

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Fiber Cake* Kelapa Sawit

Limbah kelapa sawit meningkat dengan bertambahnya pabrik kelapa sawit. Limbah padat berasal dari batang pohon, pelepah, daun, tandan kosong, serat serabut buah, cangkang. Sabut kelapa sawit merupakan salah satu limbah terbesar yang dihasilkan dalam proses pengolahan minyak kelapa sawit. Diketahui untuk 1 ton kelapa sawit akan mampu menghasilkan limbah berupa serabut (*fiber*) 13% atau 130 kg (Mandiri, 2012). Sabut kelapa sawit bersifat hidrofilik dan memiliki sejumlah besar gugus hidroksil. Sifat tersebut menghasilkan ikatan antarmuka yang relatif lemah antara matriks polimer yang bersifat hidrofobik dengan serat yang bersifat hidrofilik serta ketahanan absorpsi air yang rendah.

Sabut kelapa sawit merupakan biomassa lignoselulosa. Kandungan hara serabut kelapa sawit meliputi N, P, K, Mg dan Ca (Kamal, 2014). Kandungan kimia serabut didominasi oleh glukukan sebanyak 219kg/ton berat kering, xylan 153 kg/ton berat kering, lignin 234 kg/ton berat kering, SiO<sub>2</sub> 632 kg/ton berat kering, K<sub>2</sub>O 90 kg/ton berat kering, dan CaO 72 kg/ton berat kering (Wahyono dkk., 2008). Adapun komposisi *fiber cake* kelapa sawit dapat di lihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan nutrisi *fiber cake* kelapa sawit

Komponen	Persen kadar kering (%)
Protein Kasar	3,60
Lemak	1,90
Abu	5,60
Selulosa	59,6
Lignin	28,5
Impurities	8,00

(Sumber : Koba dan Ishizaki, 1990)

### 2.2 Selulosa

Selulosa merupakan biopolimer alami yang berlimpah di alam. Selulosa adalah salah satu polimer alam polisakarida mempunyai bentuk empiris C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub> dengan rantai linear yang tersusun dari unit-unit anhidroglukopiranososa yang tersambung dengan ikatan β-1,4-glikosidik membentuk suatu rantai

makromolekul tidak bercabang. Setiap unit anhidroglukopiranososa memiliki tiga gugus hidroksil (Zugenmainer, 2008). Unit anhidroglukopiranososa yang berulang mencapai 10.000 hingga 15.000 unit, yang menyebabkan molekul-molekul selulosa membentuk rantai yang saling bersisian, kokoh, dan lurus (Fessenden dan Fessenden, 1999). Selulosa dari bahan alami yang telah dilarutkan melalui suatu reaksi akan menghasilkan suatu selulosa murni yang disebut sebagai *regenerated cellulose*. Selulosa tersebut relatif higroskopis dimana pada kondisi atmosfer (20 °C dengan kelembaban 60%) dapat menyerap 8 sampai 14% air. Meskipun selulosa mampu menyerap air namun tidak dapat larut dalam air ataupun asam encer (Ullmann, 1986).

Selulosa mempunyai struktur rantai yang linier, sehingga kristal selulosa menjadi stabil. Kristalinitas dan ikatan hidrogen intermolekuler antar gugus hidroksil sangat tinggi sehingga polimer selulosa tidak dapat larut air meskipun bersifat hidrofilik. Pelarut yang mampu membentuk ikatan hidrogen baru bisa melarutkan selulosa. Molekul Selulosa mengalami pengembangan disebabkan adanya ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen yang terbentuk antara selulosa dengan pelarut yang semakin kuat akan meningkatkan kemampuan pengembangan. Matriks (hemiselulosa) dan bahan yang melapisi (lignin) merupakan senyawa yang mengelilingi selulosa sehingga membentuk kerangka (Eka, 2012).

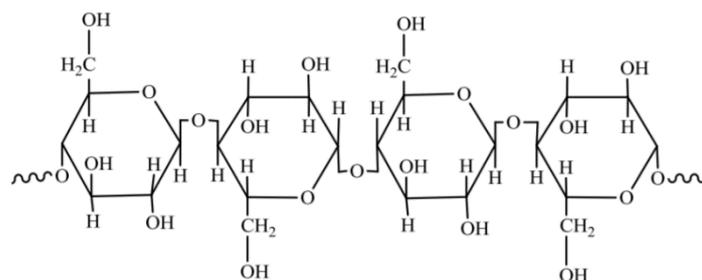
Selulosa tidak didapatkan dalam keadaan murni dan harus melalui metode isolasi, namun hanya diperoleh sebagai hasil yang kurang murni yang biasanya disebut  $\alpha$ -selulosa. Dengan reaksi esterifikasi selulosa dapat dimodifikasi yang menghasilkan suatu ester organik dan salah satunya yaitu selulosa asetat. Selulosa digunakan untuk mengurangi kristalinitas dan membuatnya lebih reaktif (Eka, 2012).

Reaktifitas selulosa dapat ditingkatkan melalui proses pengembangan selulosa. Penyerapan air atau pelarut tertentu dapat menyebabkan pengembangan selulosa yang diperlukan pada proses esterifikasi selulosa untuk mempermudah pereaksi mencapai daerah kristalin. Kecepatan asetilasi pada selulosa yang telah mengalami pengembangan meningkat sekitar tiga kali lebih cepat daripada selulosa yang tidak mengalami pengembangan. Berdasarkan derajat polimerisasi

(DP) dan kelarutan dalam senyawa natrium hidroksida (NaOH) 17,5%, selulosa dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu (Tarmansyah dan Umar, 2007):

- a. *Alpha cellulose* ( $\alpha$ -selulosa) adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan natrium hidroksida 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP 600-1500 dan dipakai sebagai penduga dan atau penentu tingkat kemurnian selulosa. 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). Semakin tinggi kadar alfa selulosa, maka semakin baik mutu bahannya.
- b. *Beta cellulose* ( $\beta$ -selulosa) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan natrium hidroksida 17,5% atau basa kuat dengan DP 15-90, dapat mengendap bila dinetralkan. *Beta cellulose* menunjukkan ukuran *alpha cellulose* yang terdegradasi
- c. *Gamma cellulose* ( $\gamma$ -Selulosa) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan natrium hidroksida 17,5% atau basa kuat dan tidak mengendap jika dinetralkan memiliki DP nya kurang dari 15. *Gamma cellulose* mengindikasikan *hemicelluloses* alamiah.

Struktur selulosa dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Selulosa  
(Sumber: Mulyadi, 2020)

Untuk mendapatkan sifat fisik dan kimia yang lebih baik dan memperluas aplikasinya, selulosa dibuat dalam berbagai turunannya diantaranya turunan ester dan eter. Ester selulosa banyak digunakan sebagai serat dan plastik, sedangkan eter selulosa sebagai pengikat dan bahan tambahan untuk mortir khusus atau kimia khusus untuk bangunan dan konstruksi juga stabilisator viskositas pada cat, makanan, produk farmasetik, dan lain-lain. Selulosa juga merupakan bahan dasar

dalam pembuatan kertas. Seratnya mempunyai kekuatan dan durabilitas yang tinggi. Jika dibasahi dengan air, menunjukkan pengembangan ketika jenuh, dan juga higroskopis. Bahkan dalam keadaan basah, serat selulosa alami tidak kehilangan kekuatannya (Zugenmaier, 2008).

### 2.3 Alpha Selulosa ( $\alpha$ -Selulosa)

*Alpha Cellulose* adalah bentuk yang digunakan untuk mendefinisikan kandungan “*true*” *cellulose* dari material tumbuhan dalam bentuk kelarutan dalam alkali. Bersama dengan *beta* dan *gamma cellulose*, *alpha cellulose* diperkenalkan pertama kali oleh Cross dan Bevan sekitar tahun 1904.

*Alpha cellulose* biasanya ditentukan melalui metode *gravimetric* dimana fraksi tidak terlarut dalam 17.5% NaOH disaring kemudian ditimbang. *Beta* dan *gamma cellulose* bisa juga ditentukan melalui metode *gravimetric*, namun lebih sulit karena bersifat gelatin. Uji empiris harus dilakukan dibawah kondisi terkontrol secara hati-hati. Sample harus didisintegrasi sebelum *treatment*, dan penimbangan residu kering harus dilakukan dengan sangat hati-hati, menggunakan botol yang tertutup rapat karena *alpha cellulose* kering sangat hidroskopis. Disisi lain, konsentrasi alkali, rasio alkali terhadap pulp, dan waktu *treatment* tidak signifikan pengaruhnya dan dapat divariasikan dalam batas wajar tanpa mempengaruhi hasil.

*Alpha cellulose* bukan material homogen, namun lebih pada fraksi empiris mengandung molekul *cellulose* pada berbagai berat molekul. Jika penentuan *alpha cellulose* dibuat melalui *pulp wood* yang belum *dibleaching* yang mana mengandung banyak lignin, lignin harus dikompensasi dengan menentukan kadar lignin dalam residu. Prosedur yang umum untuk menentukan *alpha cellulose* pertama menyiapkan *holocellulose* dengan mengekstrak kayu dengan chlorine atau chlorite dan selanjutnya mengekstrak *holocellulose* melalui larutan alkali untuk menghilangkan *hemicelluloses*. Sisa residu yang tidak larut setelah tidak ada material lain yang dapat terlarut adalah *alpha cellulose*. *Alpha cellulose* yang diperoleh dari kayu tidak sama dengan *alpha cellulose* dalam *cotton*.

## 2.4 Cellulose Acetate

Selulosa Asetat mempunyai rumus molekul  $[C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3]_x$ , berwujud padat dengan bentuk *flake* (serpihan) atau *powder* (serbuk) dan berwarna putih dengan titik lebur: 533,15K. Sedangkan sifat kimia selulosa asetat: larut dalam acetone, dimetilformamida (DMF), dioksan tetrahidrofuran (THF), asam asetat, dimetilsulfoksida (DMSO), dimetilasetamida (DMAc). Secara fisik sifat zat ini berbentuk padatan, berwarna putih, tidak berbau, tidak berasa dan tidak beracun serta memiliki kandungan asetil antara 37 – 40,5% (Othmer, Kirk, 1952). Untuk mendapatkan serat selulosa asetat, viskositas yang diinginkan, kecepatan reaksi mula – mula, temperatur dan waktu reaksi keseluruhan harus dikontrol.

Selulosa asetat dengan derajat substitusi yang bervariasi dipreparasi dengan mereaksikan selulosa dengan asam asetat kemudian dengan asetat anhidrida dan katalis asam mineral. Produk yang terasetilasi sempurna tersebut direaksikan dengan air untuk mencapai derajat substitusi yang diinginkan. Hidrolisis lunak memberikan selulosa yang hampir sempurna terasetilasi yang dikenal sebagai triasetat. Hidrolisis lebih lanjut memberikan suatu produk yang larut dalam aseton yang disebut dengan asetat sekunder. Keduanya dipakai dalam aplikasi plastik dan serat, dalam aplikasi plastik mereka dikombinasikan dengan bahan – bahan pembuatan plastik yang cocok. Selulosa asetat jauh lebih rendah dari derajat polimerisasi umpan selulosa karena terjadinya pemutusan ikatan – ikatan glucosidic oleh katalis esterifikasi asam. (Steven, M.P., 1995). Sifat fisik dan kimia *Cellulose Acetate* dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat Fisik dan Kimia *Cellulose Acetate*

Parameter	Keterangan
Wujud	Padat
Kenampakan	<i>Flake</i> (butiran)
Rumus molekul	$C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3$
Titik lebur	260 °C
Kapasitas panas	0,42 cal/g.°C
Sg	1,32 g/cm <sup>3</sup>
Derajat polimerisasi	200
Derajat substitusi	2,4
Kelarutan	Larut dalam aseton

(Sumber : Steven, M.P., 1995)

#### 2.4.1 Klasifikasi *Cellulose Acetate*

*Cellulose Acetate* umumnya memiliki nilai DS sebesar 0-3,5. Apabila nilainya meningkat maka titik leleh dari selulosa asetat juga meningkat sebesar 170-240 °C. Berdasarkan derajat substitusinya selulosa asetat dapat dibagi menjadi tiga yaitu (Gaol dkk., 2013):

1. Selulosa Monoasetat, dengan DS dalam aseton berkisar antara 0-2 dan kandungan asetil < 35. Selulosa monoasetat dapat digunakan pada pembuatan plastik, cat, dan laker.
2. Selulosa Diasetat, dengan DS 2-2,8 dan kandungan asetil 35-45 %. Selulosa diasetat digunakan pada pembuatan membran, film topografi, dan benang.
3. Selulosa Triasetat, dengan DS 2,8-3,5 dan kandungan asetil 43,5-44,8 %. Selulosa diasetat digunakan pada pembuatan kain dan pembungkus benang.

Kadar asetil merupakan ukuran jumlah asam asetat yang diesterifikasi pada rantai selulosa yang akan menentukan nilai derajat substitusi (DS). Semakin tinggi kadar asetil semakin tinggi pula derajat substitusinya. Hubungan antara derajat dengan kadar asetil dapat dilihat di tabel 2.3.

Tabel 2.3 Hubungan Derajat Substitusi, Kadar Asetil, dan Aplikasinya

Kandungan Asetil (%)	Derajat Substitusi	Pelarut Lazim	Penggunaan
13 – 18,6	0,6 – 0,9	Air	-
22,2 – 32,2	1,2 – 1,9	2-metoksi-etanol	Plastik, Cat Laker
36,5 – 42,2	2,0 – 2,8	Aseton	Film Topografi, Membran
43 – 44,8	2,8 – 3,9	Kloroform	Kain, Pembungkus Benang

(Sumber: Fengel., 1995)

Acuan dalam perolehan CA yang baik ialah dengan menyenaraikan dengan syarat mutu yang ada di Indonesia. Syarat mutu CA menurut SNI dapat dilihat pada tabel 2.4. Kadar asetil dan kelarutan CA pada pelarut organik merupakan parameter utama dalam penentuan perolehan CA yang baik.

Tabel 2.4 Syarat Mutu Selulosa Asetat

Parameter	Persyaratan
Kadar asetil	39,0 – 40,0 %
Kekentalan intrinsik (pelarut aseton)	1,5 – 1,8 dl/g
Kestabilan terhadap kalor	Tidak terjadi pengarangran saat

---

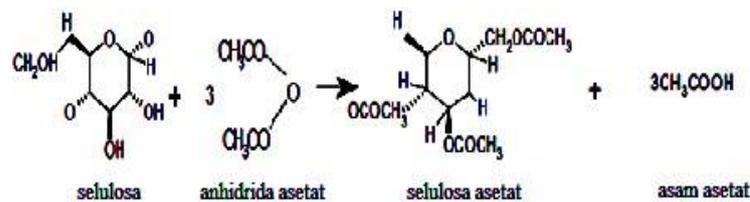
dipanaskan (180 °C, 8 jam)

---

(Sumber: Standar Mutu Indonesia (SNI), 1991)

#### 2.4.2 Proses Pembuatan *Cellulose Acetate*

*Cellulose Acetate* dibuat dengan mereaksikan selulosa dengan asam asetat kemudian dengan asetat anhidrida dan katalis asam mineral. Produk yang terasetilasi sempurna tersebut direaksikan dengan air untuk mencapai derajat substitusi yang diinginkan. Reaksi pembentukan *Cellulose Acetate* dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Reaksi Pembentukan *Cellulose Acetate*

Proses aktivasi dan asetilasi selulosa dilakukan melalui tiga tahap, yaitu :

1. Selulosa direaksikan dengan pelarut untuk bahan pengembang (swelling agent) atau aktivator. Dalam penelitian ini bahan pengembang yang digunakan yaitu asam asetat glasial (tahap pengembangan). Selain berfungsi mengembangkan, asam asetat glasial juga dapat menaikkan reaktivitas serat-serat maupun menurunkan derajat polimerisasi hingga ke tingkat yang sesuai.
2. Penyisipan gugus asetil ke dalam selulosa. Penelitian ini menggunakan asetat anhidrida dan katalisator asam sulfat pekat pada media asam asetat (tahap asetilasi). Setelah asetilasi sempurna dihasilkan larutan selulosa triasetat. Selulosa triasetat ini terdeasetilasi atau terhidrolisis sebagian dalam larutan asam asetat berair untuk memperoleh selulosa diasetat dengan derajat substitusi rendah sekitar 2,2-2,7, kadar asetil 36,5-42,2% dan larut dalam aseton (Sjostrum, 1993 dan Fengel, 1995).
3. Deasetilasi atau menghidrolisis sebagian dari asam asetat primer menjadi asam asetat sekunder dengan derajat substitusi 2-2,5 dalam larutan asam asetat berair atau untuk mengurangi kadar asetil, derajat substitusi yang diinginkan dapat diperoleh (tahap hidrolisis) (Eka, 2012).

Reaksi asetilasi pada pembuatan *Cellulose Acetate* dipengaruhi oleh suhu, waktu asetilasi, kecepatan pengadukan, jumlah asam asetat, dan jumlah pelarut. Suhu yang terlampaui tinggi menyebabkan selulosa maupun selulosa asetat

terdegradasi sehingga yield produk menurun. Waktu asetilasi yang lama juga menyebabkan hal yang sama. Kecepatan pengadukan yang terlampau cepat akan memperbesar perpindahan massa sehingga penambahan kecepatan reaksi diimbangi dengan peningkatan yield yang dihasilkan. Jumlah asam asetat sebagai reaktan yang besar memperbesar kemungkinan tumbukan antara reaktan sehingga kecepatan reaksi akan sangat terpengaruh. Sementara jumlah pelarut akan mempengaruhi tingkat homogenitas larutan. Jika terlampau besar akan mengurangi kemungkinan tumbukan antar reaktan (konsentrasi menurun) sehingga yield yang dihasilkan sedikit (Gaol dkk., 2013).

#### **2.4.3 Kegunaan *Cellulose Acetate***

Penggunaan selulosa asetat semakin luas dalam bidang fotografi, X-ray film dan pencetakan plastik. Sifat kejernihan yang baik dan mudah di dalam prosesnya menyebabkan selulosa asetat film digunakan secara luas dalam *packing*. Selulosa asetat juga merupakan bahan termoplastik yang pertama yang digunakan untuk *injection molding*. Selulosa asetat viskositas rendah digunakan dalam pabrik cat dan juga sebagai bahan pelapisan untuk kertas, logam, gelas dan bahan lain serta dapat digunakan sebagai perekat untuk film topografi. Selulosa asetat mempunyai nilai komersial yang cukup tinggi karena selulosa asetat memiliki beberapa keunggulan diantaranya karakteristik fisik dan optik yang baik sehingga bahan ini dapat diaplikasikan serat untuk tekstil, filter rokok, plastik, film fotografik, pelapis kertas, dan membran.

#### **2.5 Selulosa Diasetat**

Selulosa diasetat merupakan serat yang sangat mudah dihasilkan dengan biaya yang rendah dan kualitas produk yang baik. Selulosa diasetat digunakan dalam berbagai industri seperti pembuatan tekstil, plastik, fiber, dan filter rokok. Adapun sifat selulosa diasetat yang membedakan dengan serat sintetis lainnya adalah :

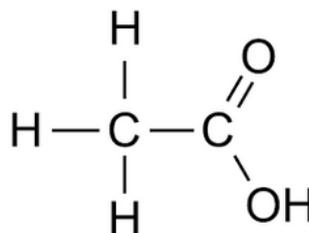
- Termoplastik
- Selektif absorpsi dan dapat membuang beberapa bahan organik dengan kadar rendah
- Mudah digabungkan dengan plasticizers, panas, dan tekanan

- Selulosa diasetat larut pada kebanyakan pelarut (terutama aseton dan pelarut organik) dan dapat dimodifikasi agar dapat dilarutkan dengan pelarut alternatif, termasuk air
- Hidrofilik, membuat selulosa diasetat gampang basah, dengan pengantar cairan yang baik dan absorpsi yang bagus
- Area permukaan luas
- Terbuat dari sumber yang dapat diperbaharui
- Resistan untuk mold dan mildew
- Mudah hancur dengan larutan alkali kuat dan agen oksidasi kuat
- Dapat dibersihkan atau dikeringkan dengan mudah

## 2.6 Asam Asetat

Asam asetat atau lebih di kenal sebagai asam cuka ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) adalah suatu senyawa berbentuk cairan, tak berwarna, berbau menyengat, memiliki rasa asam yang tajam dan larut di dalam air, alkohol, gliserol, dan eter. Asam asetat murni disebut asam asetat glasial adalah cairan higroskopis tak berwarna, dan memiliki titik beku  $16,7^\circ\text{C}$ . Pada tekanan atmosferik, titik didihnya  $118,1^\circ\text{C}$ . Asam asetat mempunyai aplikasi yang sangat luas di bidang industri dan pangan. Di Indonesia, kebutuhan asam asetat masih harus di import, sehingga perlu di usahakan kemandirian dalam penyediaan bahan (Hardoyono, 2007).

Nama asam asetat berasal dari kata Latin asetum, “vinegar”. Asam asetat, asam etanoat atau asam cuka adalah senyawa kimia asam organik yang merupakan asam karboksilat yang paling penting di perdagangan, industri, dan laboratorium dan dikenal sebagai pemberi rasa asam dan aroma dalam makanan. Asam cuka memiliki rumus kimia  $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , atau  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ . Struktur asam asetat dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur Asam Asetat

Bentuk murni dari asam asetat ialah asam asetat glacial. Asam asetat glacial mempunyai ciri-ciri tidak berwarna, mudah terbakar dengan bau menyengat, dapat bercampur dengan air dan banyak pelarut organik. Dalam bentuk cair atau uap, asam asetat glacial sangat korosif terhadap kulit dan jaringan lain suatu molekul asam asetat mengandung gugus – OH dan dengan sendirinya dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air. Karena adanya ikatan hidrogen ini, maka asam asetat yang mengandung atom karbon satu sampai empat dan dapat bercampur dengan air (Hewitt, 2003).

### 1. Sifat Fisika

Adapun sifat – sifat fisik asam asetat dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Sifat Fisik Asam Asetat

Parameter	Nilai
Rumus molekul	CH <sub>3</sub> COOH
Warna	Tidak berwarna
Wujud	Cair
Berat molekul	60,05 g/mol
<i>Specific gravity</i>	1,049 g/cm <sup>3</sup>
Titik beku (1 atm)	16,7°C
Titik didih (1 atm)	118,4°C
Kondisi kritis	
T <sub>c</sub>	296°C
Kapasitas panas	0,522 cal/g.°C
Panas pembakaran	46,6 cal/g
Viskositas	1,22 cp
Panas penguapan	94,29 cal/g (pada titik didih normal)

(Perry,1997)

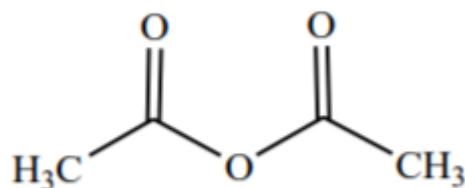
### 2. Sifat Kimia

Beberapa anggota awal dari deret asam karboksilat yakni asam asetat berwujud cairan tidak berwarna dengan bau tajam. Asam asetat yang menyusun sekitar 4-5% cuka, memberi ciri bau dan cita rasanya. Asam karboksilat tergolong polar dan dapat membentuk ikatan hidrogen dengan sesamanya atau dengan molekul 5 lain. Jadi asam karboksilat seperti asam asetat memiliki titik didih tinggi untuk bobot molekulnya. Asam karboksilat seperti asam asetat mengurai di dalam air, menghasilkan anion karboksilat dan ion hidronium. Atom hidrogen (H) pada gugus karboksil (–COOH) dalam asam karboksilat seperti asam asetat dapat dilepaskan sebagai ion H<sup>+</sup> (proton), sehingga memberikan sifat asam. Asam asetat adalah asam lemah monoprotik basa konjugasinya adalah asetat (CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>).

Asam asetat adalah pelarut protik hidrofilik (polar), mirip seperti air dan etanol. Asam asetat bercampur dengan mudah dengan pelarut polar atau nonpolar lainnya seperti air, kloroform dan heksana. Sifat kelarutan dan kemudahan bercampur dari asam asetat ini membuatnya digunakan secara luas dalam industri kimia dan laboratorium (Hart, 2003). Asam asetat mudah menguap di udara terbuka, mudah terbakar, dan dapat menyebabkan korosif pada logam. Asam asetat jika di reaksikan dengan karbonat akan menghasilkan karbon dioksida. Penetapan kadar asam asetat biasanya menggunakan basa natrium hidroksida, dimana 1 ml natrium hidroksida 1 N setara dengan 60,05 mg  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (Depkes RI,1995).

## 2.7 Anhidrida Asetat

Anhidrida asetat atau asetat anhidrid mempunyai nama IUPAC etanoil etanoat dan disingkat sebagai  $\text{Ac}_2\text{O}$ , adalah salah satu anhidrida asam paling sederhana. Rumus kimianya adalah  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ . Asetat anhidrat merupakan anhidrat dari asam asetat yang struktur antar molekulnya simetris. Senyawa ini merupakan reagen penting dalam sintesis organik. Asetat anhidrat merupakan suatu senyawa yang memiliki kegunaan yang sangat bervariasi. Asetat anhidrat digunakan dalam pembuatan *Cellulose Acetate*, serat asetat, obat-obatan, aspirin, dan berperan sebagai pelarut dalam penyiapan senyawa organik (Kurniawan, 2004). Struktur anhidrida asetat dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Struktur Anhidrida Asetat

Asetat anhidrat merupakan larutan aktif, tidak berwarna, dan berbau cuka karena reaksinya dengan kelembapan di udara membentuk asam asetat. Asetat anhidrid mengalami hidrolisis dengan pelan pada suhu kamar, membentuk asam asetat. Ini adalah kebalikan dari reaksi kondensasi pembentukan asetat anhidrid :



Selain itu, senyawa ini juga bereaksi dengan alkohol membentuk sebuah ester dan asam asetat. Contohnya reaksi dengan etanol membentuk etil asetat dan asam asetat :



Asetat Anhidrid merupakan senyawa korosif, iritan, dan mudah terbakar. Untuk memadamkan api yang disebabkan anhidrida asetat jangan menggunakan air, karena sifatnya yang reaktif terhadap air. Karbon dioksida adalah pemadam yang disarankan. Fungsi asetat anhidrid di industri adalah sebagai pelarut bahan kimia organik, terutama digunakan dalam produksi selulosa asetat, industri farmasi, pembuatan filter rokok plastik, pewarna, pestisida, rempah-rempah, dan industri polishing logam. Karena kegunaannya sebagai pelarut organik, maka asetat anhidrid juga banyak digunakan untuk kegiatan di laboratorium.

Anhidrida asam asetat digunakan dalam proses asetilasi karena lebih reaktif dibandingkan asam karboksilat. Hal ini disebabkan karena ion karboksilat pada anhidrida asam asetat merupakan leaving group yang lebih baik dibandingkan gugus  $-\text{OH}$  pada asam karboksilatnya. Elektrofilisitas C karbonil pada anhidrida asam asetat juga lebih besar daripada elektrofilisitas C karbonil asam asetat, sehingga molekul anhidrida asam asetat menjadi lebih reaktif (Supardjan, 2004).

### 1. Sifat Fisik

Adapun sifat – sifat fisik anhidrida asetat dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Sifat Fisik Anhidrida Asetat

Parameter	Nilai
Rumus molekul	$(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$
Warna	Tidak berwarna
Wujud	Cair
Berat molekul	102,09 g/mol
<i>Specific gravity</i>	1,082
Titik leleh (1 atm)	$-73^\circ\text{C}$
Titik didih (1 atm)	$139,6^\circ\text{C}$
Kondisi kritis	
$T_c$	$296^\circ\text{C}$
$P_c$	4660,95 kPa
Densitas pada $20^\circ\text{C}$	1,08 g/ml
Viskositas pada $25^\circ\text{C}$	0,843 mPa.s
Panas penguapan	93 cal/g (pada titik didih normal)

(Kirk Othmer, 1993)

## 2. Sifat Kimia

Asetat anhidrid bisa berasetilasi dengan berbagai macam campuran, mulai dari kelompok selulosa sampai ammonia dengan menggunakan katalis asam atau basa. Pada beberapa garam inorganik dipakai juga aksi katalis, tetapi sukar untuk menggeneralisasi aksi dari garam metalik dan ion.

Pada umumnya reaksi katalisasi asam dari asetat anhidrid lebih cepat dibandingkan dengan reaksi katalis dengan basa. Hidrolisa dari asetat anhidrid berjalan pada suhu yang rendah dengan adanya katalis akan mencapai tingkat (laju) yang lebih baik. Asetat anhidrida bersifat korosif, larut dalam air, dan dapat terbakar.

### 2.8 Karakterisasi *Cellulose Acetate*

Karakteristik *Cellulose Acetate* dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis sifat fisik dan sifat kimia berdasarkan acuan standar *Cellulose Acetate*.

#### 2.8.1 Analisis Bahan Baku

##### 1. Kadar Air

Kadar air adalah salah satu metode uji untuk menentukan kualitas dan ketahanan pangan terhadap kerusakan yang mungkin terjadi. Analisa kadar air  $\alpha$ -selulosa *fiber cake* kelapa sawit dilakukan menggunakan metode SNI 14-7070-2005. Persamaan untuk menghitung kadar air bahan baku dapat dilakukan dengan rumus :

$$X = \frac{(\text{berat awal}) - (\text{berat kering sampel})}{(\text{berat awal})} \times 100$$

##### 2. Kadar $\alpha$ -Selulosa

Kadar  $\alpha$ -selulosa didapatkan dari hasil pengujian terhadap selulosa yang telah diisolasi. Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 0444:2009 mengenai cara uji kadar selulosa *alfa*, *beta*, dan *gamma*. Persamaan untuk menghitung kadar  $\alpha$ -selulosa dituliskan sebagai berikut :

$$X = 100 - \frac{6,85 (V_1 - V_2) \cdot N \cdot 20}{A \cdot W}$$

Dimana :

X = alfa selulosa (%);

- $V_1$  = Volume titrasi blanko (ml);  
 $V_2$  = Volume titrasi sampel (ml);  
 $N$  = Normalitas larutan ferro ammonium sulfat;  
 $A$  = Volume filtrat uji yang dianalisa (ml);  
 $W$  = Berat kering sampel (gram);

## 2.8.2 Analisis *Cellulose Acetate*

### 1. Persen Yield

Persen yield didapatkan dari perbandingan antara massa produk selulosa asetat yang didapatkan dari hasil reaksi asetilasi dengan massa bahan baku selulosa. Persamaan untuk menghitung yield dituliskan sebagai berikut :

$$Yield (\%) = \frac{Massa \text{ Aktual}}{Massa \text{ Teoritis}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

### 2. Kadar Asetil dan Derajat Substitusi

Dua atom karbon, tiga atom hidrogen, dan satu atom oksigen merupakan molekul penyusun asetil. Reaksi kimia dimana gugus asetil ditambahkan ke molekul lain merupakan pengertian asetilasi. Tujuan proses asetilasi selulosa adalah untuk menggantikan sebagian atau seluruh gugus hidroksil (OH), dengan gugus asetil (CH<sub>3</sub>CO) dari anhidrida asetat menjadi selulosa asetat.

Faktor-faktor yang memengaruhi kadar asetil yaitu:

1. Kandungan air selulosa
2. Zat asetilasi pada selulosa

Meningkatnya rasio anhidrida asetat akan meningkatkan kadar asetil selulosa.

3. Katalis

Reaksi asetilasi memerlukan penambahan katalis asam sulfat yang bertujuan untuk menurunkan energi aktivasi reaksi, karena jika energi aktivasi turun maka akan semakin mudah terjadi reaksi kimia substitusi gugus asetil lebih banyak oleh gugus hidroksil.

4. Massa awal selulosa

Saat proses asetilasi, jumlah awal selulosa menjadi selulosa asetat berpengaruh yang berhubungan langsung dengan jumlah katalis yang digunakan.

## 5. Temperatur

Suhu tinggi pada proses asetilasi dapat mempercepat terjadinya reaksi asetilasi. Suhu optimum untuk proses asetilasi berkisar antara 50-85°C (Sawong, 2013).

Pengujian kadar asetil dilakukan berdasarkan metode ASTM D 871-96. Kadar asetil merupakan ukuran banyaknya anhidrida asetat yang teresterifikan pada pektin yang dapat dihitung dengan rumus:

$$X = [(D - C)Na + (A - B)Nb] \times \left(\frac{F}{W}\right) \dots\dots\dots (2)$$

Karakteristik seperti kristalinitas polimer dan kelarutan dalam berbagai pelarut dipengaruhi oleh derajat substitusi. Seperti jika nilai derajat substitusi selulosa murni adalah 0, hal tersebut akan menyebabkan selulosa sulit dilarutkan dengan pelarut yang umum digunakan. Melalui pembentukan ester asetat dilakukan peningkatan nilai derajat substitusi dari selulosa (Annisa, 20118).

Derajat substitusi (DS) adalah jumlah rata-rata gugus hidroksil dalam struktur selulosa yang disubstitusi oleh asetil dan gugus asetil yang dapat dihitung menggunakan rumus:

$$DS = \left( \frac{162 \times \frac{\%asetil}{43}}{100 - \left(\frac{42}{43} \times \%asetil\right)} \times 100\% \right) \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

- X = Kadar asetil (%)
- A = Volume NaOH yang terpakai untuk titrasi sampel (ml)
- B = Volume NaOH yang terpakai untuk titrasi blanko (ml)
- C = Volume HCl yang terpakai untuk titrasi sampel (m)
- D = Volume HCl yang terpakai untuk titrasi blanko (ml)
- Na = Normalitas HCl
- Nb = Normalitas NaOH
- 162 = Berat molekul unit anhidroglukosa
- 43 = Mr asetil

(Souhoka dan Latuperirisa, 2018)