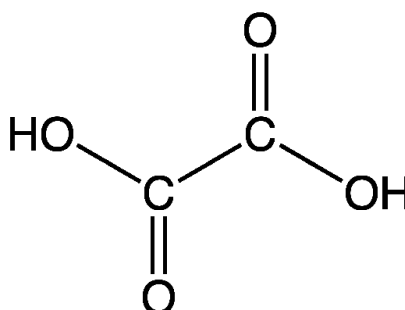


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Asam Oksalat ($C_2H_2O_4$)

Asam oksalat merupakan senyawa dikarboksilat yang atom-atom C nya mampu mengikat lebih dari satu gugus hidroksil. Asam ini tidak berwarna dan transparan, tidak berbau dan higroskopis. Asam oksalat mudah teroksidasi total dan oleh pengaruh panas yang tinggi akan terurai menjadi CO_2 dan asam formiat. Dan secara alami asam oksalat bisa terjadi dalam tumbuh-tumbuhan dan dapat dibuat dengan ekstraksi alkali dari limbah penggergajian (Endang, 2005).

Asam oksalat dibuat pertama kali pada tahun 1776 oleh Carl W. Scheele dengan cara mengoksidasi gula menggunakan asam nitrat dari tanaman sorrel (Ambarita dkk., 2015). Asam oksalat adalah senyawa kimia yang memiliki rumus $C_2H_2O_4$ dengan nama sistematis asam etanadioat. Asam oksalat merupakan asam organik yang relatif kuat, 10.000 kali lebih kuat dari pada asam asetat (Melwita dan Effan, 2014). Asam oksalat atau asam etanadioat dengan berat molekul 90,04 gr/mol adalah asam dikarboksilat paling sederhana, larut dalam air dan bersifat asam kuat (Iloan dkk., 2016). Karena letak gugus karboksilat yang berdekatan, asam oksalat mempunyai konstanta disosiasi yang lebih besar dari pada asam-asam organik yang lainnya. Besarnya konstanta disosiasi ($K_1 = 6,24 \times 10^{-2}$ dan $K_2 = 6,1 \times 10^{-5}$), dengan keadaan demikian dapat dikatakan asam oksalat lebih kuat dari pada senyawa homolognya dengan rantai karbon lebih panjang (Pitaloka dkk., 2020). Struktur asam oksalat dapat dilihat pada Gambar 2.1.



(Sumber: Nurfadila, 2017)

Gambar 2.1 Struktur Asam Oksalat

Menurut Ratnasari D. (2014) asam oksalat memiliki sifat-sifat yang khas antara lain:

- a. Larut dalam air panas maupun dingin, serta larut dalam alkohol.
- b. Garam-garam alkali oksalat semuanya mudah larut dalam air kecuali kalsium oksalat hanya dapat larut dalam asam kuat.
- c. Mudah untuk dioksidasi oleh KMnO_4 pada temperatur 60-70°C.

Standar mutu asam oksalat di Indonesia tercantum dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-0941-1989. Standar mutu asam oksalat dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Standar Mutu Asam Oksalat Menurut SNI 06-0941-1989

Uraian	Unit	Nilai
Sisa pemijaran pada (900°C)	%	Maks. 0,10
Kemurnian asam oksalat	%	Min. 99,4
Titik Leleh	(°C)	101-102
Density	(gr/cm ³)	1,653
Kelarutan		
Air	20°C	10 gr/100 mL
	100°C	120 gr/100 mL
Alkohol	15°C	24 gr/100 mL

(Sumber : SNI 06-0941-1989)

2.1.1 Sifat Fisik dan Kimia Asam Oksalat

1. Sifat Fisik Asam Oksalat

a. Asam Oksalat Anhidrat

Rumus Molekul	: $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$
Berat Molekul	: 90,04 gr/mol
Kenampakan	: Kristal putih
Bau	: Tidak berbau
Densitas	: 1,653 gr/mol
Titik Lebur	: 187°C
Panas Pembakaran	: 60 kal/mol
Panas Pembentukan	: 195,36 kal/mol
Kelarutan dalam air	: 9,58 gr/mL
Panas Sublimasi	: 21,65 kal/mol

b. Asam Oksalat Dihidrat

Rumus Molekul	: $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$
Berat Molekul	: 126,07 gr/mol
Kenampakan	: Kristal putih
Densitas	: 1,653 gr/mL
Kelarutan dalam air	: 35,5 gr/mL
Titik lebur	: 101-102°C

2. Sifat Kimia Asam Oksalat:

- Asam oksalat dengan gliserol akan membentuk alkyl alkohol.
- Asam oksalat anhidrat menyublim pada suhu 150°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 air.

2.1.2 Kegunaan Asam Oksalat

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 (Dewati R., 2010). Berikut ini adalah tabel kebutuhan impor asam oksalat selama periode tahun 2008 – 2018 berdasarkan data dari *World Integrated Trade Solution* (WITS) dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Data Impor Asam Oksalat di Indonesia

Tahun (1)	Impor (Ton) (2)
2008	1212,754
2009	1183,856
2010	1498,327
2011	1321,355
2012	1438,520
2013	1469,630
2014	921,959

Lanjutan Tabel 2.2 Data Impor Asam Oksalat di Indonesia

(1)	(2)
2015	1543,600
2016	1661,930
2017	1893,970
2018	2145,220

(Sumber: *World Integrated Trade Solution*, 2022)

Pada Tabel 2.2 dapat diketahui import asam oksalat di Indonesia semakin tinggi setiap tahunnya. Hal ini disebabkan karena penggunaan asam oksalat dalam kebutuhan industri dalam negeri sangat besar dan beraneka ragam, misalnya dalam industri tekstil, asam oksalat digunakan untuk mewarnai wool, menetralkan kelebihan alkali pada pencucian dan sebagai pemucat warna. Pada industri logam, asam oksalat dipakai sebagai bahan pelapis yang melindungi logam dari korosif dan pembersih untuk radiator otomotif, metal dan peralatan, sedangkan dalam pabrik polimer, asam oksalat dipakai sebagai inisiator (Ratnasari D., 2014).

Berikut ini merupakan kegunaan dari asam oksalat dalam dunia industri, antara lain (Asip F. dkk., 2015) :

1. *Metal treatment*

Asam oksalat digunakan pada industri logam untuk menghilangkan kotoran–kotoran yang menempel pada permukaan logam yang akan dicat. Hal ini dilakukan karena kotoran tersebut menimbulkan korosi pada permukaan logam setelah proses pengecatan selesai.

2. *Textile treatment*

Asam oksalat banyak digunakan untuk membersihkan tenun dan zat warna. Dalam pencucian, asam oksalat digunakan sebagai zat asam, kunci penetralan alkali, dan pelarutan besi saat pewarnaan tenun pada suhu pencucian. Selain itu, asam oksalat juga digunakan untuk membunuh bakteri yang ada didalam kain.

3. *Oxalate coating*

Pelapisan oksalat telah digunakan secara umum, karena asam oksalat dapat digunakan sebagai pelapis logam *stainless steel*, nickel alloy, kromium, dan titanium. Sedangkan lapisan lain seperti pospat tidak dapat bertahan lama jika dibandingkan dengan pelapis asam oksalat.

4. *Anodizing*

Proses pengembangan asam oksalat dikembangkan di Jepang dan sudah dikenal di Jerman. Pelapisan asam oksalat menghasilkan tebal lebih dari 60 μm dapat diperoleh tanpa menggunakan teknik khusus. Pelapisan bersifat keras, tahan terhadap abrasi dan korosi, dan menghasilkan warna yang cukup bagus sehingga tidak diperlukan pewarnaan. Tetapi bagaimana juga proses asam oksalat lebih mahal apabila dibandingkan dengan proses asam sulfat.

5. *Metal cleaning*

Asam oksalat adalah senyawa pembersih yang digunakan untuk automotive radiator, boiler, *railroad cars*, dan kontaminan radioaktif untuk plat reaktor pada proses pembakaran. Dalam membersihkan logam besi dan non besi asam oksalat menghasilkan control pH sebagai indikator yang baik. Banyak industri yang mengaplikasikan cara ini berdasarkan sifatnya dan keasamannya.

6. *Dyeing*

Asam oksalat dan garamnya juga digunakan untuk pewarnaan wol. Asam oksalat sebagai agen pengatur mordan kromium klorida. Mordan yang terdiri dari 4% kromium florida dan 2% berat asam oksalat. Wol dididihkan dalam waktu 1 jam. Kromic oksida pada wol diangkat dari pewarnaan. Ammonium oksalat juga digunakan sebagai pencetakan vigorous pada wool, dan juga terdiri dari mordan (zat kimia) pewarna.

7. *Millet jelly production*

Bubuk kanji (pati dipanaskan bersama dengan asam oksalat dan dihidrolisis untuk menghasilkan millet jelly). Asam oksalat berfungsi sebagai katalis pada proses hidrolisis, dan menghilangkan kalsium oksalat. Aplikasi ini diterapkan di Jepang.

2.1.3 Sumber Asam Oksalat

Asam oksalat terdistribusi secara luas dalam bentuk garam potassium dan kalsium yang terdapat pada tumbuhan seperti batang pisang, bayam, jeruk teh, coklat, buncis, belimbing dan lain-lain. Distribusi asam oksalat pada bagian-bagian tanaman tidak merata. Bagian daun umumnya lebih banyak mengandung asam oksalat dibandingkan dengan tangkai. Umumnya daun muda mengandung asam oksalat lebih sedikit dibandingkan dengan daun tua. Misalnya pada daun *Chenopodiaceae*, proporsi asam oksalat dapat bertambah dua kali lipat selama proses penuaan (Ratnasari D., 2014).

Bahan baku yang dapat dibuat asam oksalat diantaranya yaitu (Melwita dan Effan, 2014) :

- a. Bahan yang mengandung glukosa yaitu ada pada tetes tebu/molasse, nira aren, nira kelapa, nira tebu, sari buah-buahan dan lain-lain.
- b. Bahan yang mengandung pati/karbohidrat terdapat pada umbi-umbian seperti sagu, singkong, ketela, gaplek, ubi jalar, talas, ganyong, jagung dan lain-lain.
- c. Bahan yang mengandung selulosa terdapat dalam serat seperti serat kayu, serat tandan kosong kelapa sawit, serat pisang, serat nanas, ampas tebu dan lain-lain.

2.1.4 Proses Pembuatan Asam Oksalat

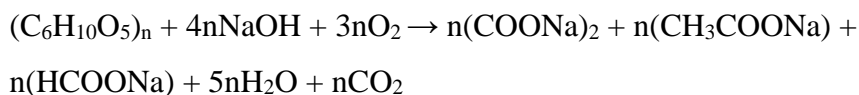
Asam oksalat pertama kali disintesa oleh Scheele pada tahun 1776 yaitu dengan cara mengoksidasi gula dengan asam nitrat. Ada berbagai metoda pembuatan asam oksalat yaitu (Widiyarti, 2002) :

1. Peleburan Alkali

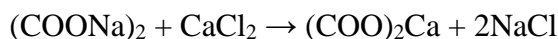
Pada proses peleburan alkali untuk memisahkan lignin dari ikatan selulosa, selulosa dilebur dengan larutan natrium hidroksida (NaOH) pada temperatur 240-285°C. Dengan pemanasan lebih lanjut selulosa akan teroksidasi menjadi garam oksalat (natrium oksalat) (Groggins, 1958). Natrium oksalat ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) yang terbentuk diubah menjadi kalsium oksalat dengan menambahkan kalsium klorida (CaCl_2) dan asam oksalat dihasilkan dengan melarutkan endapan kalsium oksalat (CaC_2O_4) tersebut ke dalam Asam Sulfat (H_2SO_4). Untuk menghasilkan kristal asam oksalat, filtrat yang mengandung asam oksalat tersebut dipekatkan dan dikristalisasi (Widiyarti, 2002).

Tahapan pembuatan asam oksalat dengan hidrolisis natrium hidroksida (NaOH) sebagai berikut:

a. Tahap Peleburan



b. Tahap Pengendapan dengan $CaCl_2$

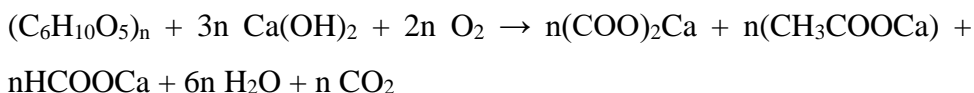


c. Tahap Pengasaman dengan Asam Sulfat dan Pengkristalan

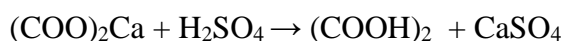


Penggunaan jenis alkali berupa kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) pada proses peleburan dapat mengurangi tahap pengendapan dengan $CaCl_2$, karena senyawa oksalat hasil dari proses peleburan telah diikat oleh ion Ca^{2+} dari $Ca(OH)_2$ yang berlangsung secara simultan dengan proses peleburan tersebut. Tahapan proses pembuatan asam oksalat dengan menggunakan $Ca(OH)_2$ adalah sebagai berikut (Iloan dkk., 2016) :

a. Tahap peleburan



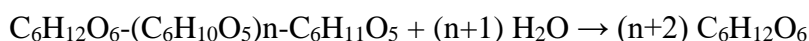
b. Tahap pengasaman



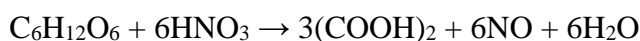
2. Oksidasi dengan Asam Nitrat

Reaksi pembuatan asam oksalat dari selulosa terdiri dari dua tahap yaitu hidrolisis selulosa menjadi glukosa dan oksidasi glukosa menjadi asam oksalat. Pada proses oksidasi asam nitrat, karbohidrat atau glukosa dioksidasi menggunakan (HNO_3) pada kondisi reaksi tertentu. Sehingga diperoleh asam oksalat sebagai produk akhir (Widiyarti, 2002). Mekanisme reaksinya adalah sebagai berikut:

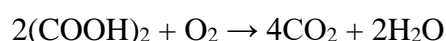
a. Hidrolisis selulosa menjadi glukosa



b. Oksidasi glukosa dengan asam nitrat menjadi asam oksalat



Katalis yang dapat digunakan untuk oksidasi selulosa menjadi asam oksalat adalah V_2O_5 , molybdenum, Fe atau Mn (Groggins, 1958). Kondisi reaksi untuk produksi asam oksalat dengan yield tinggi meliputi oksidasi dalam larutan asam nitrat pekat dan kontrol temperatur yang tepat. Menurut Kraff, asam nitrat untuk oksidasi parsial hasilnya relatif baik, jika konsentrasi asam nitrat yang digunakan antara 60%-90% (Groggins, 1958). Jika konsentrasi asam nitrat terlalu pekat, maka asam oksalat yang dihasilkan akan teroksidasi menjadi CO_2 dan H_2O (Widiyarti, 2002). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



3. Fermentasi

Proses ini menggunakan jamur untuk menguraikan glukosa menjadi asam oksalat. Jamur yang digunakan pada proses ini adalah *Aspergillus niger* yang beroperasi optimum pada pH 4,5. Produk yang diperoleh kemudian disaring, diasamkan, dan dihilangkan warnanya. Setelah itu, produk dinaikkan konsentrasinya dengan evaporator dan hasilnya dikristalkan. Hasil dari pengkristalan dikeringkan untuk meminimalkan kadar air dalam produk. Yield asam oksalat tergantung dari nutrient (nitrogen) yang ditambahkan (Atikah, 2017). Asam oksalat dalam proses ini merupakan produk samping, sehingga asam oksalat yang dihasilkan sangat sedikit. Proses fermentasi ini tidak ekonomis (Widiyarti, 2002).

4. Sintesis Sodium Formiat

Pada proses sintesa sodium format, natrium format diproduksi dari natrium hidroksida padat (95–97%) dan karbon monoksida pada suhu $200^\circ C$ dan tekanan 150 psia didalam *autoclave*. Setelah reaksi berlangsung, tekanan udara diturunkan dan suhu diturunkan mencapai $375^\circ C$, sehingga reaksi tersebut menghasilkan asam oksalat dan hydrogen. Reaksi dikatakan sudah berakhir apabila tidak lagi menghasilkan hydrogen. Kemudian campuran reaksi (*crude* natrium oksalat) diganti secara cepat, dimana kalsium hidroksida ditambahkan asam oksalat dengan kemurnian 80% dari berat natrium formatnya (Widiyarti, 2002).

2.1.5 Faktor-faktor yang mempengaruhi pembuatan asam oksalat

1. Waktu Hidrolisis

Waktu yang lama akan memperbesar kesempatan zat-zat pereaksi bersentuhan dan mengakibatkan asam oksalat yang diperoleh relatif banyak. Tetapi waktu pemanasan yang cukup lama akan menyebabkan hasil lanjut terhadap asam oksalat yang dihasilkan (Asip F. dkk., 2015).

2. Suhu

Suhu berpengaruh pada konstanta kecepatan reaksi. Jika suhu tinggi, konstanta kecepatan reaksi semakin besar sehingga reaksi semakin cepat. Tetapi suhu yang terlalu tinggi akan menguraikan asam oksalat yang dapat membentuk senyawa lain (Asip F., 2015).

3. Konsentrasi Pelarut

Daya pengurai basa kuat akan lebih besar seiring bertambahnya konsentrasi. Bertambahnya konsentrasi basa kuat dapat mengakibatkan jumlah hasil hidrolisis bertambah (Asip F. dkk., 2015).

4. Volume Pelarut

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

2.2 Hidrolisis

Hidrolisis merupakan proses pemecahan polisakarida di dalam biomassa lignoselulosa yang terdiri atas lignin, selulosa dan hemiselulosa yang dapat dihidrolisis menjadi glukosa menggunakan asam sulfat encer (Melwita dan Effan, 2014).

Menurut Endang Mastuti W. (2005) berdasarkan zat penghidrolisis yang digunakan, reaksi hidrolisis dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Hidrolisis murni, hanya menggunakan air.
2. Hidrolisis dengan larutan asam encer atau pekat.
3. Hidrolisis dengan larutan alkali encer atau pekat.

4. Alkali fusion dengan sedikit atau tanpa air pada temperatur tinggi.
5. Hidrolisis dengan enzim sebagai katalis.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada proses hidrolisis yaitu konsentrasi zat penghidrolisis, waktu, suhu, perbandingan reaktan, ukuran bahan dan kecepatan pengadukan. Dari kinetika reaksi kimia, semakin tinggi suhu, reaksi makin cepat karena tetapan kecepatan reaksi dipengaruhi oleh suhu (Endang, 2005).

Menurut Artati dkk. (2010) faktor-faktor yang berpengaruh pada hidrolisa selulosa antara lain:

1. Suhu

Dari kinetika reaksi, semakin tinggi suhu reaksi maka makin cepat pula jalannya reaksi. Tetapi pada suhu yang sangat tinggi konversi menjadi turun hal ini disebabkan karena adanya glukosa yang pecah menjadi arang.

2. Waktu

Semakin lama waktu hidrolisis, konversi yang dicapai semakin besar dan pada batas tertentu akan diperoleh konversi yang relatif baik dan apabila waktu tersebut diperpanjang, penambahan konversi kecil sekali karena akan terjadi reaksi lebih lanjut.

3. Konsentrasi Katalisator

Penambahan katalisator bertujuan memperbesar kecepatan reaksi. Jadi semakin banyak jumlah katalisator yang dipakai makin cepat reaksi hidrolisis. Dalam waktu tertentu selulosa yang berubah menjadi glukosa juga meningkat. Laju proses hidrolisis akan bertambah oleh konsentrasi asam yang tinggi.

4. Kadar Suspensi Selulosa

Perbandingan antara air dan selulosa yang tepat akan membuat reaksi hidrolisis berjalan lebih cepat. Bila air berlebihan maka tumbukan antara selulosa dan air akan berkurang dan akan memperlambat jalannya reaksi.

2.3 Tanaman Nanas (*Ananas comosus*)

Nanas merupakan salah satu komoditas unggulan sub sektor hortikultura Indonesia yang telah dikenal di seluruh dunia (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2016). Nanas (*Ananas comosus* L.) adalah salah satu komoditas buah

unggulan di Indonesia. Hal ini mengacu pada besarnya produksi nanas yang menempati posisi ketiga setelah pisang dan mangga. Selain dikonsumsi dalam bentuk segar, buah nanas juga dapat diolah menjadi berbagai produk seperti jus, selai, sirup dan keripik. Buah nanas mengandung unsur air, gula, asam organik, mineral, nitrogen, protein, bromelin serta semua vitamin dalam jumlah kecil, kecuali vitamin D. Kulit buah nanas dapat diolah menjadi sirup atau diekstraksi cairannya untuk pakan ternak, sedangkan serat pada daun dapat diolah menjadi kertas dan tekstil (Hadiati dan Indriyani, 2008). Tanaman nanas yang telah dibongkar dan dimanfaatkan buahnya akan menyisakan daun nanas. Daun nanas memiliki berbagai kandungan kimia didalamnya. Kandungan pada daun nanas diantaranya lignin, hemiselulosa dan selulosa. Kandungan selulosa yang terkandung dalam serat daun nanas berkisar 69,5-71,5% (Soeprijanto dkk., 2021). Kandungan selulosa yang cukup tinggi ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan asam oksalat.

Nanas merupakan tanaman yang berasal dari Amerika tropis yaitu Brazil, Argentina, dan Peru. Tanaman nanas telah tersebar ke seluruh penjuru dunia, termasuk Indonesia. Di Indonesia tanaman nanas sangat terkenal dan banyak dibudidayakan di wilayah dataran rendah sampai ke dataran tinggi. Daerah penghasil nanas di Indonesia yang terkenal adalah Subang, Bogor, Riau, Palembang dan Blitar (Rakhmat dan Fitri, 2007). Produksi nanas Indonesia cukup besar, berdasarkan Angka Tetap (ATAP) tahun 2015 produksi nanas mencapai 1,73 juta ton. Untuk wilayah Asia Tenggara, Indonesia termasuk penghasil nanas terbesar ketiga setelah Filipina dan Thailand dengan kontribusi sekitar 23%. Hampir seluruh wilayah Indonesia merupakan daerah penghasil nanas karena didukung oleh iklim tropis yang sesuai (Hadiati dan Indriyani, 2008). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik produksi tanaman nanas di Indonesia meningkat setiap tahunnya, pada tahun 2019 jumlah produksi nanas sebesar 2,1 juta ton, kemudian meningkat pada tahun 2020 menjadi 2,4 juta ton (BPS, 2022).

Produksi tanaman nanas di Indonesia dari tahun 2018 sampai dengan 2020 dapat dilihat pada Tabel 2.3. Berdasarkan Tabel 2.3 terlihat bahwa produksi nanas di Indonesia tiap tahunnya mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa potensi daun nanas dapat ditemukan secara melimpah pada setiap provinsi di

Indonesia. Sehingga sangat potensial untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan asam oksalat.

Tabel 2.3 Produksi Nanas di Indonesia pada tahun 2018 – 2020

Provinsi	Tahun		
	2018 (Ton)	2019 (Ton)	2020 (Ton)
Aceh	1203,00	1143,00	1356,00
Sumatera Utara	145618,00	138286,00	158205,0
Sumatera Barat	190,00	265,00	293,00
Riau	95019,00	132583,00	214277,00
Jambi	47275,00	137622,00	149592,00
Sumatera Selatan	134895,00	179845,00	137363,00
Bengkulu	200,00	236,00	333,00
Lampung	622881,00	699243,00	662588,00
Kep. Bangka Belitung	6089,00	2567,00	6052,00
Kep. Riau	1952,00	2242,00	4054,00
DKI Jakarta	-	-	-
Jawa Barat	180802,00	228601,00	250942,00
Jawa Tengah	202823,00	173605,00	252221,00
DI Yogyakarta	419,00	496,00	519,00
Jawa Timur	139234,00	250292,00	220552,00
Banten	509,00	506,00	369,00
Bali	923,00	1104,00	790,00
Nusa Tenggara Barat	130963,00	74452,00	46187,00
Nusa Tenggara Timur	4865,00	7809,00	17474,00
Kalimantan Barat	29492,00	76400,00	208463,00
Kalimantan Tengah	9181,00	6579,00	14455,00
Kalimantan Selatan	12157,00	12358,00	12986,00
Kalimantan Timur	24931,00	20965,00	21976,00
Kalimantan Utara	577,00	525,00	345,00
Sulawesi Utara	2058,00	600,00	1780,00
Sulawesi Tengah	6402,00	40635,00	49593,00
Sulawesi Selatan	1525,00	2898,00	2111,00
Sulawesi Tenggara	1714,00	2566,00	9754,00
Gorontalo	439,00	348,00	267,00
Sulawesi Barat	334,00	368,00	1248,00
Maluku	463,00	458,00	307,00
Maluku Utara	222,00	353,00	295,00
Papua Barat	38,00	437,00	372,00
Papua	113,00	71,00	123,00
Total	1805506,00	2196458,00	2447243,00

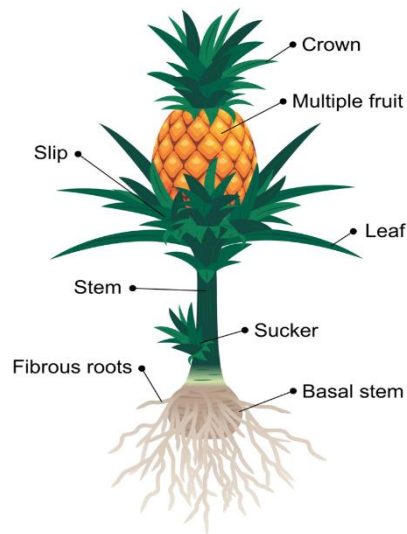
(Sumber: BPS 2020)

2.3.1 Struktur Tanaman Nanas

Nanas (*Ananas comosus*) merupakan tanaman tropis yang merupakan Famili dari *Bromeliaceae*, memiliki buah berupa semak, dengan ujung daun dan tepi daun yang berduri dan memiliki tulang daun yang sejajar. Kemudian memiliki kulit buah yang berwarna hijau kekuning-kuningan, serta daging buah berwarna kuning. Tanaman nanas ini memiliki kandungan enzim yang kompleks dan kandungan zat aktif diantaranya adalah flavonoid, enzim bromelin, vitamin C dan antosianin. Tanaman ini tumbuh sebagai semak kecil, berbunga individu dari tanaman yang tidak diserbuki menyatu untuk membentuk buah yang banyak. Tanaman ini biasanya diperbanyak dari *offset* yang dihasilkan di bagian atas buah, atau dari tunas samping dan biasanya matang dalam waktu satu tahun (Angraeni dan Rahmawati, 2014).

Tanaman nanas yang berusia satu sampai dua tahun, tingginya 50-150 cm, mempunyai tunas yang merayap pada bagian pangkalnya. Daun berkumpul dalam roset akar, dimana bagian pangkalnya melebar menjadi pelepah. Daun berbentuk seperti pedang, tebal dan liat, dengan panjang 80-120 cm dan lebar 2-6 cm, ujungnya lancip menyerupai duri, berwarna hijau atau hijau kemerahan. Buahnya berbentuk bulat panjang, berdaging, dan berwarna hijau, jika masak warnanya menjadi kuning, rasanya asam sampai manis (Dalimartha, S, 2001).

Nanas memiliki akar serabut dengan sebaran ke arah vertikal dan horizontal. Perakaran dangkal dan terbatas walaupun ditanam pada media yang paling baik. Kedalaman akar nanas tidak akan lebih dari 50 cm (Irfandi, 2005). Batang tanaman nanas dapat dilihat apabila daun-daun dihilangkan. Hal ini disebabkan batang nanas sangat pendek yaitu 20-25 cm dengan diameter bawah 2 sampai 3,5 cm, sedangkan diameter bagian tengah 5,5 sampai 6,5 cm dan mengecil pada bagian puncak 2,0-3,5 cm. Batang tanaman nanas beruas-ruas dengan panjang masing-masing ruas bervariasi antara 1 sampai 10 cm. Batang berfungsi sebagai tempat melekat akar, daun, bunga, tunas, dan buah, sehingga secara visual batang tersebut tidak nampak karena di sekelilingnya tertutup oleh daun. Tangkai bunga atau buah merupakan perpanjangan batang (Oktaviani, 2009). Struktur tanaman nanas dapat dilihat pada Gambar 2.2.



(Sumber: Vieira dkk., 2021)

Gambar 2.2 Struktur Tanaman Nanas

Nanas mempunyai kandungan nitrogen, enzim bromelin dan asam amino yang tinggi yang berfungsi dalam menurunkan pertumbuhan bakteri dalam mulut dan pembentukan plak. Selain itu nanas juga mempunyai kandungan klor, iodium dan fenol yang berfungsi sebagai antiseptik. Klor akan bereaksi dengan air membentuk hipoklorit yang bersifat bactericidal, iodin merupakan zat bactericidal terkuat dalam membunuh hampir semua bakteri patogen dengan cara menggumpalkan protein, dan fenol yang akan mendenaturasi protein sel bakteri sehingga bakteri akan mati (Minarni, 2019). Daun nanas bersifat sebagai anti radang, sedangkan pucuk nanas digunakan sebagai obat kencing batu dan fungsi lain nanas seperti mengganggu pertumbuhan sel kanker, menghambat penggumpalan trombosit dan mempunyai aktivitas fibrinolitik (Muljohardjo, 1984).

2.3.2 Klasifikasi Tanaman Nanas

Klasifikasi tanaman nanas menurut *Natural Resource and Conservation Service, United State Departement of Agricultural* (USDA, 2016) sebagai berikut:

- Kerajaan : *Plantae*
- Sub Kerajaan : *Tracheobionta* (Tumbuhan berpembuluh)
- Sub Divisi : *Spermatophyta* (Tumbuhan berbiji)
- Divisi : *Magnoliophyta* (Tumbuhan berbunga)
- Kelas : *Liliopsida* (Tumbuhan monokotil)

Sub Kelas : *Zingberidae*
Bangsa : *Bromeliales*
Suku : *Bromeliaceae*
Marga : *Ananas*
Jenis : *Ananas comosus (L.) Merr*

2.3.3 Jenis-jenis Nanas

Berdasarkan habitat tanaman, terutama bentuk daun dan buah dikenal 4 jenis golongan nanas yaitu (Kumalasari, 2011) :

1. *Cayenne*

Berdaun halus, ada yang berduri dan ada yang tidak berduri, ukuran buah besar, silindris, mata buah agak datar, berwarna hijau kekuning-kuningan, dan rasanya agak masam. Buah nanas jenis *cayenne* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



(Sumber: Permatasari, 2014)

Gambar 2.3 Buah Nanas Jenis *Cayenne*

2. *Queen*

Berdaun pendek dan berduri tajam, buah berbentuk lonjong mirip kerucut sampai silindris, mata buah menonjol, berwarna kuning kemerah-merahan dan rasanya manis. Nanas jenis ini merupakan nanas yang banyak dibudidayakan petani kota Prabumulih yang varietasnya telah dilepas oleh Kementerian Pertanian dengan nama Nanas Prabumulih (Amanda, 2020). Buah nanas jenis *queen* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



(Sumber: Permatasari, 2014)

Gambar 2.4 Buah Nanas Jenis *Queen*

3. *Spanish*

Berdaun panjang kecil, berduri halus sampai kasar, buah bulat dengan mata datar. Buah nanas jenis *Spanish* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



(Sumber: Permatasari, 2014)

Gambar 2.5 Buah Nanas Jenis *Spanish*

4. *Abacaxi*

Berdaun panjang berduri kasar, buah silindris atau seperti piramida. Varietas nanas yang banyak ditanam di Indonesia adalah golongan *Cayyene* dan *Queen*. Golongan *Spanish* dikembangkan di Kepulauan India Barat, Puerto Riko, Meksiko dan Malaysia. Golongan *Abacaxi* banyak ditanam di Brazilia (Kumalasari, 2011). Buah nanas jenis *abacaxi* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



(Sumber: Permatasari, 2014)

Gambar 2.6 Buah Nanas Jenis *Abacaxi*

2.3.4 Daun Nanas

Pada umumnya, bagian tanaman nanas yang dimanfaatkan hanya buahnya saja, sedangkan bagian lain belum begitu banyak digunakan. Salah satu bagian tanaman nanas yang belum banyak dimanfaatkan adalah daun nanas. Daun nanas merupakan limbah yang paling banyak dihasilkan dari pertanian nanas, yaitu sekitar 90% setiap kali panen (Natalia dkk., 2019). Tanaman nanas akan dibongkar setelah dua atau tiga kali panen untuk diganti tanaman baru, oleh karena itu limbah daun nanas terus berkesinambungan sehingga cukup potensial untuk dimanfaatkan sebagai produk tekstil yang dapat memberikan nilai tambah. Daun nanas mempunyai lapisan luar yang terdiri dari lapisan atas dan bawah. Diantara lapisan tersebut terdapat banyak ikatan atau helai-helai serat (*bundles of fibre*) yang terikat satu sama lain oleh zat perekat (*gummy substances*) yang terdapat dalam daun. Karena daun nanas tidak mempunyai tulang daun, adanya serat-serat dalam daun nanas tersebut akan memperkuat daun nanas saat pertumbuhannya. Dari berat daun nanas hijau yang masih segar akan dihasilkan kurang lebih sebanyak 2,5% sampai 3,5% serat-serat daun nanas. Menurut Hidayat (2008) daun nanas memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi yaitu 60-79% sehingga berpotensi untuk dijadikan bahan pembuatan asam oksalat. Komposisi kimia daun nanas dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Komposisi Kimia Daun Nanas

Komposisi Kimia	% Komposisi
Alpha selulosa	79,36
Hemi selulosa	13,07
Lignin	4,25
Ash	2,29
Alkohol-benzene <i>extraction</i>	5.73

(Sumber : Hidayat, 2008)

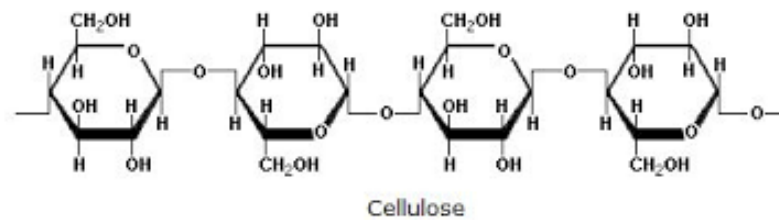
2.3.5 Selulosa

Selulosa merupakan polimer glukosa dengan ikatan β -1,4 glukosida dalam rantai yang lurus. Selulosa mempunyai rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$ dengan n sebagai derajat polimerisasi (Iriany dkk., 2015). Selulosa adalah sebuah polisakarida yang tersusun dari polimer glukosa yang dihubungkan oleh ikatan glikoksida yang membentuk rantai lurus. Selulosa terdapat dalam tumbuhan sebagai bahan pembentuk dinding sel. Selulosa bila direaksikan dengan alkali kuat akan menghasilkan asam oksalat (Retno D., 2010).

Selulosa yang telah dimurnikan sangat luas sekali pemakaiannya dalam industri yakni sebagai bahan baku untuk industri kertas, derivat selulosa dan industri olahan dari selulosa seperti rayon, cellophan dan lainnya. Sebelum dilakukan proses oksidasi, selulosa dihidrolisis lebih dahulu dalam suasana basa. Tujuannya supaya pori-pori selulosa mengembang dan hancur, sehingga mudah bereaksi dengan peroksida. Hidrolisis dapat terjadi pada senyawa organik maupun anorganik, dimana air mempengaruhi peruraian ganda pada senyawa lainnya. Pada proses tersebut air akan menyerang selulosa pada ikatan β glukosid 1,4 yang akan menghasilkan glukosa (Retno D, 2010).

Selulosa dapat mengadakan reaksi kimia karena mengandung gugus reaktif antara lain (Endang, 2005) :

1. Gugus hidroksil, setiap molekul monosakarida mengandung 3 gugus hidroksil.
2. Gugus pereduksi, gugus ini dapat mengadakan reaksi dengan alkali kuat.



(Sumber: Pikukuh P, 2011)

Gambar 2.7 Struktur Selulosa

Menurut Narimo (2011) berdasarkan kelarutannya di dalam alkali selulosa dapat dibagi menjadi 3 macam yaitu:

1. α selulosa merupakan rantai panjang, tidak larut dalam air sukar larut dalam alkali, derajat polimerisasi lebih dari 200 dan merupakan penyusun utama selulosa.
2. β Selulosa merupakan rantai pendek, larut dalam alkali, akan mengendap bila larutan tersebut di asamkan (tidak larut dalam asam) dan derajat polimerisasi 15-90.
3. γ selulosa merupakan rantai pendek, tidak larut dalam alkali, larut dalam asam, akan terjadi endapan bila ditambah alkohol dan derajat polimerisasi kurang dari 15.

Menurut Ambarita dkk., (2015) selulosa mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Dapat terdegradasi oleh hidrolisis dan oksidasi, sehingga berat molekulnya menurun.
2. Tidak larut dalam air maupun pelarut organik, tetapi larut dalam larutan alkali.
3. Keadaan kering, selulosa bersifat higroskopis, keras dan rapuh. Bila selulosa cukup banyak mengandung air maka akan bersifat lunak. Jadi fungsi air di sini adalah sebagai pelunak.

2.4 Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida (NaOH) dalam pembuatan asam oksalat digunakan sebagai zat penghidrolisis. Selulosa yang terkandung didalam serbuk daun nanas

akan mengalami pemecahan molekul sehingga terbentuk natrium oksalat yang kemudian dilakukan tahap pengendapan dan pengasaman (Mufid dkk., 2018). Natrium hidroksida yang juga dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium hidroksida terbentuk dari oksida basa yang dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. NaOH digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen. Natrium hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia (Desinta dkk., 2020).

Natrium hidroksida merupakan salah satu senyawa kimia yang bersifat alkali/basa dan berfungsi untuk menghilangkan atau membersihkan zat-zat dan kotoran-kotoran yang melekat pada serat sisal. Disamping itu, alkali natrium hidroksida dapat memodifikasi bentuk kristal dari penguat sehingga dapat mereduksi sifat hidrofilik dan meningkatkan kristalisasi fiber sehingga dapat mengoptimalkan adhesi serat dengan matriks (Kusmiran dkk., 2020).

Natrium hidroksida adalah bahan dasar populer yang digunakan di industri. Sekitar 56% Natrium hidroksida yang dihasilkan digunakan oleh industri, 25% di antaranya digunakan oleh industri kertas. Natrium hidroksida juga digunakan dalam pembuatan garam natrium dan deterjen, regulasi pH, dan sintesis organik. NaOH digunakan dalam proses produksi aluminium bayer, secara massal natrium hidroksida paling sering ditangani sebagai larutan berair, karena lebih murah dan mudah ditangani (Kurt dan Bittner, 2006).

Sifat fisik Natrium Hidroksida :

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| a. Rumus kimia | : NaOH |
| b. Bentuk | : Padatan |
| c. Berat molekul | : 40 gr/mol |
| d. Titik didih | : 318°C |
| e. Titik lebur | : 1390°C |
| f. Larut dalam | : air, methanol |
| g. Densitas | : 2,1 g/mL |
| h. <i>Specific Gravity</i> | : 2,1 |
| i. Kelarutan | : 111 g/100 mL (20°C) |

Sifat kimia Natrium Hidroksida :

- a. Senyawa ini apabila direaksikan dengan HCl akan terbentuk garam dan air.

$$\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \quad (\text{Othmer, 1952})$$
- b. Menyerap karbon dioksida dari udara bebas.
- c. Sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas Ketika dilarutkan.
- d. Larut dalam etanol dan methanol.
- e. Tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non-polar lainnya.
- f. Larutan natrium hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas.
- g. Sangat mudah terionisasi membentuk ion natrium dan hidroksida.

2.5 Kalsium Hidroksida (Ca(OH)₂)

Kalsium hidroksida (Ca(OH)₂) merupakan jenis alkali yang digunakan sebagai zat penghidrolisis dalam pembuatan asam oksalat. Ca(OH)₂ berfungsi untuk merombak selulosa yang terkandung didalam daun nanas menjadi asam oksalat. Pada proses hidrolisis senyawa oksalat akan diikat oleh ion Ca²⁺ yang berlangsung secara simultan. Kalsium hidroksida dapat berupa kristal tak berwarna atau bubuk putih. Kalsium hidroksida dihasilkan melalui reaksi kalsium oksida (CaO) dengan air. Senyawa ini juga dapat dihasilkan dalam bentuk endapan melalui pencampuran larutan kalsium klorida (CaCl₂) dengan larutan NaOH (Mardina dkk., 2013). Dalam Bahasa Inggris, kalsium hidroksida juga dinamakan *slaked lime* atau *hydrated lime* (kapur yang diairkan). Nama mineral Ca(OH)₂ adalah *portlandite*, karena senyawa ini dihasilkan melalui pencampuran air dengan semen *Portland*. Larutan Ca(OH)₂ disebut air kapur dan merupakan basa dengan kekuatan sedang. Larutan tersebut bereaksi hebat dengan berbagai asam, dan bereaksi dengan banyak logam dengan adanya air. Larutan tersebut menjadi keruh bila dilewatkan karbon dioksida, karena mengendapnya kalsium karbonat.

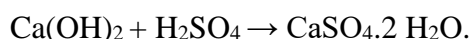
Sifat fisik kalsium hidroksida (Perry, 2008) :

- a. Bentuk : Kristal
- b. Rumus molekul : Ca(OH)₂
- c. Berat molekul : 74,093 gr/mol
- d. Densitas : 3,3400 g/cm³

- e. Warna : Putih
- f. *Specific gravity* : 2,2
- g. Titik lebur : 580°C
- h. Titik didih : 2850°C
- i. Kelarutan : 1,65 g/L (20°C)

Sifat kimia kalsium hidroksida :

- a. Reaksi netralisasi dengan H₂SO₄ menghasilkan *gypsum*.



2.6 Kalsium Klorida (CaCl₂)

Dalam proses pembuatan asam oksalat kalsium klorida (CaCl₂) digunakan untuk memisahkan natrium oksalat dari produk sampingnya berupa natrium asetat dan natrium formiat. Untuk memisahkan senyawa tersebut dilakukan tahap pengendapan dengan menambahkan CaCl₂ sehingga akan terbentuk endapan kalsium oksalat dan larutan natrium klorida (Fitrah 2017). Kalsium klorida merupakan salah satu jenis garam yang terdiri dari unsur kalsium (Ca) dan klorin (Cl). Garam ini berwarna putih dan mudah larut dalam air. Kalsium klorida tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak mudah terbakar. Kalsium klorida termasuk dalam tipe ion halide, dan padat pada suhu kamar. Karena sifat higroskopisnya, kalsium klorida harus disimpan dalam container kedap udara rapat tertutup. Didalam industri bahan makanan juga digunakan untuk memberikan keseimbangan yang tepat dari garam–garam mineral didalam air masakan. Selain dapat memperkeras tekstur, CaCl₂ juga dapat mencegah terjadinya reaksi pencoklatan non enzimatis. Hal ini disebabkan oleh karena ion kalsium bereaksi dengan asam amino sehingga menghambat reaksi asam amino dengan gula pereduksi yang menyebabkan pencoklatan menurun. Pada pembuatan asam oksalat, kalsium klorida direaksikan dengan natrium oksalat untuk mendapatkan endapan kalsium sulfat ((COO)₂Ca) (Nurul, 2016).

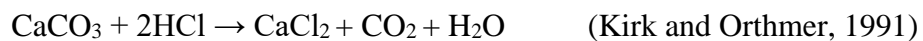
Sifat fisik kalsium klorida:

- a. Rumus molekul : CaCl₂.H₂O
- b. Berat molekul : 129,99 g/mol
- c. Bentuk : Padatan

- d. Densitas : 2240 kg/m³
- e. Titik didih (1 atm) : 183°C
- f. Kemurnian : 97%

Sifat kimia kalsium klorida:

- a. Kalsium klorida dapat dielektrolisis untuk memberikan logam kalsium dan gas klor.
- b. Kalsium klorida dapat memiliki perubahan entalpi yang sangat tinggi dari solusi.
- c. Kalsium klorida bersifat higroskopis yang berarti dapat dengan mudah menyerap kandungan air.
- d. Kalsium klorida dapat dihasilkan dari reaksi kalsium karbonat dengan asam klorida.



2.7 Asam Sulfat (H₂SO₄)

Asam sulfat (H₂SO₄) merupakan cairan yang bersifat korosif, tidak berwarna, tidak berbau, sangat reaktif dan mampu melarutkan berbagai logam. Pada proses pembuatan asam oksalat, asam sulfat digunakan untuk proses pengasaman. Asam sulfat direaksikan dengan kalsium oksalat sehingga akan terbentuk asam oksalat dan kalsium sulfat (Rahmadi I., 2017). Asam sulfat dapat larut dengan air dengan segala perbandingan, mempunyai titik lebur 10,31°C dan titik didih pada 336,85°C tergantung kepekatan serta pada temperatur 300°C atau lebih terdekomposisi menghasilkan sulfur trioksida. Asam sulfat (H₂SO₄) dapat dibuat dari belerang (S), pyrite (FeS) dan juga beberapa sulfid logam (CuS, ZnS, NiS). Pada umumnya asam sulfat diproduksi dengan kadar 78%-100% serta bermacam-macam konsentrasi oleum (Lutfiati A., 2008).

Sifat fisik asam sulfat :

- a. Rumus kimia : H₂SO₄
- b. Wujud : Cairan
- c. Warna : Tidak berwarna
- d. Titik didih : 340°C
- e. Berat molekul : 98,08 g/mol

- f. Titik lebur : 10,49°C
- g. Densitas : 1,834 gram/cc (pada 25°C)
- h. Viskositas : 23 cp (pada 25°C)

Sifat kimia asam sulfat :

- a. Asam sulfat dapat larut dalam air, alkohol dan eter.
- b. Asam sulfat merupakan asam pengoksidasi dan bahan pendehidrasi, khususnya terhadap senyawa organik.
- c. Asam sulfat merupakan asam kuat bervalensi dua dan bersifat higroskopis.

2.8 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Fourier Transform Infra Red (FTIR) merupakan salah satu instrumen yang menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi adalah spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *fourier* untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Spektroskopi inframerah berguna untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak-puncak. Selain itu, masing-masing kelompok fungsional menyerap sinar inframerah pada frekuensi yang unik (Anam, 2007; Silviyah dkk., 2014).

Dalam Teknik kimia, *Fourier Transform Infra Red (FTIR)* memberikan informasi seperti struktur dan konformasional pada polimer dan polipaduan, perubahan induksi tekanan dan reaksi kimia. Dalam teknik ini padatan diuji dengan sinar infra merah yang melalui tempat kristal sehingga terjadi kontak dengan permukaan cuplikan. Degradasi atau induksi oleh oksidasi, panas, maupun cahaya, dapat diikuti dengan cepat melalui inframerah. Sensitivitas FTIR adalah 80-200 kali lebih tinggi dari instrumentasi dispersi standar karena resolusinya lebih tinggi (Kroschwitz, 1990; Gunawan dan Azhari, 2015).

Teknik pengoperasian FTIR berbeda dengan spektrofotometer infra merah. Pada FTIR digunakan suatu interferometer Michelson sebagai pengganti monokromator yang terletak di depan monokromator. Interferometer ini akan memberikan sinyal ke detektor sesuai dengan intensitas frekuensi vibrasi molekul yang berupa interferogram. Interferogram juga memberikan informasi yang berdasarkan pada intensitas spektrum dari setiap frekuensi. Informasi yang keluar dari detektor diubah secara digital dalam komputer dan ditransformasikan sebagai

domain, tiap-tiap satuan frekuensi dipilih dari interferogram yang lengkap (*fourier transform*). Kemudian sinyal diubah menjadi spektrum IR sederhana. Spektroskopi FTIR digunakan untuk (Gunawan dan Azahri, 2015) :

1. Mendeteksi sinyal lemah
2. Menganalisis sampel dengan konsentrasi rendah
3. Analisis getaran

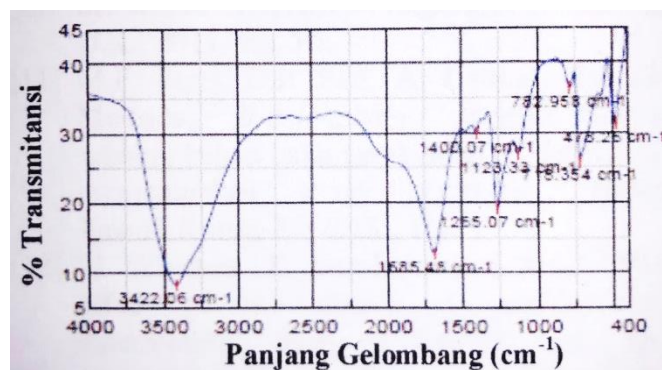
Beberapa senyawa dengan daerah serapan khasnya dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Serapan Khas Beberapa Gugus

Gugus	Jenis Senyawa	Intensitas	Daerah Serapan (cm⁻¹)
O-H	Alkohol	Medium	3700-3584
O-H	Alkohol	Strong	3550-3200
O-H	Asam Karboksilat	Strong	3400-2700
N-H	Garam Amina	Strong	3000-2800
C-H	Alkana	Strong	3333-3267
C-H	Alkena	Medium	3100-3000
C-H	Alkana	Medium	3000-2840
C-H	Aldehid	Medium	2830-2695
C=O	Keton	Strong	1950-1450
C-O	Ester	Medium	1500-670
C-H	Aromatik	Strong	900-690
C=C	Alkena	Strong	995-905
C=C	Alkena	Strong	980-960
S=O	Sulfoksida	Strong	1070-1040
CO-O-CO	Anhidrida	Strong	1050-1040
S=O	Sulfon	Strong	1350-1120

(Sumber: Libretexts, 2020)

Keuntungan menggunakan FTIR adalah akurat, aman, cepat dan sensitif. Berdasarkan prinsip kerjanya FTIR dapat mengenali gugus fungsional secara spesifik dalam suatu komponen. Setiap gugus fungsional dapat tercatat dalam panjang gelombang tertentu. Dengan metode FTIR, setiap kelompok komponen akan terdeteksi dalam panjang gelombang dan nilai absorbansi yang berbeda (Astuti dkk., 2014). Gambar spektrum asam oksalat standar dapat dilihat pada Gambar 2.8.



(Sumber: Iloan dkk., 2016)

Gambar 2.8 Spektrum FTIR Asam Oksalat Standar

Spektrum FTIR asam oksalat pada Gambar 2.8 dapat dilihat asam oksalat standar memiliki serapan kuat vibrasi rentangan gugus hidroksil terdapat pada bilangan gelombang 3200-3700 cm^{-1} . Gugus hidroksil dikarakterisasi pada serapan kuat dan tajam pada 3422,06 cm^{-1} . Gugus C=O dengan bilangan gelombang 1685,48 cm^{-1} , gugus C-O dengan bilangan gelombang 1123,33 cm^{-1} , gugus C-H dengan bilangan gelombang 718,35 cm^{-1} dan gugus O-H dengan bilangan gelombang 3422,06 cm^{-1} (Iloan dkk., 2016). Analisis FTIR asam oksalat standar ditunjukkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Hasil Serapan FTIR Asam Oksalat Standar

Sampel Asam Oksalat	Hasil Serapan (cm^{-1})			
	O-H	C=O	C-O	C-H
Asam Oksalat Standar	3422,06	1685,48	1123,33	718,35

(Sumber: Iloan dkk., 2016)

Penggunaan FTIR dalam pengujian asam oksalat telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya dengan berbagai bahan yang berbeda. Hasil serapan FTIR asam oksalat tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Hasil Serapan FTIR Asam Oksalat Sintesis Dari Berbagai Bahan

No.	Sampel Asam Oksalat	Hasil Serapan (cm ⁻¹)		
		O-H	C=O	C-O
1	Batang Sri Rejeki (Purnama P. dkk., 2019)	3410,15	1651,07	1689,64
2	Kulit Jagung (Retnawati dkk., 2017)	3404,36	1685,79	1118,71
3	Sekam Padi (Purnama P. dkk., 2019)	3406,44	1685,86	1119,73
4	Sekam Padi + Sabut Kelapa (Wulandari dkk., 2021)	3378,34	1644,4	1051,05
5	Pelepah Kelapa Sawit (Iloan dkk., 2016)	3402,43	1685,79	1122,57

(Sumber: Wulandari dkk., 2021)