

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Ampas Tebu**

Ampas tebu adalah suatu residu atau limbah padat yang berasal dari proses pengilingan maupun ekstraksi cairan tebu (*Saccharum officinarum*) dan di setiap produksi selalu menghasilkan limbah yang disebut ampas tebu. Limbah ini banyak mengandung serat dan gabus, memiliki aroma yang segar dan mudah dikeringkan sehingga tidak menimbulkan bau busuk (Ghafur, 2010). Ampas tebu memiliki kandungan polisakarida jenis pentosan yang dapat dikonversi menjadi senyawa kimia untuk digunakan pada produksi sektor industri lainnya (Wahyusi dkk., 2017).

Sifat fisik dari ampas tebu yaitu berwarna kekuning-kuningan, berserat (berserabut), lunak dan relatif membutuhkan tempat yang luas untuk penyimpanan dalam jumlah berat tertentu dibandingkan dengan penyimpanan dalam bentuk arang aktif dengan jumlah yang sama (Apriliani, 2010). Karakteristik fisik ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 2.1



**Gambar 2.1** Ampas Tebu

Ampas tebu yang selama ini dianggap sebagai limbah, memiliki potensi yang tinggi untuk dijadikan sebagai bahan baku dalam produksi selulosa dengan kemurnian tinggi yang selanjutnya bisa dikonversi menjadi produk akhir seperti selulosa asetat, CMC dan turunan selulosa lainnya (Ningrum, 2018). Ampas tebu yang dihasilkan dari tanaman tebu mempunyai komposisi kimia yang tertera pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Komposisi Kimia Ampas Tebu

<b>Kandungan</b>	<b>Kadar (%)</b>
Selulosa	42,50
Hemiselulosa	24,88
Lignin	20,90
Abu	1,64
Bahan ekstraktif	5,83

(Sumber: Ningrum, 2018)

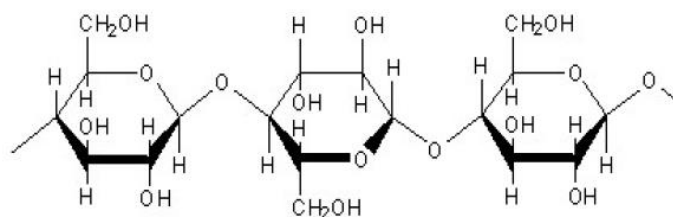
## 2.2 Selulosa

Selulosa merupakan karbohidrat utama yang disintesis oleh tanaman dan menempati hampir 60% komponen penyusun struktur tumbuhan. Jumlah selulosa di alam sangat berlimpah sebagai sisa tanaman atau dalam bentuk sisa pertanian seperti jerami padi, kulit jagung, gandum, kulit tebu dan tumbuhan lainya (Nofu dkk., 2014). Selulosa memiliki bobot molekul yang besar, strukturnya teratur berupa polimer yang linear terdiri dari unit ulangan  $\beta$ -D-Glukopiranos. Secara kimia, selulosa dalam kondisi asam yang kuat dan konsentrasi alkohol yang berlebih, akan terjadi reaksi etherifikasi selulosa yaitu reaksi antara selulosa dengan alkohol membentuk ether. Selulosa tidak ditemukan dalam keadaan murni di alam dan selalu berasosiasi dengan polisakarida lain seperti lignin, pektin, hemiselulosa, dan xilan (Suparjo, 2018). Berbagai metode alternatif dilakukan untuk mendapatkan selulosa murni. Lignin dan hemiselulosa melekat pada selulosa sehingga harus dihilangkan agar didapatkan selulosa dengan kemurnian tinggi (Nasrudin, 2012). Proses pemurnian lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan kemurnian selulosa sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku produk turunan yang diharapkan. Semakin tinggi kadar  $\alpha$ -selulosa, maka semakin baik mutunya (Nuringtyas & Rini, 2010).

Selulosa merupakan alternatif yang ideal untuk polimer berbasis petroleum pada berbagai aplikasi, seperti serat, film, dan kemasan makanan. Film berbasis selulosa mengalami perkembangan yang sangat pesat, namun dalam aplikasinya sebagai film yang bersifat *biodegradable*, selulosa memiliki kelemahan yaitu adanya ikatan hidrogen yang kuat di antara rantai selulosa. Kebanyakan selulosa diproduksi dalam bentuk kristalin. Bentuk kristalin merupakan keistimewaan selulosa, karena merupakan bentuk yang tak lazim di dunia polisakarida. Bentuk

kristalin terdiri dari dua bentuk yang dibedakan berdasarkan pengemasan kristal, konformasi molekuler dan pola ikatan hidrogen intramolekuler. Perbedaan ini mungkin berpengaruh terhadap sifat-sifat fisik selulosa. Di samping struktur kristalin, selulosa juga tersusun dari struktur non kristalin (amorf). Jumlah dan perbandingan antara struktur kristalin dan non kristalin ini berbeda beda tergantung organismenya. Selulosa terbentuk dari fibril-fibril, sedangkan fibril tersusun atas mikrofibril-mikrofibril. Struktur seperti ini menyebabkan selulosa tidak larut dalam kebanyakan pelarut. Karena adanya ikatan hidrogen yang kuat pada kerangka struktur, selulosa tidak dapat dilarutkan pada berbagai pelarut. Dibutuhkan pelarut khusus untuk dapat melarutkan selulosa namun, pelarut tersebut memiliki harga yang sangat mahal. Oleh karena itu, dibutuhkan material turunan selulosa yang dapat lebih mudah terlarut dalam beberapa pelarut, yaitu selulosa asetat (Rojtica, 2021).

Karakteristik selulosa antara lain muncul karena adanya struktur kristalin dan amorf serta pembentukan mikro fibril dan fibril yang pada akhirnya menjadi serat selulosa. Selulosa bersifat hidrofilik (suka air) dan *biodegradable* (dapat terurai oleh organisme dari hewan maupun tumbuhan). Strukturnya yang kristalin ini menyebabkan selulosa cenderung stabil terhadap kondisi panas dan tidak mudah terdegradasi baik secara kimia atau mekanis (Putera, 2012). Struktur kristalin pada selulosa memberikan kekuatan dan ketangguhan pada daun, akar, dan batang tumbuhan (Dhyani dan Bhaskar, 2019). Untuk lebih jelas mengenai struktur molekul selulosa, dapat dilihat pada gambar 2.1.



**Gambar 2.2** Struktur Molekul Selulosa

(Sumber: Fadel, 2014)

Berdasarkan kelarutan dalam senyawa natrium hidroksida (NaOH) 17,5%, selulosa dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu:

1. *Alpha Cellulose* ( $\alpha$ -Selulosa) adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP (Derajat

Polimerisasi) 600 – 15000. Selulosa dengan derajat kemurnian  $\alpha > 92$  % memenuhi syarat untuk bahan baku utama pembuatan propelan atau bahan peledak, sedangkan selulosa kualitas dibawahnya digunakan sebagai bahan baku pada industri kertas dan industri kain (serat rayon) (Sumada dkk., 2011).

2. *Betha Cellulose* ( $\beta$ -Selulosa) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP (Derajat Polimerisasi) 15–90, dapat mengendap bila dinetralkan. Jenis dari selulosa ini mudah larut dalam larutan NaOH yang mempunyai kadar 17,5 % pada suhu 20 °C dan akan mengendap bila larutan tersebut berubah menjadi larutan yang memiliki suasana asam. (Nosya, 2016).
3. *Gamma Cellulose* ( $\gamma$ -Selulosa) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP (Derajat Polimerisasi) kurang dari 15, kandungan utamanya adalah hemiselulosa. Hemiselulosa relatif mudah untuk dihidrolisis asam menjadi komponen monomernya. Molekul hemiselulosa lebih kecil dari selulosa serta lebih mudah menyerap air, bersifat plastis dan mempunyai permukaan kotak antar molekul lebih luas dibandingkan dengan selulosa (Nurul, 2016).

### 2.3 Selulosa Asetat

Selulosa asetat adalah selulosa yang gugus hidroksilnya diganti oleh gugus asetil berbentuk padatan putih, tidak beracun, tidak berasa, dan tidak berbau. Selulosa asetat mempunyai nilai komersial yang cukup tinggi karena memiliki beberapa keunggulan, di-antaranya karakteristik fisik dan optik yang baik sehingga banyak digunakan sebagai serat untuk tekstil, filter rokok, plastik, film fotografi, lak, pelapis kertas dan membran, serta kemudahan dalam pemrosesan lebih lanjut. (Gaol et al, 2013). Wahyusi dkk. (2017) melaporkan selulosa asetat dapat digunakan sebagai bahan pembuatan bioplastik karena dapat larut dalam aseton, bersifat termoplastis, serta memiliki kestabilan dan ketahanan yang baik pada bentuk lapisan pada plastiknya. Selulosa asetat ( $C_6H_7O_2(CH_3COO)_3$ ) merupakan selulosa dengan gugus hidroksil yang telah tergantikan oleh gugus asetil.

Berdasarkan derajat substitusinya selulosa asetat dapat dibagi menjadi tiga, yaitu:

- a. Selulosa monoasetat, derajat substitusi (DS) 0-2 dengan kandungan asetil <36,5%. Selulosa monoasetat dapat digunakan pada pembuatan plastik, cat, dan laker.
- b. Selulosa diasetat, derajat substitusi (DS) 2,0 - 2,8 dengan kandungan asetil 36,5-42,2%. Selulosa diasetat dapat digunakan pada pembuatan membran, film topografi, dan benang.
- c. Selulosa triasetat, derajat substitusi (DS) 2,8 - 3,9 dengan kandungan asetil 43,5-44,8%. Selulosa triasetat dapat digunakan pada pembuatan kain dan pembungkus benang. (Fengel & Wegener, 1995)

Jenis proses untuk memproduksi selulosa asetat secara umum dapat dibagi menjadi 3 (tiga) macam, antara lain (Ullmann, 1986):

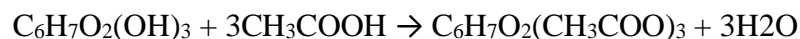
- a. Proses asam asetat: Asam asetat disini digunakan sebagai *acetylating agent* sekaligus pelarut dan asam sulfat sebagai katalis.
- b. Proses metilen klorida: Asetat anhidrat digunakan sebagai *acetylating agent*, metilen klorida sebagai pelarut dan asam sulfat sebagai katalis.
- c. Proses fiber asetat: Pada proses ini selulosa diesterifikasi dengan menjaga struktur seratnya dengan penam-bahan non solvent seperti karbon tetra klorida, benzene dan toluene pada proses asetilasi, akan tetapi penggunaannya terbatas hanya untuk penggunaan khusus.

Cara lain yang digunakan untuk membuat selulosa asetat adalah dengan beberapa metode berikut :

- a. Proses Emil Heuser: Asam asetat glacial digunakan sebagai *acetylating agent* dan asam fosfat sebagai pelarut.
- b. Proses Cellanase: Asam asetat anhidrat sebagai *acetylating agent* dan asam asetat glacial sebagai pelarut.

Reaksi Asetilasi sebaiknya berjalan pada rentang suhu antara 40°C sampai 50°C, jika suhu lebih rendah akan mengakibatkan reaksi berjalan dengan laju reaksi yang lambat. Jika reaksi dijalankan pada suhu 50°C atau lebih, maka memungkinkan bahan lebih mudah menguap dan sebagian lagi terpapar panas. Sehingga mengakibatkan bahan yang tersisa menjadi rusak dan mengurangi

jumlah dari hasil reaksi. (Fitriyano & Abdullah, 2016). Pada proses asetilasi dimana pencampuran antara selulosa dengan asam asetat glacial sebagai *acetylating agent* terjadi reaksi sebagai berikut :



Acuan dalam perolehan selulosa asetat yang baik yaitu dengan menyenaraikan dengan syarat mutu yang ada di Indonesia. Syarat mutu selulosa asetat menurut SNI dapat dilihat pada Tabel 2.2. Kadar asetil dan kelarutan selulosa asetat pada pelarut organik merupakan parameter utama dalam penentuan selulosa asetat yang baik.

**Tabel 2.2** Syarat Mutu Selulosa Asetat

Parameter	Persyaratan
Kadar asetil	39-40%
Kekentalan interinsik (pelarut aseton)	1,5-1,8 dl/g
Kestabilan terhadap kalor	Tidak terjadi pengarangaran saat dipanaskan (180°C, 8 jam)

(Sumber: Badan Standar Nasional, 1991)

## 2.4 Plastik *Biodegradable*

Bioplastik merupakan salah satu biopolimer yang dapat terurai secara alami oleh bantuan jamur, bakteri, alga atau mengalami hidrolisis dalam larutan berair. Plastik *biodegradable* atau lebih dikenal dengan bioplastik merupakan plastik ramah lingkungan karena mudah diurai oleh mikroorganisme dibandingkan plastik konvensional (Sari dkk., 2019). Bioplastik memiliki kegunaan yang sama dengan plastik konvensional tetapi bahan baku pembuatannya sebagian besar atau seluruhnya lebih ramah lingkungan sehingga mudah didapatkan, bersifat dapat didaur ulang dan diperbaharui.

Plastik *biodegradable* dibagi menjadi tiga jenis, yaitu *biodegradable film*, *biodegradable coating*, dan enkapsulasi. *Biodegradable coating* adalah jenis film yang langsung melapisi produk, sedangkan pada plastik *biodegradable* pembentukannya tidak secara langsung melainkan sebagai pelapis dan pengemas. Enkapsulasi merupakan *biodegradable packaging* yang memiliki fungsi sebagai pembawa zat perasa berbentuk serbuk. *Biodegradable film* berfungsi sebagai penghambat perpindahan uap air, penghambat pertukaran gas, pencegah kehilangan

aroma, pencegah perpindahan lemak, peningkatan karakteristik fisik, dan pembawa zat aditif (Austin, 1985).

Komponen utama penyusun plastik *biodegradable* terbagi menjadi tiga kelompok yaitu hidrokoloid, lipida, dan komposit. Hidrokoloid yang cocok digunakan antara lain senyawa protein, polisakarida, alginat, pektin, dan pati. Bahan dasar protein dapat berasal dari jagung, kedelai, kasein, kolagen, gelatin, cornzein, protein susu dan protein ikan. Polisakarida yang digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* adalah selulosa dan turunannya, pati dan turunannya, pektin, ekstrak ganggang laut (alginat, karagenan dan agar), gum (gumarab dan gum karaya), xanthan, kitosan dan lain-lain. Lipida yang biasa digunakan adalah gliserol, waxes, asil gliserol dan asam lemak, sedangkan komposit merupakan material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Komposit terdiri dari matriks yang berfungsi untuk perekat atau pengikat dan pelindung *filler* (pengisi) dari kerusakan eksternal dan *filler* berfungsi sebagai penguat gabungan lipida dengan hidrokoloid (Sriwita & Astuti, 2014).

Biodegradasi film pada lingkungan alam diawali dengan tahap degradasi kimia yaitu dengan proses oksidasi molekul menghasilkan polimer dengan berat molekul yang rendah kemudian akan berhadapan dengan mikroorganisme sehingga melalui proses dekomposisi.

Sintesis plastik *biodegradable* yang sangat efektif dan efisien adalah dengan cara *blending* berbagai polimer alam. Polimer alam bersifat *biodegradable*, akan tetapi memiliki sifat mekanik yang relatif rendah, rapuh, dan mudah rusak oleh pengaruh termal. Peningkatan sifat mekanik bioplastik perlu dilakukan penambahan pemlastis (Marbun, 2012).

Kuat tarik yaitu kemampuan suatu material untuk menahan beban tanpa mengalami kerusakan. Nahir, (2017) melaporkan kerusakan yang terjadi pada material dikarenakan terjadi perpecahan atau deformasi struktur karena tekanan yang berlebih yang diberikan terhadap suatu material. Kuat tarik menunjukkan ketegangan maksimum spesimen untuk menahan gaya yang diberikan terhadap material, kuat tarik yaitu ukuran besarnya beban yang atau gaya yang dapat ditahan

sebelum material rusak, kuat tarik terjadi akibat reaksi dari ikatan polimer antar atom-atom atau ikatan sekunder antara rantai polimer terhadap gaya luar yang diberikan. Selain kuat tarik bioplastik perlu diketahui elongasinya, elongasi adalah pemanjangan maksimum bioplastik saat akan putus, semakin baik bioplastik maka semakin tinggi nilai rentangnya (Afidin, 2021).

Menurut Haryati, dkk (2017) standar mutu bioplastik dapat ditunjukkan pada Tabel 2.3

**Tabel 2.3** Standar Mutu Bioplastik

No.	Standar Mutu Bioplastik	Nilai
1	Kuat tarik (Mpa)	1-10 Mpa
2	Persen elongasi	10-20%
3	Biodegradasi	100% dalam 60 hari

(Sumber: Haryati dkk., 2017)

Menurut *American Society Testing of Material* (ASTM) D 882 Tahun 2012, plastik dibedakan menjadi tiga jenis yaitu sebagai berikut.

1. HDPE (*High Density Poly Ethylene*) merupakan plastik bersifat keras, tahan terhadap bahan kimia dan kelembaban, mudah diwarnai, dibentuk dan diproses. Biasanya digunakan untuk botol susu cair, jus, minuman, tutup plastik. Disarankan hanya untuk satu kali penggunaan karena jika digunakan berulang kali dikhawatirkan bahan penyusunnya lebih mudah bermigrasi kedalam pangan.
2. LDPE (*Low Density Poly Ethylene*) merupakan plastik dengan bahan mudah diproses, fleksibel, kedap air, tidak jernih tapi tembus cahaya, dan biasanya digunakan untuk kantong kresek.
3. PP (*Poly Propylene*) merupakan plastik yang memiliki ciri-ciri transparan tetapi berwarna, keras tetapi fleksibel, kuat, tahan terhadap panas, bahan kimia dan minyak, sehingga PP merupakan pilihan bahan plastik yang baik untuk kemasan pangan, seperti tempat obat, botol susu, dan sedotan.



## 2.5 Penelitian Sebelumnya (*State of the Art*)

Penyusunan Tugas Akhir ini menggunakan beberapa jurnal yang berhubungan dengan penelitian sebagai referensi. Rincian mengenai penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai referensi penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.4

**Tabel 2.4** Penelitian Sebelumnya (*State of the Art*)

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
1	Siswati dkk. (2021)	Selulosa Asetat dari Ampas Sagu	Pembuatan selulosa asetat menggunakan metode emil heuser, dengan variabel penelitian variasi waktu asetilasi (5, 10, 15, 20, dan 25 menit) dan pengadukan (150, 250, 350, 450, dan 550 rpm)	Kadar asetil optimal sebesar 39,2% pada variabel waktu asetilasi 15 menit dan pengadukan 350 rpm
2	Wahyusi dkk. (2017)	Kajian Proses Asetilasi terhadap Kadar Asetil Selulosa Asetat dari Ampas Tebu	Pembuatan selulosa asetat menggunakan metode emil heuser, dengan variabel penelitian volume asam asetat glasial 98% (20, 40, 60, 80, dan 100 ml) dan kecepatan pengadukan 100, 200, 300, 400, dan 500 rpm)	Kadar asetil terbesar adalah 45,16% pada pemberian volume asam asetat glasial 60 ml dengan kecepatan pengadukan 300 rpm
3	Utami dkk. (2021)	Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat dari $\alpha$ -Selulosa Fiber Cake Kelapa Sawit	Pembuatan selulosa asetat menggunakan metode callanase, dengan variabel penelitian rasio selulosa:asetat anhidrida (1:5, 1:10, dan 1:15), waktu asetilasi (0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 jam dan suhu asetilasi 25 dan 40°C)	Pada rasio selulosa:anhidrida asetat (1:10), waktu asetilasi 1,5 jam, dan suhu asetilasi 40°C dengan nilai <i>yield</i> produk, kadar asetil, dan derajat substitusi berturut-turut 49%, 39,97%, dan 2,5

4	Andahera dkk. (2019)	Pengaruh Penambahan Jenis dan Konsentrasi Plasticizer terhadap Kualitas Bioplastik Berbasis Selulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit	Pembuatan bioplastik menggunakan variabel <i>plasticizer</i> gliserol, asam oleat, dan sorbitol dengan variasi konsentrasasi (10%, 30%, dan 50%)	Bioplastik terbaik adalah bioplastik dengan penambahan sorbitol 30 % v/v dengan tarikan maksimum yang dapat ditahan sebesar 6,27 kPa dan persentase degradasi massa pada uji degradasi selama 4 hari sebesar 58,7%
---	----------------------	--	--	--