

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Tebu

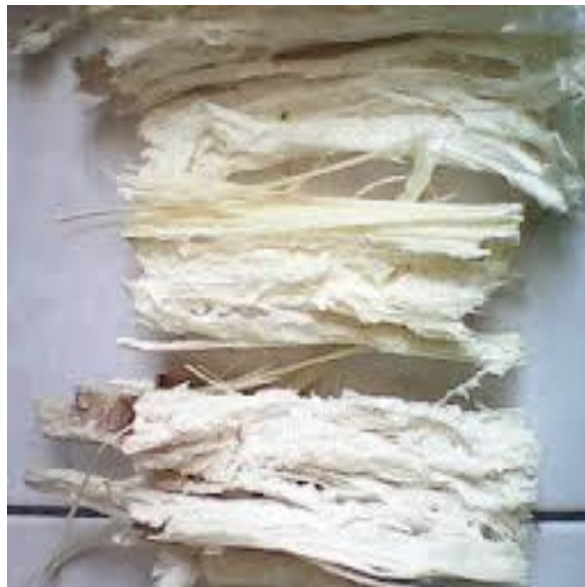
Tanaman tebu termasuk salah satu anggota dari Familia *Graminae*, sub familia *Andropogonae*. Banyak ahli berpendapat bahwa tanaman tebu berasal dari Irian, dan dari sana menyebar ke kepulauan indonesia yang lain, Malaysia, Filipina, Thailand, Burma dan India. Dari India kemudian dibawa ke Iran sekitar tahun 600 M dan selanjutnya oleh orang-orang Arab dibawa ke Mesir, Maroko, Sapnayol dan Zanzibar. Beberapa peneliti yang lain berkesimpulan bahwa tanaman ini berasal dari India berdasarkan catatan-catatan kuno dari negeri tersebut. Bala tentara Alexander the Great mencatat adanya tanaman di negeri itu ketika mencapai India pada tahun 325 SM (Tjokroadikoesomo dan Baktiar 2005) Dari perkembangan zaman, tanaman tebu terus ditemukan dengan varietas warna pada batang tebu yang berbeda-beda berikut ini gambar tanaman tebu yang secara umum sering dijumpai dapat dilihat pada gambar 1.



(Sumber : www.TeknologiPertanian.com)

Gambar 1. Tanaman Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan tanaman perkebunan semusim. Tebu termasuk ke dalam famili *poaceae* atau lebih dikenal sebagai kelompok rumput-rumputan. Tebu tumbuh di dataran rendah daerah tropika dan dapat tumbuh juga di sebagian daerah subtropika. Manfaat utama tebu adalah sebagai bahan baku pembuatan gula pasir. Ampas tebu atau lazimnya disebut *bagasse* adalah hasil samping dari proses ekstraksi cairan tebu yang berasal dari bagian batang tanaman tebu. Dari satu pabrik dihasilkan ampas tebu sekitar 35-40% dari berat tebu yang digiling (Zultiniar dkk., 2011). Untuk lebih jelasnya, berikut ini gambar tanaman tebu dari hasil proses penggilingan dapat dilihat pada gambar 2.



(Sumber: www.google.com)

Gambar 2. Ampas Tebu

2.1.1 Deskripsi *Saccharum officinarum* L (Tanaman Tebu)

1. Batang

Tanaman tebu mempunyai sosok yang tinggi, kurus, tidak bercabang dan tumbuh tegak. Tinggi batangnya dapat mencapai lebih kurang 3-5 m. Kulit batang keras berwarna hijau, kuning, ungu, merah tua atau kombinasinya. Pada batang terdapat lapisan lilin yang berwarna putih ke abu-abuan dan umumnya terdapat pada tanaman tebu yang masih muda.

2. Daun

Daun tebu merupakan daun tidak lengkap, karena hanya terdiri dari pelepah dan helaian daun, tanpa tangkai daun. Daun berpangkal pada buku batang dengan

kedudukan yang berseling. Pelepah memeluk batang, makin ke atas makin sempit. Pada pelepah terdapat bulu-bulu dan telinga daun.

3. Akar

Tebu mempunyai akar serabut yang panjangnya dapat mencapai satu meter. Sewaktu tanaman masih muda atau berupa bibit, ada 2 macam akar yaitu akar setek dan akar tunas. Akar setek/bibit berasal dari setek batangnya, tidak berumur panjang, dan hanya berfungsi sewaktu tanaman masih muda. Akar tunas berasal dari tunas, berumur panjang, dan tetap ada selama tanaman masih tumbuh.

4. Bunga

Bunga tebu merupakan bunga majemuk yang tersusun atas mulai dengan pertumbuhan terbatas. Panjang bunga majemuk 70-90 cm. Setiap bunga mempunyai tiga daun kelopak, satu daun mahkota, tiga benang sari dan dua kepala putik (Sinaga, 2011).

2.1.2 Klasifikasi Tanaman Tebu

Tebu atau *Sugar Cane* dalam bahasa Inggris adalah tanaman yang memiliki klasifikasi sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae* (tumbuhan)
 Sub Kingdom : *Tracheobionta* (tumbuhan berpembuluh)
 Super Divisi : *Spermatophyta* (menghasilkan biji)
 Divisi : *Magnoliophyta* (tumbuhan berbunga)
 Kelas : *Liliopsida* (berkeping satu /monokotil)
 Sub Kelas : *Commelinidae*
 Ordo : *Poales*
 Famili : *Graminae* atau *Poaceae* (suku rumput-rumputan)
 Genus : *Saccharum*
 Spesies : *Saccharum officinarum* Linn (Tarigan dan Sinulingga 2006).

2.1.3 Ampas Tebu

Di dalam ampas tebu terkandung senyawa selulosa, lignin dan hemiselulosa. Senyawa selulosa ini dapat diolah menjadi produk lain, seperti asam oksalat.

Senyawa asam oksalat dapat digunakan sebagai bahan peledak, pembuatan zat warna, rayon, untuk keperluan analisa laboratorium (Narimo, 2006). Pada industri logam, asam oksalat dipakai sebagai bahan pelapis yang melindungi logam dari korosif dan pembersih untuk radiator otomotif, metal dan peralatan (Panjaitan, 2008).

Dari proses pembuatan tebu akan dihasilkan gula 5%, ampas tebu 90%, dan sisanya berupa tetes (*molase*) serta air. Karena sari tebu tidak bisa diolah menjadi gula semuanya. Selain itu, daun tebu ini bisa digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak. Karena daun tebu kering cepat panas, sehingga pembakarannya setara dengan minyak tanah (Comic, 2011).

Dengan kandungan *ligno-cellulose* serta memiliki panjang seratnya antara 1,7 sampai 2 mm dengan diameter sekitar 20 mikro, sehingga ampas tebu ini secara ekonomis pemanfaatannya tidak hanya sebagai sumber energi bahan bakar semata. Namun ampas tebu ini bisa dimanfaatkan juga sebagai bahan baku untuk industri kertas, industri kanvas, industri jamur dan lain-lainnya. Bahkan ampas tebu juga bisa dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak dan menjadi sumber energi alternatif seperti bioetanol atau biogas (Samsuri dkk., 2007). Ampas tebu adalah sisa pengambilan nira, umumnya merupakan 31-34% bagian dari tebu. Komposisinya 50% yang terdiri dari 47% bagian berserat dan 3% sisa-sisa gula dan padatan terlarut lainnya. Untuk lebih jelas mengenai komposisi kimia ampas tebu dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Ampas Tebu

Komposisi kimia	% kandungan
Abu	0,79
Lignin	12,70
Pentosan	27,90
Sari	2,0
Selulosa	44,70
Kelarutan dalam air	3,7

Sumber : www.plantsclassificationReport.com.2008. "saccarum.officinarum"

2.1.4 Kandungan Tanaman Tebu

Tanaman tebu biasanya tumbuh baik pada daerah yang beriklim panas dengan kelembaban untuk pertumbuhan adalah $> 70\%$. Suhu udara berkisar antara $28^{\circ}\text{C} - 34^{\circ}\text{C}$. Tanah yang baik bagi pertumbuhan tebu adalah tanah subur dan cukup air tetapi tidak tergenang. Fase pertumbuhan tanaman tebu jatuh pada umur 3 sampai 8 bulan dan fase pemasakan pada umur 9 sampai 12 bulan yang ditandai dengan tebu mengeras dan berubah warna menjadi kuning pucat. Pengolahan tanah untuk penanaman tebu di lahan kering pada umumnya dilakukan pada musim kemarau sampai akhir musim hujan, sedangkan penanaman dilakukan di awal musim kemarau sampai menjelang musim hujan. Dari proses pertumbuhan tanaman tebu yang telah dijelaskan. Berikut ini adalah kandungan yang terdapat pada batang tebu (Risvan, 2008) :

1. Air (75 – 85 %)

Air merupakan komponen yang paling besar di dalam tebu sehingga untuk mendapatkan gula, komponen air harus dihilangkan sebanyak-banyaknya pada proses penguapan dan kristalisasi.

2. Sukrosa (10 – 12 %)

Sukrosa terdapat pada semua tanaman tebu. Kandungan sukrosa yang terbanyak terdapat pada bagian batang. Sifatnya stabil dalam suasana alkalis.

3. Gula Reduksi (0,5 – 2 %)

Gula reduksi yaitu glukosa dan fruktosa dalam perbandingan yang berlebihan satu sama lain. Semakin masak tebu, semakin sedikit gula reduksinya. Proses pemecahan dalam gula reduksi akan menimbulkan kerugian pada industri gula. Suhu tinggi dan pH tinggi akan mempercepat perpecahan gula reduksi, sehingga itu perlu dihindarkan.

4. Senyawa Organik (0,5 – 1 %)

Senyawa organik dalam tanaman tebu sebagian besar dalam bentuk Asam Laktat, Asam Suksinat, serta Asam Glukonat. Jika tebu busuk, asam akan teroksidasi menjadi asam laktat. Asam laktat dalam jumlah yang cukup banyak akan mempercepat proses *inverse*. *Inverse* dapat dicegah dengan cara

mempertahankan $\text{pH} > 7$ dengan temperatur proses pemurnian tidak terlalu tinggi.

5. Senyawa Anorganik (0,2 – 0,6 %)

Senyawa anorganik yang terdapat di dalam tebu antara lain Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MgO , CaO , K_2O , SO_3 , dan H_2SO_4 . Senyawa-senyawa tersebut berasal dari tanah dan dari pupuk yang dapat dipisahkan pada proses pemurnian.

6. Senyawa *Phosphate*

Senyawa ini adalah senyawa yang penting dalam proses pemurnian karena senyawa ini dapat menarik dan mengendapkan kotoran.

7. Serabut

Serabut merupakan rangka tanaman tebu yang tersusun dari selulosa atau hemiselulosa. Ciri umumnya adalah keras karena adanya lignin dan pektin. Serabut merupakan semua bagian tebu tanpa nira. Jika dipanaskan atau dikeringkan maka 50 % dari serabut adalah selulosa. Selain kandungan batang tebu yang dijelaskan diatas, terdapat kandungan zat-zat lain didalam batang tebu dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Zat-Zat Lain yang Terdapat dalam Tebu

Komponen	Komposisi (%)
Hemiselulosa dan pentosan (xilan)	8,5
Pektin	1,5
Protein tinggi (albumin)	7,0
Protein sederhana (albuminosa dan pentosa)	2,0
Asam amino (glisin, asam aspartat, asparagin dan glutamin)	25
Asam akonitat, oksalat, suksinat, glikolat dan malat	13
Klorofil, antosianin, sakaretin, dan tanin	17
Lilin, lemak, dan sabun	17
Fosfat, klorida, sulfat, silikat, nitrat dari Na, K, Ca, Mg, Al terutama Fe	7
Silika	2

(Sumber : Honig 1953)

Pada dasarnya badan tebu tersusun atas bahan padat dan bahan cair. Mulai dari pangkal sampai ujung batangnya mengandung nira dengan kadar mencapai 29%. Nira inilah yang akan diambil untuk dijadikan kristal-kristal gula. Secara rinci

mengenai kandungan nira didalam batang tebu dapat dilihat pada tabel 3. disajikan (*Chen dan Choui, 1993*).

Tabel 3. Kandungan Nira Batang Tebu

Komponen	Bahan Padat Terlarut (%)
Gula	75 – 92
Sukrosa	70 – 88
Glukosa	2,0 – 4,0
Fruktosa	2,0 – 4,0
Garam	3,0 – 4,5
Anorganik	1,5 – 4,5
Organik	1,0 – 3,0
Asam Organik	1,5 – 5,5
Asam Karboksilat	1,1 – 3,0
Asam Amino	0,5 – 2,5
Komponen Organik Non Gula	
Protein	0,5 – 0,6
Pati	0,001 – 0,1
Gum	1,3 – 1,6
Lilin, Lemak, Fosfatida	0,005 – 0,15
Komponen Lainnya	3,0 – 5,0

(Sumber: *Chen & Choui, 1993*).

a. Karbohidrat

Karbohidrat adalah komposisi yang terdiri dari elemen karbon, hydrogen dan oksigen terdapat dalam tumbuhan seperti beras, jagung, gandum, umbi-umbian, dan terbentuk melalui proses asimilasi dalam tumbuhan (*Pekik, 2007*). Secara biokimia, karbohidrat adalah polihidroksil-aldehida atau polihidroksil-ke-ton atau senyawa yang menghasilkan senyawa-senyawa ini bila dihidrolisis. Karbohidrat mengandung gugus fungsi karbonil (sebagai aldehida atau keton) dan banyak gugus hidroksil. Pada awalnya, istilah karbohidrat digunakan untuk golongan senyawa yang mempunyai rumus $(CH_2O)_n$, yaitu senyawa-senyawa yang n atom karbonnya tampak terhidrasi oleh n molekul air. Namun demikian, terdapat pula karbohidrat yang tidak memiliki rumus demikian dan ada pula yang mengandung nitrogen, fosforus atau sulfur. Bentuk molekul karbohidrat paling sederhana terdiri dari satu molekul gula sederhana yang disebut monosakarida, misalnya glukosa, galaktosa, dan fruktosa. Banyak karbohidrat merupakan

polimer yang tersusun dari molekul gula yang terangkai menjadi rantai yang panjang serta dapat pula bercabang-cabang, disebut polisakarida misalnya pati, kitin, dan selulosa.

Selain itu, monosakarida dan polisakarida terdapat pula disakarida (rangkain dua monosakarida) dan oligosakarida (rangkain beberapa monosakarida). Karbohidrat adalah kelompok besar senyawa yang umumnya disebut gula, pati, dan selulosa (yang semuanya adalah gula atau polimer gula). Umumnya gula merupakan sumber penyimpanan energi. Dengan memecah gula turun menjadi karbon dioksida dan air, organisme hidup dapat melepaskan energi yang terkunci di dalamnya digunakan untuk kebutuhan energi (Sastrohamidjojo, 2005).

Klasifikasi karbohidrat terdiri dari tiga golongan antara lain (Pekik, 2007)

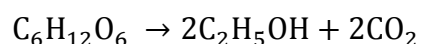
1. Monosakarida

Terdiri atas 3-6 atom C dan zat ini tidak dapat lagi dihidrolisis oleh larutan asam dalam air menjadi karbohidrat yang lebih sederhana. Semua monosakarida merupakan zat padat berwarna putih yang mudah larut dalam air. Beberapa monosakarida penting yaitu glukosa, fruktosa dan galaktosa yang mempunyai rumus $C_6H_{12}O_6$.

a. Glukosa

Glukosa dapat diperoleh dari hidrolisis sukrosa (gula tebu) atau pati (amilum). Di alam glukosa terdapat dalam buah-buahan dan madu lebah. Dari alam glukosa dihasilkan dari reaksi antara karbondioksida dan air dengan bantuan sinar matahari dan klorofil dalam daun serta mempunyai sifat :

1. Dapat mereduksi larutan fehling dan membuat larutan merah bata.
2. Dapat difermentasi menghasilkan alkohol (etanol) dengan reaksi sebagai berikut:



3. Dapat mengalami mutarotasi.

b. Fruktosa

Fruktosa adalah suatu ketoheksosa yang mempunyai sifat memutar cahaya terpolarisasi ke kiri dan karenanya disebut juga levulosa. Fruktosa mempunyai rasa lebih manis dari pada gula tebu atau sukrosa. Fruktosa dapat dibedakan dari glukosa dengan pereaksi selivanoff, yaitu larutan resorsinol (1,3 dihidroksi-benzena) dalam asam klorida disebut juga sebagai gula buah, diperoleh dari hidrolisis sukrosa dan mempunyai sifat:

1. Dapat mereduksi larutan fehling dan membentuk endapan merah bata
2. Dapat difermentasi.

c. Galaktosa

Umumnya berikatan dengan glukosa dalam bentuk laktosa yaitu gula yang terdapat dalam susu. Galaktosa mempunyai sifat memutar bidang cahaya terpolarisasi ke kanan. Pada proses oksidasi oleh asam nitrat pekat dan dalam keadaan panas galaktosa menghasilkan asam musat yang kurang larut dalam air bila dibandingkan dengan asam sakarat yang dihasilkan oleh oksidasi glukosa. Galaktosa dapat diperoleh dari hidrolisis gula susu (laktosa), khususnya adalah laktosa yang memiliki sifat:

1. Dapat mereduksi larutan fehling membentuk endapan merah bata
2. Tidak dapat difermentasi.

2. Disakarida

Senyawanya terbentuk dari 2 molekul monosakarida yang sejenis atau tidak. Disakarida dapat dihidrolisis oleh larutan asam dalam air sehingga terurai menjadi 2 molekul monosakarida. Sama halnya dengan monosakarida, disakarida juga larut dalam air. Beberapa disakarida penting yaitu laktosa, maltosa dan sukrosa yang mempunyai rumus $C_{12}H_{22}O_{11}$.

a. Laktosa

Laktosa memiliki gugus karbonil yang berpotensi bebas pada residu glukosa. Laktosa adalah disakarida pereduksi. Selama proses pencernaan, laktosa

mengalami proses hidrolisis enzimatis oleh laktase dari sel-sel mukosa usus.

Beberapa sifat laktosa:

1. Laktosa terdiri dari 1 molekul glukosa dan 1 molekul galaktosa
2. Hanya terdapat pada binatang mamalia dan manusia. Laktosa dapat diperoleh dari hasil samping pembuatan keju
3. Bereaksi positif terhadap pereaksi fehling, benedict, dan tollens.

b. Maltosa

Beberapa sifat maltosa:

1. Maltosa terdiri dari 2 molekul glukosa.
2. Digunakan dalam makanan bayi dan susu bubuk beragi (*malted milk*)
3. Bereaksi positif terhadap pereaksi fehling, benedict, dan tollens.

c. Sukrosa

Sukrosa atau gula tebu adalah disakarida dari glukosa dan fruktosa. Sukrosa dibentuk oleh banyak tanaman tetapi tidak terdapat pada hewan tingkat tinggi. Sukrosa mempunyai sifat memutar cahaya terpolarisasi ke kanan. Hasil yang diperoleh dari reaksi hidrolisis adalah glukosa dan fruktosa dalam jumlah yang ekuimolekular. Sukrosa bereaksi negatif terhadap pereaksi fehling, benedict, dan tollens, sukrosa terdiri dari 1 molekul glukosa dan 1 molekul fruktosa.

3. Polisakarida

Senyawa yang terdiri dari gabungan molekul- molekul monosakarida yang banyak jumlahnya, senyawa ini bisa dihidrolisis menjadi banyak molekul monosakarida. Polisakarida merupakan jenis karbohidrat yang terdiri dari lebih 6 monosakarida dengan rantai lurus/cabang. Semua polisakarida sukar larut dalam air. Beberapa polisakarida penting yaitu selulosa, pati dan glikogen yang mempunyai rumus $(C_6H_{10}O_5)_n$.

a. Selulosa

1. Merupakan komponen utama penyusun serat dinding sel tumbuhan
2. Polimer dari glukosa

3. Hidrolisis lengkap dengan katalis asam dan enzim akan menghasilkan glukosa.

b. Pati atau amilum

1. Polimer dari glukosa
2. Amilopektin merupakan polimer yang lebih besar dari amilosa
3. Hidrolisis parsial akan menghasilkan amilosa
4. Hidrolisis lengkap akan menghasilkan glukosa.

c. Glikogen

1. Hidrolisis glikogen akan menghasilkan glukosa
2. Dalam jaringan tubuh hewan, glikogen digunakan sebagai cadangan makanan.

b. Selulosa

Komponen utama penyusun jaringan dinding sel tumbuh-tumbuhan pada umumnya adalah selulosa. Selulosa adalah polimer alam berupa zat karbohidrat (polisakarida) yang mempunyai serat dengan warna putih, tidak dapat larut dalam air dan pelarut organik (*Pulp/TKKS/selulosa.html."Selulosa."*). Selulosa mempunyai rumus molekul $2(C_6H_{10}O_5)_n$, dengan n adalah derajat polimerisasi. Panjang suatu rangkaian selulosa tergantung pada derajat polimerisasinya. Semakin panjang suatu rangkaian selulosa, maka rangkaian selulosa tersebut mempunyai serat yang lebih kuat, lebih tahan terhadap pengaruh bahan kimia, cahaya, dan mikroorganisme. Selulosa dapat dibedakan menjadi:

1. α Selulosa

Selulosa untuk jenis ini tidak dapat larut dalam larutan NaOH dengan kadar 17,5% pada suhu 200°C dan merupakan bentuk sesungguhnya yang telah dikenal sebagai selulosa

2. β Selulosa

Jenis dari selulosa ini mudah larut dalam larutan NaOH yang mempunyai kadar 17,5% pada suhu 200°C dan akan mengendap bila larutan tersebut dalam suasana asam.

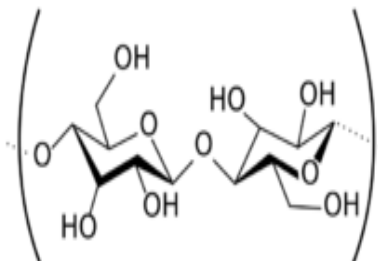
3. γ Selulosa

Untuk selulosa jenis ini mudah larut dalam larutan NaOH yang mempunyai kadar 17,5% pada suhu 200°C dan tidak akan terbentuk endapan setelah larutan tersebut dinetralkan.

Alpha selulosa sangat menentukan sifat tahanan kertas, semakin banyak kadar *alpha* selulosa-nya menunjukkan semakin tahan lama kertas tersebut . Dan memiliki sifat hidrofilik yang lebih besar pada gamma dan beta selulosa daripada alpha selulosanya (Solechudin dan Wibisono, 2002).

Selulosa adalah polimer glukosa yang berbentuk rantai linear dan dihubungkan oleh ikatan β -1,4 glikosidik. Struktur yang linear menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut. Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Di alam, biasanya selulosa berasosiasi dengan polisakarida lain seperti hemiselulosa atau lignin membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan (Holtzaple dkk., 2003).

Unit penyusun (*building block*) selulosa adalah selobiosa karena unit keterulangan dalam molekul selulosa adalah 2 unit gula (D-glukosa). Selulosa adalah senyawa yang tidak larut di dalam air dan ditemukan pada dinding sel tumbuhan terutama pada tangkai, batang, dahan, dan semua bagian berkayu dari jaringan tumbuhan. Selulosa merupakan polisakarida struktural yang berfungsi untuk memberikan perlindungan, bentuk, dan penyangga terhadap sel, dan jaringan (Lehninger, 1993). Dari penjelasan di atas, berikut ini gambar mengenai struktur bangun selulosa dapat dilihat pada gambar 3.



(Sumber: www.google.com)

Gambar 3. Struktur Bangun Selulosa

Selulosa tidak pernah ditemukan dalam keadaan murni di alam, tetapi selalu berasosiasi dengan polisakarida lain seperti lignin, pektin, hemiselulosa, dan xilan (Goyskor dan Eriksen 1980 dalam Fitriani 2003). Kebanyakan selulosa berasosiasi dengan lignin sehingga sering disebut sebagai lignoselulosa. Selulosa, hemiselulosa dan lignin dihasilkan dari proses fotosintesis. Di dalam tumbuhan molekul selulosa tersusun dalam bentuk fibril yang terdiri atas beberapa molekul paralel yang dihubungkan oleh ikatan glikosidik sehingga sulit diuraikan (Goyskor dan Eriksen 1980 dalam Fitriani 2003). Komponen-komponen tersebut dapat diuraikan oleh aktifitas mikroorganisme. Beberapa mikroorganisme mampu menghidrolisis selulosa untuk digunakan sebagai sumber energi, seperti bakteri dan fungi (Sukumaran dkk., 2005).

Sifat-sifat selulosa

Sifat-sifat selulosa terdiri dari sifat fisika dan sifat kimia. Selulosa dengan rantai panjang mempunyai sifat fisik yang lebih kuat, lebih tahan lama terhadap degradasi yang disebabkan oleh pengaruh panas, bahan kimia maupun pengaruh biologis. Sifat fisika dari selulosa yang penting adalah panjang, lebar dan tebal molekulnya. Sifat fisik lain dari selulosa adalah:

1. Dapat terdegradasi oleh hidrolisa, oksidasi, fotokimia maupun secara mekanis sehingga berat molekulnya menurun.
2. Tidak larut dalam air maupun pelarut organik, tetapi sebagian larut dalam larutan alkali
3. Dalam keadaan kering, selulosa bersifat higroskopis, keras dan rapuh. Bila selulosa cukup banyak mengandung air maka akan bersifat lunak. Jadi fungsi air disini adalah sebagai pelunak.
4. Selulosa dalam kristal mempunyai kekuatan lebih baik jika dibandingkan dengan bentuk amorfnya (Fengel dan Wenger dalam Kiantoro, 2011).

2.2 Pelarut

Pelarut adalah benda cair atau gas yang melarutkan benda padat, cair atau gas yang menghasilkan sebuah larutan. Pelarut paling umum digunakan dalam

kehidupan sehari-hari adalah air. Pelarut lain yang juga umum digunakan adalah bahan kimia organik (mengandung karbon) biasanya disebut pelarut organik. Pelarut biasanya memiliki titik didih rendah dan lebih mudah menguap, meninggalkan substansi terlarut yang didapatkan. Untuk membedakan antara pelarut dengan zat yang dilarutkan, pelarut biasanya terdapat dalam jumlah yang lebih besar (Kiantoro, 2011).

Pelarut adalah zat yang dapat melarutkan zat tertentu yang dapat terlarut. Pelarut digolongkan berdasarkan jenisnya antara lain :

1. Pelarut Anorganik
 - a. Asam-asam mineral seperti : HCl, H₂SO₄ dan HNO₃
 - b. Garam natrium karbonat anhidrat, campuran natrium karbonat dengan kalium nitrat atau natrium peroksida, kalium atau natrium piro-sulfat, litium metaborat, dll
2. Pelarut Organik adalah bahan kimia yang berbentuk cair pada suhu kamar, berfungsi sebagai pelarut bahan kimia lainnya.
 - a. Asam-asam organik, contohnya senyawa karbohidrat, fenol, sebagainya
 - b. Basa Organik, contohnya senyawa amina (amina primer, amina sekunder, sebagainya).

2.2.1 Asam Nitrat (HNO₃)

Senyawa kimia asam nitrat (HNO₃) adalah sejenis cairan korosif yang tak berwarna. Asam nitrat adalah cairan jernih tidak berwarna jika masih baru, akan menjadi kekuning-kuningan jika terkena cahaya atau sering terbuka botolnya karena sebagian kecil memecah :



Oleh karena itu harus selalu disimpan di dalam botol yang berwarna gelap (coklat, biru, hijau). Sebagai pengoksidasi harus ditangani secara hati-hati, jika tertumpah dapat membakar kertas, jerami atau kayu. Dapat meledak botolnya jika disimpan di tempat panas, uapnya beracun. HNO₃ pekat memiliki kadar antara 50-75%. Asam nitrat berasap memiliki kadar 95% dan titik didih 86°C.

Adapun Asam Nitrat memiliki rumus molekul (HNO_3), dan memiliki sifat-sifat fisik maupun sifat kimia dari asam nitrat sebagai berikut:

Sifat Fisika :

- a) Larutan tak berwarna
- b) Larut sempurna dalam air.

Sifat Kimia :

- a) Sebagai asam merupakan asam kuat berbasa dan dapat bereaksi langsung dengan alkali, oksida-oksida dan bahan dasar lain membentuk garam.
- b) Sebagai zat pengoksidasi merupakan oksidator kuat. Reaksi antara asam nitrat dengan zat pereduksi akan menghasilkan NO_2 dan NO .

Senyawa asam nitrat yang digunakan pada penelitian pembuatan asam oksalat dari bahan baku ampas tebu mengandung konsentrasi 65 %, berikut secara umum sifat fisika asam nitrat (HNO_3) 65% dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Sifat Fisika Asam Nitrat (65%)

Sifat fisika	Nilai	Satuan
Panas pembentukan	2503	cal/mol
Panas penguapan (20°C)	9426	cal/mol
Kapasitas panas (27°C)	28,24	cal/mol
Densitas pada suhu (20°C)	1,14	gr/cm ³
Berat molekul	63	gr/mol
Titik leleh	-41,8	°C
Titik didih pada 1 atm	120,5	°C

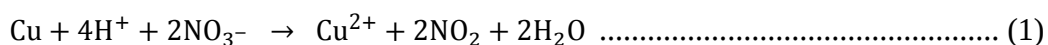
(sumber: Ramadhani, 2009)

2.2.2 Sifat-sifat Oksidasi Asam Nitrat (Andani, 2009)

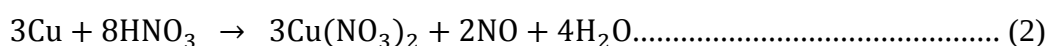
a. Reaksi dengan logam

Sebagai sebuah oksidator yang kuat, asam nitrat bereaksi dengan hebat dengan sebagian besar bahan-bahan organik dan reaksinya dapat bersifat eksplosif. Produk akhirnya bisa bervariasi tergantung pada konsentrasi asam, suhu, serta reduktor. Reaksi dapat terjadi dengan semua logam kecuali deret logam mulia dan alloy tertentu. Karakteristik ini membuat asam nitrat menjadi agen yang umumnya digunakan dalam uji asam. Sebagai kaidah yang umum,

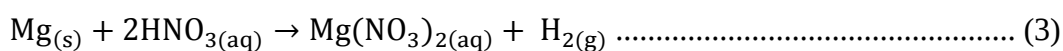
reaksi oksidasi utamanya terjadi dengan asam pekat, memfavoritkan pembentukan nitrogen dioksida (NO_2).



Sifat-sifat asam cenderung mendominasi pada asam nitrat encer, diikuti dengan pembentukan nitrogen oksida (NO) yang lebih diutamakan.



Karena asam nitrat merupakan oksidator, hidrogen (H_2) jarang terbentuk. Hanya magnesium (Mg), mangan (Mn), dan kalsium (Ca) yang bereaksi dengan asam nitrat dingin dan encer yang dapat menghasilkan hidrogen:



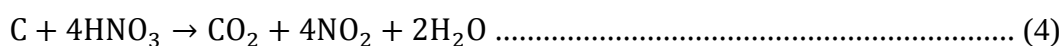
Asam nitrat mampu menyerang dan melarutkan semua logam yang ada pada tabel periodik, kecuali emas dan platina.

c. Pemasifan

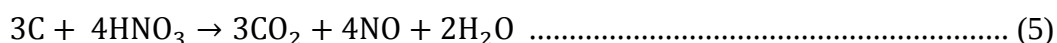
Kromium (Cr), besi (Fe), dan aluminium (Al) akan terlarut dalam asam nitrat yang encer, asam pekat akan membentuk sebuah lapisan logam oksida yang melindungi logam dari oksidasi lebih lanjut. Hal ini disebut dengan pemasifan. Konsentrasi pemasifan yang umum berkisar dari 18% sampai 22% berat.

d. Reaksi dengan non-logam

Ketika asam nitrat bereaksi dengan berbagai unsur non-logam, terkecuali silikon serta halogen, biasanya ia akan mengoksidasi non-logam tersebut ke keadaan oksidasi tertinggi dengan asam nitrat menjadi nitrogen dioksida untuk asam pekat dan nitrogen monoksida untuk asam encer.



ataupun



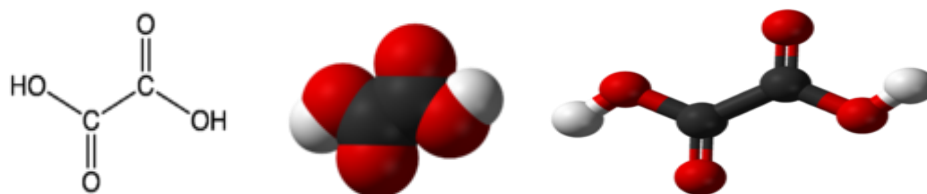
2.3 Asam Oksalat

Asam Oksalat telah dikenal pada abad XVII yang ada dalam *wood sorrel* (*oxalis acetosella*) dan dalam *sour dock* (*rumex acetosa*) sebagai garam potassium. Untuk membuktikannya, *Carl W. Scheele* pada tahun 1776 melakukan sintesa dengan cara mengoksidasi gula (glukosa) dengan asam sitrat. Pada tahun 1784 telah dibuktikan bahwa asam oksalat merupakan asam dari garam yang berasal dari jenis tanaman sorrel.

Pada tahun 1829, menurut *Gay Lussac* asam oksalat dapat diproduksi dengan cara meleburkan serbuk gergaji dalam larutan alkali. Pada tahun 1856, *Dale* memproduksi asam oksalat dari serbuk gergaji dan proses ini berkembang dengan bahan baku lain seperti : sabut kelapa sawit, sekam padi, tongkol jagung, kenaf, alang-alang dan bahan lain yang mengandung kadar selulosa. Dan pada tahun 1973 di Perancis, “Rhone - Poulenc” memproduksi asam oksalat dengan cara mengoksidasi *propylene* dengan asam nitrat. Di Amerika, asam oksalat diproduksi dari pati jagung dan masih sedikit pabrik yang memproduksi asam oksalat dari *ethylene* glikol dengan memanfaatkan proses oksidasi asam nitrat yang menggunakan katalis besi dan vanadium atau asam sulfat. Asam oksalat juga diproduksi dengan cara mensintesa asam formiat, tetapi proses ini jarang digunakan. Pada tahun 1975 Pfizer berhenti memproduksi asam oksalat sebagai produk samping dari produksi asam sitrat yang menggunakan proses fermentasi dari *molases*. Jepang juga mengembangkan teknologi lain dalam pembuatan asam oksalat dengan cara mengoksidasi *ethylene glikol* yang dilakukan oleh dua perusahaan besar yaitu “Mitsubishi Gas Chemical Co. dan Ube Industries,Ltd”.

Asam Oksalat “*ethanedioic acid*” merupakan salah satu anggota dari golongan asam dikarboksilat yang mempunyai rumus molekul $C_2H_2O_4$, tidak berbau, higroskopis, berwarna putih dan mempunyai berat molekul 90,04 gr/mol. Secara komersial, asam oksalat dikenal dalam bentuk padatan dihidrat yang mempunyai rumus molekul $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ dan berat molekulnya 126,07 gr/mol. Kegunaan asam oksalat sangat banyak antara lain menghilangkan cat atau pernis pada kayu, pemucatan jerami dalam industri bubur kertas dan memucatkan kulit

dalam industri penyamakan kulit (Othmer, 1945). Dapat dilihat pada gambar 4. Rumus bangun asam oksalat.



(Sumber: www.google.com)

Gambar 4. Rumus Bangun Asam oksalat

Dapat diketahui juga bahwa kebutuhan asam oksalat di Indonesia setiap tahun selalu meningkat. Saat ini Indonesia masih mengimpor asam oksalat dari luar negeri untuk memenuhi sebagian kebutuhan asam oksalat dalam negeri. Data impor asam oksalat di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 5. Data Impor Asam Oksalat di Indonesia (Sumber: Biro Pusat Statistik (2010))

Tabel 5. Data Impor Asam Oksalat Di Indonesia

Tahun	Impor (Ton)	Konsumsi (Ton)
2000	21.191	31.780
2001	17.140	35.464
2002	18.805	36.771
2003	28.850	38.456
2004	25.540	42.005
2005	26.850	45.778
2006	29.416,80	47.505,50
2007	31.232,20	50.114
2008	35.123,10	53.613,10

(Sumber: Biro Pusat Statistik (2010))

Dari data Biro Pusat Statistik disimpulkan bahwa dari tahun ke tahun terjadi peningkatan impor asam oksalat dan banyaknya ampas tebu yang belum dimanfaatkan, maka perlu dilakukan penelitian tentang pembuatan asam oksalat dari ampas tebu.

2.3.1 Jenis-jenis Asam Oksalat

Asam Oksalat terdiri atas :

1. Asam Oksalat Anhidrat ($C_2H_2O_4$)

Sifat fisika :

- a) Berbentuk kristal, berwarna putih

Sifat kimia :

- a) Titik leleh : $187^{\circ}C$
- b) Densitas : 1.897 g/cm^3
- c) Panas pembakaran (ΔE) pada $25^{\circ}C$: $245,61 \text{ kJ/mol}$
- d) Panas pembentukan standart (ΔH_f) pada $25^{\circ}C$: $826,61 \text{ kJ/mol}$
- e) Berat molekul : 90.04 gr/mol
- f) Asam oksalat dengan glycerol akan membentuk amyl alkohol.
- g) Asam oksalat anhidrat menyublim pada suhu $150^{\circ}C$ tetapi jika dipanaskan lagi akan terdekomposisi menjadi karbondioksida dan asam formiat. Jika asam oksalat dipanaskan dengan penambahan asam sulfat akan menghasilkan karbon monoksida, karbondioksida dan H_2O . (Othmer, 1945).

2. Asam Oksalat Dihidrat ($C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$)

Sifat Fisika :

- a) Berbentuk kristal, berwarna putih

Sifat kimia :

- a) Titik leleh : $101,5^{\circ}C$
- b) Densitas : $1,653 \text{ g/cm}^3$
- c) Panas pembentukan standart (ΔH_f) pada $18^{\circ}C$: -1422 kJ/mol
- d) Berat molekul : $126,07 \text{ gr/mol}$
- e) C_p pada suhu $50^{\circ}C$ adalah 0.385
- h) C_p pada suhu $100^{\circ}C$ adalah 0.416 (Othmer, 1945).

2.3.2 Proses Pembuatan Asam Oksalat (Othmer dalam Ramadhani, 2011)

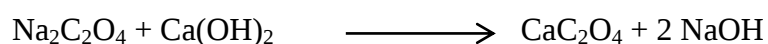
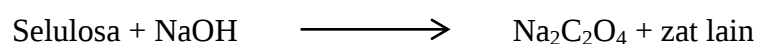
Proses pembuatan asam oksalat dapat dilakukan dengan berbagai macam cara. Jenis proses yang digunakan di dalam industri antara lain adalah:

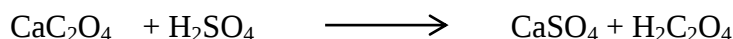
1. Peleburan selulosa dengan alkali, dimana selulosa yang terdapat dalam bahan baku berserat dilebur dengan NaOH dengan perbandingan 1:3 pada suhu 200°C. Asam oksalat yang dihasilkan mempunyai kemurnian 99%. *Yield* pada proses peleburan selulosa dengan alkali adalah 42% .
2. Sintesis sodium formiat menjadi asam oksalat, cara yang dilakukan adalah dengan menaikkan suhu sodium formiat sampai 400°C di dalam reaktor. *Yield* asam oksalat yang diperoleh adalah 80-90%. Kemurnian asam oksalat adalah 97-98%.
3. Proses fermentasi glukosa menjadi asam sitrat, menghasilkan asam oksalat sebagai hasil samping. Produk yang diperoleh sangat sedikit.
4. Oksidasi glukosa dengan asam nitrat, glukosa yang diperoleh dari hidrolisa pati/*starch* direaksikan dengan asam nitrat dengan menggunakan katalis. Asam oksalat yang dihasilkan mempunyai kemurnian 98 %. dan *yield* pada proses ini adalah 60-70%.

Dari proses pembuatan asam oksalat yang telah dijelaskan diatas, ada 2 proses pembuatan asam oksalat yang secara umum dilakukan antara lain (Andiani, 2009):

1. Proses Peleburan dengan Basa Kuat

Proses ini menggunakan bahan baku yang berupa bahan mengandung selulosa tinggi seperti serbuk gergaji, sekam padi, tongkol jagung dan lain-lain. Bahan ini dilebur dengan sodium hidroksida atau pottasium hidroksida pada suhu 240°C -285°C. Produk yang diperoleh direaksikan dengan kapur untuk mengikat oksalat dengan kalsium. Produk ini kemudian direaksikan dengan asam sulfat untuk membentuk asam oksalat. Reaksi-reaksi yang terjadi:





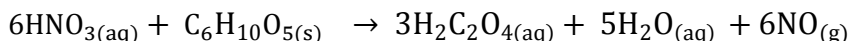
Konversi yang diperoleh dari proses ini kurang dari 45% dengan kemurnian produk sebesar 60%.

2. Proses Oksidasi dengan Asam Nitrat

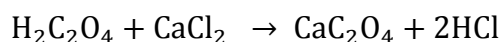
Pada proses oksidasi dengan asam nitrat pekat, zat-zat yang mengandung karbohidrat seperti gula, pati, dekstrin dan selulosa diubah menjadi asam oksalat. Oksidasi karbohidrat dengan asam nitrat pekat menghasilkan asam oksalat dengan kemurnian yang cukup tinggi.

Proses oksidasi bahan buangan dari pabrik pengolahan hasil perkebunan salah satunya yaitu ampas tebu dengan asam nitrat yang dipelajari oleh Bailey dengan menggunakan temperatur berkisar antara 70-75°C. Proses oksidasi dari selulosa yang terkandung di dalam bahan buangan tersebut dengan asam nitrat akan menghasilkan asam oksalat, H₂O dan gas NO.

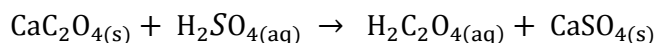
Sesuai dengan reaksi berikut ini :



Adanya ion oksalat, dapat ditunjukkan dengan reaksi sebagai berikut :



Hasil reaksi tersebut akan menghasilkan endapan berwarna putih yang menunjukkan adanya Ca – oksalat. Selanjutnya endapan yang diperoleh dilarutkan dengan asam sulfat sehingga didapat endapan kalsium sulfat dengan larutan asam oksalat, berdasarkan reaksi berikut ini :



Asam oksalat yang dihasilkan akan mengalami reaksi oksidasi lanjut untuk menghasilkan gas CO₂, gas H₂O. Reaksi ini diharapkan dapat terjadi seminimal mungkin karena asam oksalat yang dihasilkan akan semakin kecil.

2.3.3 Kegunaan asam oksalat

Asam oksalat terdistribusi secara luas dalam bentuk garam pottasium dan kalium yang terdapat pada daun, akar, dan *rhizome* dari berbagai macam tanaman. Dalam dunia industri, asam oksalat digunakan untuk :

a. *Metal treatment*

Asam oksalat digunakan pada industri logam untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada permukaan logam yang akan dicat.

b. *Oxalate coatings*

Pelapisan oksalat telah digunakan secara umum, karena asam oksalat dapat digunakan untuk melapisi logam *stainless steel*, *nikel alloy*, cromium dan titanium. Sedangkan lapisan lain seperti phospat tidak dapat bertahan lama apabila dibandingkan dengan menggunakan pelapisan oksalat.

c. *Anodizing*

Proses pengembangan asam oksalat dikembangkan di jepang dan dikenal lebih jauh di jerman. Pelapisan asam oksalat menghasilkan tebal lebih dari 60µm dapat diperoleh tanpa menggunakan teknik khusus. Pelapisannya bersifat keras, abrasi dan tahan terhadap korosi serta cukup *atractive* warnanya sehingga tidak perlukan perwarnaan tetapi bagaimanapun juga proses asam oksalat lebih mahal apabila dibandingkan dengan proses pembuatan asam sulfat.

d. *Metal cleaning*

Asam oksalat adalah senyawa pembersih yang digunakan untuk *automotiveradiator*, *boiler*, dan kontaminan *radioactive* untuk *plant reactor* pada proses pembakaran. Dalam membersihkan logam besi dan non-besi asam oksalat menghasilkan kontrol pH sebagai indikator yang baik. Banyak industri, yang mengaplikasikan cara ini berdasarkan sifatnya dan keasaman.

e. *Textiles*

Asam oksalat banyak digunakan untuk membersihkan tenun dan zat warna. Dalam pencucian, asam oksalat digunakan sebagai asam, kunci penetralan alkali, dan melarutkan besi pada pewarnaan tenun pada suhu pencucian, selain itu juga asam oksalat digunakan untuk membunuh bakteri yang ada di dalam kain.

f. Dyeing

Asam oksalat dan garamnya juga digunakan untuk pewarnaan wool, asam oksalat sebagai agen pengatur mordan cromium flourida (Othmer ,1945).

2.3.4 Variabel-variabel yang berpengaruh

1. Konsentrasi Pelarut

Daya pengurai larutan HNO_3 akan lebih besar dengan penambahan kepekatanannya. Hal ini mengakibatkan jumlah hasil oksidasi bertambah, tetapi menggunakan larutan HNO_3 terlalu pekat akan menyebabkan terurainya asam oksalat yang dihasilkan menjadi H_2O dan gas NO .

2. Suhu

Suhu berpengaruh pada konstanta kecepatan reaksi. Jika suhu tinggi, konstanta kecepatan reaksi semakin besar sehingga reaksi dapat semakin cepat. Tetapi suhu yang terlalu tinggi akan mengurai asam oksalat sehingga mengurangi hasil yang diinginkan, oleh karena itu suhu reaksi harus dibatasi. Asam akan terurai pada suhu 185°C hingga 190°C . Maka reaksi yang harus dijalankan dibawah dari suhu tersebut dan asam oksalat akan menyublim dengan cepat pada suhu 125°C .

3. Waktu reaksi

Waktu reaksi yang lama akan memperbesar kesempatan zat-zat pereaksi bersentuhan dan akibatnya asam oksalat yang didapatkan relatif banyak. Tetapi waktu reaksi yang cukup lama akan menyebabkan reaksi lanjut terhadap hasil dari asam oksalat sehingga hasilnya yang diinginkan akan semakin berkurang.

4. Volume pelarut

Volume pelarut yang semakin banyak akan memperluas gerakan molekul-molekul yang ada sehingga hasil yang diharapkan akan semakin banyak akan mengurangi hasil yang diinginkan, karena asam oksalat yang ada akan terurai lebih lanjut menjadi gas CO_2 dan gas H_2O (Narimo, 2006).