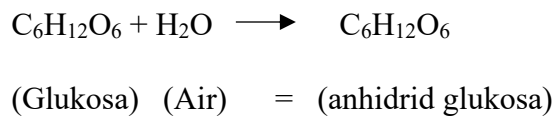
Reaksi dari perlakuan alkali terhadap serat adalah :



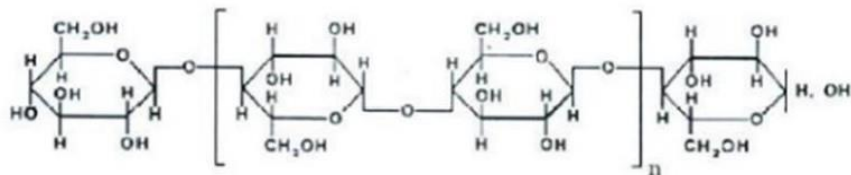
2.6 Kandungan Kimia Serat Alam

2.6.1 Selulosa

Selulosa merupakan suatu senyawa karbohidrat yang dapat ditemukan secara melimpah di alam ini. Selulosa terdapat didalam dinding sel tumbuhan. Selulosa tersusun atas unit-unit glukosa yang berasal dari proses fotosintesis tumbuhan. Kemudian dalam suatu proses yang kompleks, glukosa mengalami modifikasi secara kimia dengan dipindahkannya satu molekul air dari setiap unit sehingga terbentuklah anhidrid glukosa.



2.6.2 Struktur Selulosa



Gambar 2. 1. Struktur Selulosa

Selulosa adalah suatu polimer yang terdiri dari unit-unit anhidrid glukosa yang saling bersambungan ujung-ujungnya secara bersama-sama. Eliminasi bersama membentuk rantai panjang yang dikenal dengan selulosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_5$)_n dengan n (derajat polimerisasi) sekitar 500-10000. Tinjauan bidang glukosa pada selulosa, seperti ditunjukkan pada gambar 2.1.

Molekul-molekul selulosa seluruhnya berbentuk linier dan mempunyai

kecenderungan membentuk ikatan-ikatan hidrogen intra- dan intermolekul. Sehingga berkas-berkas selulosa membentuk agregat bersama-sama dalam bentuk mikrofibril, daerah yang teratur (kristalin) diselingi dengan daerah yang tidak teratur (amorf). Mikrofibril ini membentuk fibril-fibril dan akhirnya terbentuklah serat-serat selulosa karena strukturnya yang berserat dan ikatan-ikatan hidrogen yang kuat menyebabkan selulosa mempunyai kekuatan tarik yang tinggi dan tidak larut dalam kebanyakan pelarut. Meskipun selulosa merupakan karbohidrat, tetapi selulosa bukanlah sumber makanan bagi manusia atau hewan.

2.6.3 Sumber Selulosa

Sumber utama selulosa berasal dari serat kayu, baik *hardwood* maupun *softwood*, di mana produk akhir berupa pulp diperoleh melalui proses yang disebut pulping untuk memisahkan serat tersebut dari komponen lain, seperti lignin (Shackford, L. D, 2003)

Selulosa $C_6H_{12}O_6$ merupakan homopolymer yang terdiri atas unit β -D-glukopiranosida yang terikat bersama-sama oleh ikatan (1,4)-glikosida, di mana n merupakan derajat polimerisasi selulosa (DP) (Klemm dkk, 2005). Selulosa mengandung karbon (44,44%) *hydrogen* (6,17%), dan oksigen (49,39%). Pada umumnya, kandungan selulosa berkisar 40-50% dari berat kering berlignoselulosa (Chen, 2014). Didalam dinding sel tumbuhan terdapat tiga komponen utama, yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Struktur mikrofibril selulosa menyusun inti dinding sel dan berfungsi memberikan kekuatan pada dinding sel. Hemiselulosa berada disekeliling selulosa, berpesran menunjang kekuatan dan sebagai penghubung antara selulosa dan lignin.

2.6.4 Lignin

Lignin adalah suatu polimer yang kompleks dengan berat molekul tinggi, tersusun atas unit-unit fenilpropan. Meskipun tersusun atas karbon, hidrogen, dan oksigen, lignin bukanlah suatu karbohidrat dan bahkan tidak ada hubungannya dengan golongan senyawa tersebut. Sebaliknya, lignin pada dasarnya adalah suatu fenol. Lignin sangat stabil dan sukar dipisahkan dan mempunyai bentuk yang bermacam-macam karenanya susunan lignin didalam tumbuhan tidak menentu.

Lignin terdapat di antara sel-sel dan di dalam dinding sel. Di antara sel-sel, lignin berfungsi sebagai perekat untuk mengikat sel-sel bersama-sama. Dalam dinding sel, lignin sangat erat hubungannya dengan selulosa dan berfungsi untuk memberi ketegaran pada sel. Lignin juga berpengaruh dalam memperkecil perubahan dimensi sehubungan dengan perubahan kandungan air kayu dan juga dikatakan bahwa lignin mempertinggi sifat racun kayu tahan terhadap serangan cendawan dan serangga. Apabila lignin terkena udara, terutama dengan sinar matahari, maka (bersama dengan karbohidrat-karbohidrat tertentu) lama kelamaan lignin cenderung menjadi kuning. Massa yang besar dan kekuatannya rendah karena serat-serat lignin kaku memiliki ikatan antar serat yang lemah.

Lignin bersifat termoplastik, artinya lignin akan menjadi lunak dan dapat dibentuk pada suhu yang lebih tinggi dan keras kembali apabila menjadi dingin. Sifat termoplastik lignin inilah yang menjadi pedoman pembuatan papan keras (*hardboard*) dan lain-lain pada produk kayu yang dimampatkan.

2.7 Fibrilasi Selulosa

Microfibrillated cellulose (mikrofibril selulosa) merupakan selulosa yang

mengalami perlakuan pemisahan serat menjadi mikrofibril-mikrofibril dengan kisaran diameter 10-100 nm. Hingga saat ini, mikrofibril selulosa merupakan bahan yang diminati karena memiliki karakteristik, antara lain memiliki luas permukaan spesifik, kekuatan dan kekakuan yang tinggi, memiliki berat yang rendah, bersifat *biodegradable*, dan *renewable* (Winuprasith & Suphantharika 2013). Karakteristik tersebut membuat mikrofibril selulosa memiliki sifat mekanik yang baik sehingga berpotensi digunakan pada industri komposit, otomotif, *pulp* atau kertas, elektronik, *coating*, dan lain-lain.

Kelebihannya sebagai penguat pada komposit selain mengurangi penggunaan komponen berbasis minyak bumi juga mengurangi abrasi pada komponen, seperti baja dan keramik (Moberg & Rigdahl 2012, Spence *et al.* 2011, Siqueira *et al.* 2010, Siro & Plackett 2010, Nakagaito & Yano 2006). Mikrofibril selulosa dapat dihasilkan melalui beberapa metode, terutama metode mekanik, seperti *homogenization*, *microfluidization*, *microgrinding*, *refining*, *ultrasonication*, *cryocrushing* dan *electrospinning* (Spence *et al.* 2011,)

Pengaplikasian produk komposit polimer serat alam dapat diterapkan dalam berbagai bidang, antara lain konstruksi, furnitur, peralatan olahraga, peralatan elektronik, peralatan komunikasi, pesawat, dan otomotif. Untuk tujuan komersialisasi produk komposit polimer serat alam, faktor yang perlu dipertimbangkan diantaranya adalah ketersediaan bahan baku dan permintaan pasar.

2.8 Perlakuan Fisik untuk Fibrilasi Serat Alam

Perlakuan fisik mempunyai tujuan utama, yaitu untuk mengoptimalkan sifat selulosa dan untuk meningkatkan gaya adhesi antara serat dengan matriks polimer dikarenakan serat alam memiliki kekurangan apabila digunakan sebagai penguat

dalam komposit.

Dalam hal ini, keuntungan utama dari penggunaan selulosa sebagai bahan penguat pada matriks polimer, yaitu: densitas rendah, tidak mudah terkikis, sifat kekakuan tinggi dikarenakan kemampuan pengisian tinggi, mudah didaur ulang, bahan mudah didapat karena banyak tersedia di alam, dan murah. Akan tetapi, serat batang pisang serta serat alam lainnya memiliki kekurangan apabila digunakan sebagai penguat dalam komposit. Serat alam bersifat hidrofilik sehingga menyebabkan gaya adhesi antara serat dan matriks bernilai rendah.

2.9 Perlakuan Kimia untuk Fibrilasi Serat Alam

Perlakuan kimia bertujuan untuk meningkatkan biodegradasi selulosa dengan menghilangkan lignin dan hemiselulosa. Metode ini bertujuan menurunkan tingkat polimerisasi dan kristalinitas komponen selulosa. Perlakuan kimia ini awalnya dikembangkan di industri kertas untuk delignifikasi bahan selulosa agar dihasilkan produk kertas berkualitas (Menon V dan Rao , 2012). Perlakuan berbagai biomassa lignoselulosa, seperti jerami gandum, rumput, kayu keras, dan kayu lunak menggunakan NaOH juga mampu mengurangi kadar lignin menjadi kurang dari 26% (Zhao et al., 2009).

Perlakuan kimia perlu dilakukan terhadap serat alam untuk meningkatkan kompatibilitas serat alam sebagai penguat dalam komposit. Modifikasi kimia secara langsung mempengaruhi struktur serat dan mengubah komposisi kimia serat, mengurangi kecenderungan penyerapan kelembaban oleh serat sehingga memberikan ikatan yang lebih baik antara serat dengan matriks. Hal ini akan menghasilkan sifat mekanik dan termal komposit yang lebih baik.

2.10 Perlakuan Mekanik untuk Fibrilasi Serat Alam

Perlakuan mekanik menggunakan mesin putaran tinggi yang mana mekanisme kerjanya sama, seperti blender. Apabila objek berputar dalam tabung atau silinder yang berisi campuran cairan dan partikel, maka campuran tersebut dapat bergerak menuju pusat rotasi, tetapi hal ini tidak terjadi karena adanya gaya yang berlawanan yang menuju kearah dinding luar silinder atau tabung, gaya tersebut adalah gaya sentrifugal.

Pemanfaatan fibril selulosa dengan sifat mekanik yang tinggi pada komposit polimer mengalami kesulitan dengan adanya ketaksesuaian (*incompability*) dan *disperse* selulosa dalam matriks polimer karena perbedaan sifat antara selulosa yang hidrofilik dengan polimer yang hidrofobik. Dalam pembuatan komposit polimer, selulosa yang digunakan biasanya dikeringkan terlebih dahulu untuk menghilangkan sifat hidrofobiknya. Selulosa yang dikeringkan akan membentuk gumpalan karena *microfibril* selulosa akan saling merekat dengan adanya ikatan hidrogen.

2.11 *Scanning Electromagnetic Microscope (SEM)*

Scanning electron microscope (SEM) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari sampel yang dianalisis. SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada *optical microscope* (OM). Hal ini disebabkan panjang gelombang de Broglie yang memiliki elektron lebih pendek daripada gelombang OM karena semakin kecil panjang gelombang yang digunakan, maka semakin tinggi resolusi mikroskop. SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada OM. Resolusi yang mampu dihasilkan OM hanya 200 nm, sedangkan resolusi yang dapat dihasilkan

SEM mencapai 0.1 – 0.2 nm.

2.12 Komposit

Komposit adalah perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun.

Komposit juga dapat dibagi menjadi tiga pengertian dasar beberapa definisi komposit adalah sebagai berikut:

- a. Tingkat Dasar : Pada molekul tunggal dan kisi kristal, bila material yang disusun dari dua atom atau lebih disebut komposit (contoh senyawa, paduan, polimer dan keramik).
- b. Mikrostruktur : Pada kristal, *phase* dan senyawa, bila material disusun dari dua *phase* atau senyawa atau lebih disebut komposit (contoh paduan Fe dan C)
- c. Makrostruktur : Material yang disusun dari campuran dua atau lebih penyusun makro yang berbeda dalam bentuk dan / atau komposisi dan tidak larut satu dengan yang lain disebut material komposit.

2.12.1 Karakteristik Komposit

Komposit merupakan paduan dari dua atau lebih bahan yang mempunyai sifat yang berbeda, maka hasilnya akan diperoleh sifat serta karakteristik yang berbeda pula. Karakteristik dari komposit ditentukan oleh:

1. Karakteristik material penyusun menurut *rule of mixture* sehingga akan berbanding secara proporsional.
2. Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi

karakteristik komposit.

3. Interaksi antar penyusun menghasilkan peningkatan sifat dari komposit

2.12.2 Klasifikasi komposit

Secara umum pengelompokan komposit dapat dibedakan menjadi dua, pengelompokan tersebut, yaitu berdasarkan matrik dan penguatnya.

Berdasarkan matriknya, komposit dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu:

- a. Komposit matrik logam (KML), yaitu logam sebagai matrik
- b. Komposit matrik polimer (KMP), yaitu polimer sebagai matrik
- c. Komposit matrik keramik (KMK), yaitu keramik sebagai matrik