



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Secara Umum

II.1.1 Singkong

Singkong adalah sumber karbohidrat yang berasal dari umbi. Tanaman ini berasal dari benua Amerika, khususnya Brazil. Singkong secara ilmiah dikenal sebagai *Manihot esculenta*. Panjang umbi singkong bervariasi antara 50 hingga 80 cm, tergantung pada varietas yang ditanam. Daging umbi singkong dapat berwarna putih atau kekuningan. Umbi singkong merupakan makanan pokok yang kaya akan karbohidrat, sedangkan daunnya sering digunakan sebagai bahan sayuran. Namun, umbi singkong tidak memiliki daya simpan yang lama, bahkan ketika disimpan di lemari pendingin. Kerusakan ini dapat dikenali dari munculnya warna biru gelap yang disebabkan oleh pembentukan asam sianida, yang berbahaya bagi manusia (Eswanto *et al.*, 2019).

II.1.2 Kulit Singkong

Kulit singkong adalah limbah agroindustri yang melimpah dalam pengolahan makanan. Sayangnya, limbah ini sering diabaikan dan dianggap sebagai sisa dari tanaman singkong. Kulit singkong memiliki persentase kurang dari 20% dari total berat umbinya, sehingga setiap kilogram umbi singkong menghasilkan sekitar 0,2 kg kulit. Kekhawatiran masyarakat tentang potensi keracunan membuat mereka enggan mengonsumsi kulit singkong. Ini disebabkan oleh adanya enzim glikosida linamarin yang dapat terurai menjadi HCN atau asam sianida. Jika dikonsumsi, senyawa tersebut dapat menyebabkan keracunan pada manusia (Ntelok, 2017). Adapun jenis komponen yang

terapat dalam kulit singkong adalah sebagai berikut:

Tabel II. 1 Komponen Kulit singkong

No	Komponen	Kadar(%)
1	Selulosa	43,626
2	Amilum	36,580
3	Hemiselosa	10,384
4	Lignin	7,646
5	Lainnya	1,764
Total		100%

Sumber: (Kurnia *et al.*, 2023)

II.1.3 Selulosa

Selulosa ($C_6H_{10}O_5$) adalah biopolimer yang memiliki sifat biokompatibel, biodegradable, dan ekonomis. Struktur selulosa terdiri dari rantai linear yang terbentuk dari ikatan glukosa. Selulosa juga dapat dengan mudah diproses menjadi film kemasan. Sumber selulosa bervariasi, meliputi bakteri, alga, tanaman tahunan, limbah pertanian, dan kayu. Selain itu, selulosa merupakan komponen utama dalam struktur sel tanaman (Amrillah, Hanum and Rahayu, 2022). Selulosa dapat diubah menjadi glukosa dengan bantuan enzim selulosa atau melalui proses hidrolisis. Molekul selulosa memiliki ukuran yang sangat besar dan struktur yang berbeda dibandingkan dengan jenis karbohidrat lainnya. Molekul-molekul tersebut terikat satu sama lain, membentuk rantai panjang yang terdiri dari unit D-glukosa yang dihubungkan oleh ikatan β -1,4 glukosida, sehingga menghasilkan berat molekul yang tinggi (Nur Aisyah Ayu Pratiwi *et al.*, 2021).



II.1.4 Asam Oksalat

II.1.4.1 Pengertian Asam Oksalat

Asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) adalah senyawa dikarboksilat yang memiliki atom karbon yang masing-masing terikat pada satu gugus hidroksil. Senyawa ini memiliki bentuk kristal rombus piramida, tidak berwarna, transparan, tidak berbau, dan bersifat higroskopis. Asam oksalat mudah mengalami oksidasi total ketika terkena panas tinggi, yang mengakibatkan terurai menjadi CO_2 dan asam formiat. Senyawa ini memiliki berbagai aplikasi, termasuk sebagai bahan peledak. Selain itu, asam oksalat juga digunakan dalam pembuatan zat warna dan industri lilin. Di bidang fotografi, ia berfungsi sebagai bahan kimia serta digunakan untuk keperluan analisis laboratorium. Di industri logam, asam oksalat berfungsi sebagai bahan pelapis untuk melindungi logam dari korosi dan juga digunakan sebagai pembersih radiator otomotif. Dalam dunia farmasi, senyawa ini dimanfaatkan sebagai hemostatik. Selain itu, senyawa asam oksalat berfungsi sebagai antiseptik untuk penggunaan luar (Ramadhani Febriaty and Hairil Alimuddin, 2016).

II.1.4.2 Sifat-sifat Asam Oksalat

Asam oksalat adalah senyawa organik bervalensi dua yang memiliki dua gugus karboksilat. Senyawa ini dikenal memiliki sifat yang keras dan bersifat toksik. Berikut adalah beberapa sifat khas dari asam oksalat:

- a. Asam oksalat larut dalam air, baik panas maupun dingin, dan juga dapat larut dalam alkohol
- b. Senyawa ini dapat membentuk kristal dengan mengikat dua molekul air, yang akan menguap jika dipanaskan sedikit di atas 100°C .



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Pembuatan Asam Oksalat dari Limbah Kulit Singkong dengan Peleburan Alkali”

- c. Dibandingkan dengan asam metanoat atau asam cuka keasaman asam oksalat lebih kuat
- d. Garam alkali oksalat umumnya larut dengan baik dalam air. Namun, Kalsium oksalat hanya dapat larut dalam asam kuat. Oleh karena itu, senyawa ini tidak larut dalam asam yang lebih lemah.
- e. Asam oksalat dapat dengan mudah teroksidasi oleh KMnO_4 pada suhu sekitar 60 hingga 70°C. Proses ini berlangsung dengan efisiensi yang tinggi dalam rentang suhu tersebut

Tabel II. 2 Sifat-Sifat Asam Oksalat

Keterangan	Unit	Nilai
Rumus molekul	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	
Berat molekul	gr/mol	126,27
Density	gr/mol	1,653
Titik leleh	°C	101-102
Solubility		
Air	20°C	10 gr/100ml
	100°C	120 gr/100ml
Alkohol	15°C	24 gr/100ml
Eter	15°C	1,3 gr/100ml

(Sumber: (Atikah, 2017))

II.1.5 Metode Pembuatan Asam Oksalat

Terdapat beberapa metode pembuatan asam oksalat menggunakan bahan dasar yang berbeda (Othmer, 1945) sebagai berikut:

- a. Proses Sintesis dari natrium formiat

Dalam proses pembuatan asam oksalat dari natrium formiat, bahan-bahan yang digunakan antara lain gas karbon



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Pembuatan Asam Oksalat dari Limbah Kulit Singkong dengan Peleburan Alkali”

monoksida (CO) dan kalsium hidroksida Ca(OH)_2 . Selain itu, asam sulfat dan Natrium hidroksida juga berperan penting dalam reaksi tersebut. Proses pertama adalah sintesis, di mana gas CO bertekanan direaksikan dengan larutan natrium hidroksida pada suhu 200°C untuk menghasilkan asam formiat. Selanjutnya, proses dehidrogenasi terjadi ketika HCOONa diuraikan menjadi $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (natrium oksalat) dan gas hidrogen. Dalam proses pengolahan plumbite, timbal sulfat (PbSO_4) bereaksi dengan natrium oksalat. Reaksi ini menghasilkan natrium sulfat (Na_2SO_4) dan PbC_2O_4 (timbal (II) oksalat) yang tidak larut. Pencucian menggunakan air dilakukan untuk memisahkan natrium sulfat dari timbal (II) oksalat. Setelah itu, proses pengasaman dimulai dengan mereaksikan timbal (II) oksalat bersama H_2SO_4 . Proses ini menghasilkan asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$). Di samping itu, PbSO_4 (timbal sulfat) yang terbentuk juga bersifat tidak larut. Larutan asam oksalat kemudian dipanaskan dan diuapkan. Proses ini diakhiri dengan pengembunan yang menghasilkan kristal asam oksalat.

b. Proses Fermentasi glukosa

Fermentasi glukosa menjadi senyawa asam oksalat dilakukan dengan bantuan jamur *Aspergillus niger*. Jamur tersebut bekerja secara efektif pada pH 4,5. Proses ini mengubah glukosa menjadi asam oksalat melalui aktivitas jamur tersebut. Setelah produk dihasilkan, langkah selanjutnya adalah menyaring, mengasamkan, dan menghilangkan warnanya. Kemudian, konsentrasi produk ditingkatkan menggunakan evaporator, dan hasilnya dikristalkan. Produk yang telah melalui proses kristalisasi kemudian dikeringkan untuk mengurangi kandungan air.



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Pembuatan Asam Oksalat dari Limbah Kulit Singkong dengan Peleburan Alkali”

Tingkat hasil asam oksalat dipengaruhi oleh nutrisi yang ditambahkan. Oleh karena itu, pengaturan nutrisi sangat penting dalam proses ini.

c. Proses Peleburan alkali

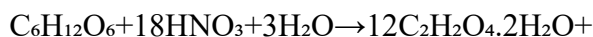
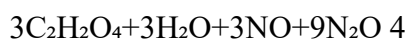
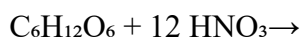
Proses peleburan alkali menggunakan bahan baku yang kaya akan selulosa, seperti serbuk gergaji, kulit singkong, sekam padi, dan bongkol jagung. Bahan-bahan ini dilebur dengan menggunakan sodium hidroksida atau potasium hidroksida. Proses ini dilakukan pada suhu antara 100 hingga 200°C. Setelah proses peleburan, produk yang dihasilkan bereaksi dengan asam sulfat untuk memproduksi asam oksalat. Nilai konversi dari keseluruhan proses tercatat di bawah 45%, dan kemurnian produk mencapai 60%. Efisiensi proses ini perlu diperhatikan agar hasil yang diperoleh dapat ditingkatkan.

d. Proses Oksidasi karbohidrat dengan HNO₃

Proses ini pertama kali diidentifikasi oleh Scheele pada tahun 1776. Berbagai jenis karbohidrat dapat digunakan dalam proses ini, termasuk gula, glukosa, dan fruktosa. Selain itu, pati dan maizena juga dapat dimanfaatkan. Sebagai langkah awal, Karbohidrat dihidrolisis terlebih dahulu untuk memperoleh glukosa melalui reaksi sebagai berikut:



Glukosa yang dihasilkan dicampurkan dengan larutan asam oksalat yang memiliki konsentrasi sekitar 50%. Kemudian, campuran ini direaksikan dengan HNO₃. Pada tahap ini, reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut:





9NO₂

Proses pembuatan asam oksalat ini menggunakan bahan yang memiliki kandungan pati sekitar 80%. Setelah itu, langkah berikutnya adalah melakukan penyaringan. Kemudian, dilakukan pemisahan untuk mendapatkan produk akhir. Kemudian, dilakukan pembentukan kristal dari produk tersebut. Proses ini menghasilkan konsentrasi asam oksalat hingga 99%, dengan yield yang dapat mencapai 95 hingga 97%. Metode ini dapat diterapkan baik dengan cara batch maupun kontinu.

II.1.6 Kegunaan Asam Oksalat

Asam oksalat memiliki banyak manfaat khususnya didunia industri, diantaranya sebagai berikut (Cinantya, 2015):

1. *Metal treatment*

Asam oksalat dimanfaatkan dalam industri untuk membersihkan kotoran dari permukaan logam. Proses ini dilakukan sebelum tahap pengecatan. Pembersihan ini memiliki peranan yang sangat penting. Kotoran yang tidak dihapus dapat menyebabkan terjadinya korosi pada permukaan logam. Hal ini bisa terjadi setelah proses pengecatan selesai.

2. *Oxalate coatings*

Pelapisan oksalat banyak digunakan karena senyawa asam oksalat memiliki efektivitas dalam melapisi logam seperti stainless steel, paduan nikel, kromium (Cr), dan titanium (Ti). Sementara itu, lapisan lain seperti fosfat tidak menunjukkan daya tahan yang sama. Ini menjadikan pelapisan oksalat sebagai pilihan yang lebih baik.

3. *Anodixzing*

Pengembangan asam oksalat dimulai di Jepang sebelum



diperluas dan diperkenalkan di Jerman. Proses pelapisan asam oksalat dapat mencapai ketebalan sekitar 60 μm . Hal ini dapat dilakukan tanpa memerlukan teknik khusus. Pelapisan ini memiliki sifat yang keras, tahan terhadap abrasi, dan korosi. Selain itu, warnanya yang menarik membuatnya tidak perlu diberikan pewarnaan tambahan.

4. *Metal cleaning*

Asam oksalat merupakan senyawa yang berfungsi sebagai pembersih pada radiator kendaraan. Selain itu, senyawa ini juga digunakan dalam boiler. Selain itu, senyawa ini juga digunakan pada kereta api. Dalam reaktor, asam oksalat digunakan untuk menangani kontaminan radioaktif selama proses pembakaran. Selain itu, asam oksalat berperan sebagai pengontrol pH yang efektif dalam pembersihan logam ferrous dan non-ferrous. Banyak industri yang menerapkan metode ini. Hal ini disebabkan oleh sifat dan tingkat keasamannya yang sesuai.

5. *Textiles*

Asam oksalat sering dimanfaatkan dalam proses pembersihan dan pewarnaan. Dalam kegiatan pencucian, senyawa ini berfungsi sebagai zat asam yang membantu menetralkan alkali. Selain itu, asam oksalat juga melarutkan besi saat proses pewarnaan kain dilakukan pada suhu tertentu. Dengan demikian, perannya sangat penting dalam meningkatkan kualitas hasil pewarnaan. Asam oksalat juga terbukti efektif dalam membunuh kuman. Oleh karena itu, senyawa ini sering digunakan dalam aplikasi pembersihan.

6. *Dyeing*

Asam oksalat dan garam-garamnya sering dimanfaatkan dalam proses pewarnaan wol. Dalam konteks ini, senyawa



asam oksalat berperan sebagai agen pengatur untuk mordan kromium fluorida. Mordan tersebut memiliki komposisi 4% kromium fluorida. Selain itu, mordan ini juga mengandung 2% berat asam oksalat. Peran asam oksalat sangat penting dalam memastikan hasil pewarnaan yang optimal. Proses pewarnaan ini dilakukan dengan merebus *wool* selama 1 jam. Yang bertujuan untuk mengangkat *kromic* oksida yang terikat pada *wool*. Selain itu, Amonium oksalat juga dimanfaatkan dalam teknik percetakan *Vigoreus* pada *wool* berfungsi sebagai bagian dari mordan pewarna.

II.1.7 Standar Nasional Indonesia

Standar Nasional Indonesia (SNI) telah menetapkan pedoman yang komprehensif untuk pengujian kualitas produk asam oksalat di berbagai industri, termasuk kimia, pertanian, dan farmasi. Metode pengukuran pH, yang merupakan indikator penting dalam menentukan sifat asam oksalat serta konsentrasi zat tersebut, juga telah diatur secara rinci oleh SNI. Beberapa metode yang digunakan dalam pengukuran pH meliputi metode elektrometrik dengan pH meter, yang menawarkan akurasi tinggi; metode titrasi, yang memungkinkan penentuan pH melalui reaksi kimia; metode indikator pH, yang menggunakan perubahan warna untuk memberikan gambaran kasar tentang keasaman; dan metode kertas pH, yang memberikan cara cepat dan praktis untuk pengujian. Penerapan SNI pH dimaksudkan untuk melindungi konsumen dari produk yang tidak memenuhi standar kualitas dan keamanan, sehingga memberikan jaminan bahwa produk yang beredar di pasar telah melalui proses pengujian yang ketat. Dengan mengikuti standar yang telah ditetapkan, diharapkan produk asam oksalat yang dihasilkan dapat memenuhi kriteria keamanan dan kualitas yang diharapkan, serta dapat diterima



secara luas di pasar internasional. Asam oksalat murni dengan derajat keasaman sebesar 1 (Perry and Green, 1999), menunjukkan kekuatan asam yang signifikan. Hal ini tidak hanya mendukung kepatuhan terhadap regulasi, tetapi juga berkontribusi pada kesehatan dan keselamatan publik secara keseluruhan.

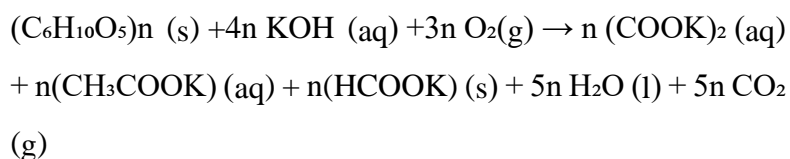
II.2 Landasan teori

II.2.1 Peleburan Alkali

Menurut (Othmer, 1945) Pembuatan asam oksalat melalui metode peleburan alkali dapat menggunakan bahan baku yang kaya akan selulosa. Contohnya termasuk serbuk gergaji, sekam padi, dan bahan serupa lainnya. Bahan yang mengandung selulosa tersebut dapat dilebur dengan alkali kuat yaitu kalium hidroksida dan natrium hidroksida pada suhu 100- 200°C. Alkali kuat yang sering digunakan adalah natrium hidroksida, penggunaan natrium hidroksida dapat diganti dengan kalium hidroksida. Hal tersebut karena natrium dan kalium merupakan alkali kuat serta berada dalam satu golongan yang sama yakni pada golongan IA. Produk tersebut direaksikan dengan asam sulfat. Proses ini menghasilkan asam oksalat. Berdasarkan penjelasan(Herdiyansah, Najabbullah and Susilowati, 2023), tahapan proses pembuatan asam oksalat dengan metode peleburan alkali adalah sebagai berikut:

a. Tahap peleburan

Pada tahap ini, bahan tersebut direaksikan dengan alkali kuat, yaitu kalium hidroksida. Proses ini dilakukan dengan bantuan pemanasan. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



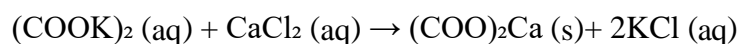
Selama proses peleburan, lignin akan terpisah dari ikatannya



dengan selulosa. Jika pemanasan dilanjutkan, lignin akan mengalami oksidasi. Proses ini juga menyebabkan perombakan lignin. Proses ini menghasilkan garam-garam oksalat, asetat, dan formiat (Mastuti, 2005). Pemanasan dalam proses peleburan bertujuan untuk mempercepat reaksi hidrolisis selulosa yang terdapat dalam bahan. Selain itu, pemanasan juga berperan dalam perombakan glukosa. Proses ini menghasilkan beberapa senyawa, termasuk asam oksalat. Selain itu, asetat dan formiat juga terbentuk selama reaksi tersebut.

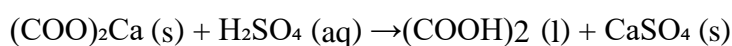
b. Tahap pengendapan dan penyaringan

Filtrat yang diperoleh dari proses peleburan dicampurkan dengan CaCl_2 . Langkah ini bertujuan untuk menghasilkan endapan kalsium oksalat



c. Tahap pengasaman

Endapan yang terbentuk kemudian diasamkan menggunakan asam sulfat. Proses ini bertujuan untuk mengolah endapan tersebut lebih lanjut



II.2.2 Faktor-Faktor yang mempengaruhi

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi peleburan alkali sebagai berikut:

1. Waktu

Durasi yang lebih lama akan meningkatkan peluang zat-zat pereaksi untuk berinteraksi, sehingga menghasilkan lebih banyak asam oksalat. Namun, pemanasan yang terlalu lama dapat mengakibatkan penurunan hasil asam oksalat. Waktu yang diperlukan untuk proses peleburan adalah antara 60 hingga 120 menit.



2. Volume pelarut

Volume pelarut yang besar dapat meningkatkan pergerakan molekul-molekul, sehingga hasil yang diharapkan menjadi lebih tinggi. Namun, penggunaan pelarut dengan volume yang terlalu besar dapat mengurangi hasil yang diinginkan. Hal ini disebabkan oleh penguraian asam oksalat menjadi CO_2 dan H_2O . Secara umum, volume pelarut yang dianjurkan berkisar antara 300 hingga 500 ml (Dwi Retno Wulan *et al.*, 2021)

3. Konsentrasi pelarut

Konsentrasi pelarut dalam proses peleburan alkali mempengaruhi produksi asam oksalat. Apabila konsentrasi pelarut yang digunakan semakin tinggi, maka semakin banyak asam oksalat yang dihasilkan. Namun, dalam beberapa kasus, setelah mencapai titik optimum, peningkatan konsentrasi pelarut dapat menyebabkan penurunan hasil asam oksalat. Konsentrasi pelarut yang umumnya digunakan berkisar antara 4 hingga 6 N.

(Irany, Faguh Sitanggang and Dennie Pohan, 2015)

4. Temperatur reaksi

Menurut(Wiyani, Kalla and Suryanto, 2022) Semakin tinggi suhu pada proses peleburan alkali, semakin cepat reaksi berlangsung. Namun, suhu yang terlalu tinggi harus dihindari. Hal ini karena dapat menyebabkan penguraian produk yang dihasilkan. Range suhu pemasakan yang umum digunakan adalah 100-200°C.



II.3 Hipotesis

Pembuatan Asam Oksalat dari Limbah Kulit Singkong dengan Peleburan Alkali Dipengaruhi oleh Variabel Suhu dan Waktu pada Proses Peleburan.