



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan dan pertumbuhan industri merupakan bagian dari usaha dalam rangka memasuki pembangunan jangka panjang yang ditunjukkan untuk menciptakan struktur ekonomi yang kuat dan seimbang, yaitu struktur dan titik berat pada industri maju yang didukung dengan sektor pertanian yang tangguh. Sedangkan Indonesia sendiri merupakan Negara yang masih ketergantungan terhadap produk-produk impor dari luar negeri. Indonesia masih banyak mengimpor bahan baku maupun produk kimia dari pada memproduksi sendiri untuk kebutuhan dalam negeri untuk ekspor ke luar negeri. Dari besarnya impor bahan kimia tersebut mengakibatkan pengeluaran (*output*) negara semakin besar. Oleh karena itu, perlu dilakukan usaha untuk mencukupi produksi bahan kimia dalam negeri dan untuk mengurangi konsumsi bahan kimia dari luar negeri (impor). Salah satu dari produk tersebut adalah asam oksalat.

Asam oksalat mempunyai rumus molekul $H_2C_2O_4$ dengan nama sistematis asam etanadinoat. Asam dikarboksilat paling sederhana ini biasanya digambarkan dengan rumus $HOOC-COOH$ dan mempunyai sifat larut dalam air dan merupakan asam kuat. Adapun kegunaan asam oksalat dalam sektor industri antara lain pewarnaan kain dalam industri tekstil, pelapis besi (anti karat), elektrolit, pemutih pada gabus, produksi *cobalt*, bahan baku *agrochemical*, farmasi, dan sebagainya (Wikipedia, 2015).

Sintesis asam oksalat pertama kali dilakukan oleh Scheele pada tahun 1776 yaitu dengan mengoksidasi gula dengan asam nitrat, sedangkan untuk sekarang ini asam oksalat diproduksi melalui lima proses, diantaranya proses sodium format, dialkil oksalat, propilen, etilen glikol, dan oksidasi asam nitrat. Dari lima proses tersebut oksidasi asam nitrat merupakan proses yang paling mudah karena bahan baku yang digunakan mudah untuk didapat dan banyak



diproduksi di Indonesia yaitu karbohidrat, glukosa, sukrosa, dekstrin, dan molasses (Krik and Othmer, 1994).

Berdasarkan pertimbangan–pertimbangan tersebut, maka pendirian pabrik asam oksalat di Indonesia perlu direalisasikan mengingat dengan pendirian asam oksalat :

- a) Keberadaan industri asam oksalat akan mengurangi kebutuhan impor yang setiap tahun semakin meningkat.
- b) Keberadaan industri asam oksalat membuka peluang bagi pengembangan–pengembangan industri bahan baku asam oksalat, sehingga tercipta perbedaan produk yang memiliki harga yang lebih tinggi.
- c) Pendirian pabrik asam oksalat akan menciptakan lapangan kerja dalam rangka turut mengurangi pengangguran.
- d) Pendirian pabrik asam oksalat akan menarik minat investor yang menanamkan modalnya yang memang menjanjikan keuntungan yang cukup besar.

1.2. Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik

Dalam pemilihan kapasitas perancangan pabrik asam oksalat ada beberapa pertimbangan, yaitu prediksi kebutuhan asam oksalat di Indonesia, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas pabrik yang sudah digunakan.

Kebutuhan asam oksalat di Indonesia setiap tahun mengalami kenaikan. Kenaikan tersebut dapat dilihat dari peningkatan kebutuhan dalam negeri tiap tahunnya. Dari data BPS (Badan Pusat Statistik) dapat diketahui kebutuhan asam oksalat dari tahun 2009 sampai tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 1.1.



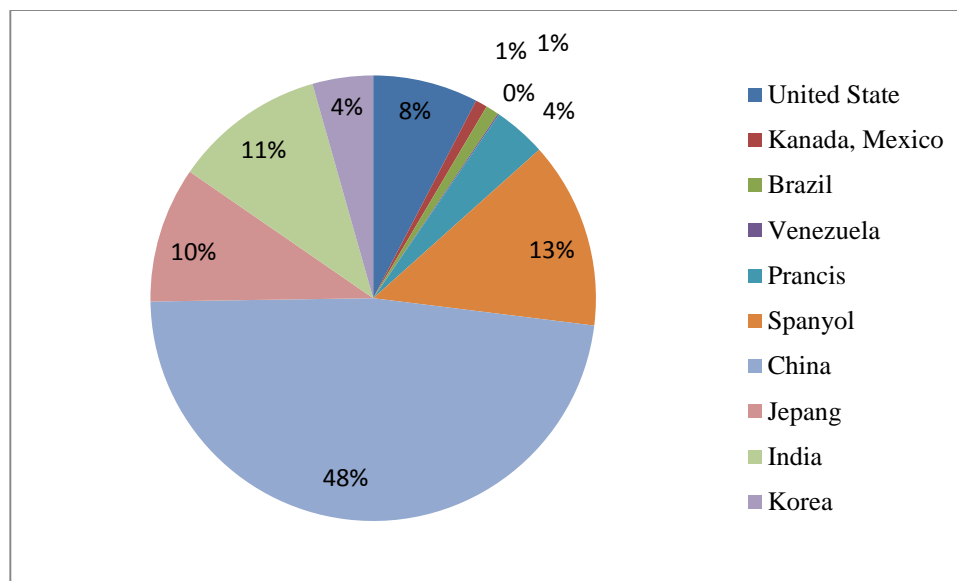
Tabel 1.1 Data Impor Asam Oksalat (BPS, 2009-2013)

Tahun	Jumlah (kg)
2009	1.183.856
2010	1.498.327
2011	1.321.355
2012	1.438.517
2013	1.469.626

Penawaran dan permintaan asam oksalat di pasar internasional pada tahun 1992, dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Penawaran dan Permintaan Asam Oksalat pada Tahun 1992 (Krik and Othmer, 1985)

Negara	Produksi (ton)		Konsumsi (ton)	Ekspor (ton)	Impor (ton)
	Kapasitas	Produksi			
United State	0	0	8000	0	8000
Kanada, Mexico	0	0	900	0	900
Brazil	7000	2600	1000	1600	0
Venezuela	0	0	100	0	100
Prancis	8000	5000	4000	1000	0
Spanyol	14000	12200	14200	4700	6700
China	100000	60000	50000	10000	0
Jepang	18000	8600	10300	800	2500
India	20000	13000	11500	3000	1500
Korea	12000	3700	4600	2600	3500
Total	179000	105100	104600	23700	23200



Gambar 1.1 Konsumsi Asam Oksalat di Dunia pada Tahun 1992

Tabel 1.3 Kapasitas Produksi Industri Asam Oksalat yang Ada

Proses	Company	Lokasi	Kapasitas(ton/tahun)
<i>Sodium Formate</i>		China	100000
<i>Diakyl Oxalate</i>	UBE Industries	Japan	6000
<i>Propylene</i>	Rhône - Paulenc	France	65000
<i>Ethylene Glycol</i>	Mitsubishi Gas Chemical	Japan	12000
<i>Oxidation of Carbonhydrates</i>		Brazil, China, Taiwan, India, Korea, and Spain	±1800

(Krik and Othmer, 1994)

Dari hasil regresi data impor asam oksalat di peroleh persamaan :

$$Y = 51,17 X + 1227$$

Pada tahun 2020 diperkirakan kebutuhan asam oksalat sebesar :

$$Y = 51,7 (12) + 1227 = 1847,4 \text{ ton}$$

Sampai saat ini pabrik asam oksalat di Indonesia belum ada. Jika kebutuhan akan asam oksalat dicukupi dari impor saja, hal tersebut dapat memberatkan neraca ekonomi ekspor–impor Indonesia. Oleh karena itu, perlu didirikan pabrik asam oksalat di Indonesia.



Dilihat dari segi ekonomi pendirian pabrik asam oksalat dari molasses dengan asam nitrat sangat menguntungkan. Karena harga produk asam oksalat yang jauh lebih mahal dibandingkan harga bahan baku.

1.3. Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan letak geografis suatu pabrik sangat mempengaruhi terhadap kelangsungan operasi dan penduduk sekitar pabrik tersebut. Oleh sebab itu, sebelum mendirikan suatu pabrik perlu dilakukan suatu *survey* atau studi kelayakan untuk mempertimbangkan faktor–faktor penunjang untuk kelangsungan pabrik tersebut. Faktor–faktor tersebut antara lain :

- a) Penyediaan bahan baku
- b) Transportasi
- c) Penyediaan listrik dan bahan bakar
- d) Penyediaan air
- e) Tenaga kerja

Perancangan pabrik asam oksalat direncanakan di daerah Gresik, Jawa Timur, dengan mempertimbangkan hal–hal sebagai berikut :

- a) Persediaan bahan baku

Bahan baku merupakan faktor penting dalam kelangsungan operasi suatu pabrik. Jika lokasi yang dipilih mendekati dengan sumber bahan baku, maka akan mengurangi biaya transportasi. Bahan baku *molasses* (tetes tebu) di peroleh PG. Pesantren Baru, PG. Ngadirejo, PG. Meritjan, dan PG. Modjopanggon. Sedangkan untuk asam nitrat diperoleh dari PT. Multi Nitrotama Kimia, Cikampek.

- b) Transportasi

Sarana transportasi yang baik dibutuhkan sebagai penunjang untuk menyediakan bahan baku maupun pemasaran produk.



c) Penyediaan listrik dan bahan bakar

Penyediaan listrik dan bahan bakar di Gresik sudah mencukupi. Sehingga kebutuhan listrik dan bahan bakar tidak menjadi masalah.

d) Penyediaan air

Jawa Timur merupakan salah satu provinsi yang memiliki daerah kawasan industri yang telah ditetapkan oleh pemerintah, sehingga faktor ketersediaan air telah dipertimbangkan pada penetapan kawasan tersebut sebagai kawasan industri.

e) Tenaga kerja

Tenaga kerja banyak terdapat di Pulau Jawa. Sehingga dengan didirikannya pabrik asam oksalat ini akan mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia.

1.4. Tinjauan Pustaka

Asam oksalat merupakan salah satu golongan dari asam dikarboksilat yang paling sederhana. Asam oksalat mempunyai rumus molekul $C_2H_2O_4$, tidak berbau, hidrokopis, berwarna putih, dan mempunyai berat molekul 90,04 gr/mol. Secara komersial, asam oksalat dikenal dalam bentuk bubuk yang mempunyai rumus molekul $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ dan berat molekulnya 126,07 gr/mol. Asam oksalat mempunyai dua bentuk, yaitu *polymorphic the rombic* atau bentuk alfa dan *the monolic* atau bentuk beta. Bentuk *monolic* (beta) merupakan asam oksalat yang tersedia di pasaran yang terdiri dari 42–71% *anhydrous* asam oksalat dan 28,58% air, dan berwarna putih (Krik and Othmer, 1994).

Asam oksalat kering dibungkus dalam bungkus polietilen, tas multi dinding, dan tong berserat. Hal ini dilakukan agar terbungkus dalam keadaan dingin, tempat dingin pada 50–70% RH (*relative humidity*) untuk mencegah terjadinya *cracking*.

Asam oksalat dihidrat larut dalam air dan beberapa pelarut organik lainnya seperti etil eter anhidrat, sangat larut dalam alkohol dan tidak larut dalam



benzena, khloroform, dan petroleum eter. Sedangkan titik lebur asam oksalat berkisar antara 101–102°C dalam bentuk kristal. Kelarutan asam oksalat dalam air meningkat seiring dengan meningkatnya suhu.

1.4.1. Macam-Macam Proses

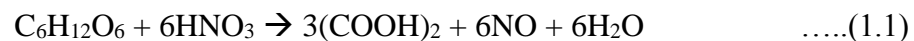
Asam oksalat pertama kali disintesis oleh Scheele pada tahun 1776 yaitu dengan cara mengoksidasi gula dengan asam nitrat. Ada empat (4) proses yang telah dikembangkan untuk memproduksi asam oksalat secara komersial. Proses–proses tersebut adalah peleburan logam alkali pada selulosa, oksidasi karbohidrat dengan asam nitrat, fermentasi, dan sintesis sodium format. Dari keempat proses tersebut, proses oksidasi karbohidrat merupakan proses yang paling sering digunakan karena dinilai paling ekonomis.

a. Peleburan Selulosa dengan Alkali

Pada proses ini selulosa yang terkandung dalam bahan baku berserat dileburkan dengan NaOH dengan perbandingan mol 1 : 3 pada suhu 200°C. bahan baku yang digunakan pada proses ini yaitu bahan bangunan buangan yang mengandung selulosa, contohnya serbuk gergaji, tongkol jagung, dan sebagainya. *Yield* yang dihasilkan pada proses ini adalah 42% dan asam oksalat yang dihasilkan mempunyai kemurnian 99%.

b. Oksidasi karbohidrat dengan asam nitrat

Dalam proses ini glukosa yang diperoleh melalui proses hidrolisis pati atau *starch* yang kemudian direaksikan dengan asam nitrat. Reaksinya :



Asam oksalat yang dihasilkan mempunyai kemurnian 99% dan *yield* yang dihasilkan pada proses oksidasi karbohidrat dengan asam nitrat adalah 60–70%.

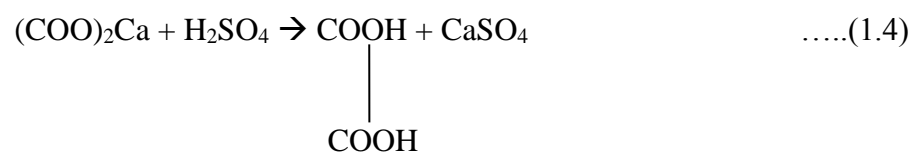
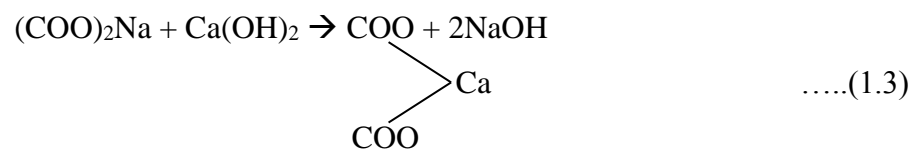


c. Fermentasi

Produksi asam oksalat melalui proses fermentasi pertama kali ditemukan oleh Currie pada tahun 1917 yang menyatakan sejumlah *Aspergillus niger* memiliki kemampuan untuk memproduksi asam oksalat. Pada proses ini bahan baku yang digunakan diencerkan terlebih dahulu, lalu disterilisasikan kemudian difermentasi. Asam oksalat dalam hal ini merupakan produk samping, sehingga asam oksalat yang dihasilkan sangat sedikit.

d. Sintesa sodium format

Pada proses ini reaksi yang terjadi yaitu :



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



1.4.2. Kegunaan Produk

Berikut ini merupakan kegunaan dari asam oksalat dalam dunia industri, antara lain :

a. *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.

b. *Textile treatment*

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

c. *Oxalate coating*

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

d. *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.

e. *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.

f. *Dyeing*

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

g. *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.

1.4.3. Sifat Fisika dan Sifat Kimia

Bahan Baku

a. Molasses

Sifat-sifat fisis	:	
Bentuk	:	cair
Warna	:	kuning kecoklatan
pH	:	5.5
Viskositas	:	34,07 cP
Densitas	:	1,4 g/cc
<i>Spesifik gravity</i>	:	1,28646
Komposisi	:	- C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ : 53,77%
		- H ₂ O : 10,95%
		- Ca(OH) ₂ : 0,89%



- Impuritas : 34,39%

Sifat – sifat kimia :

Molasses (tetes tebu) adalah *juice beat* atau bahan lain yang mengandung sukrosa penghambat kristalisasi yang terkumpul dalam sirup residua tau cairan induk pada ekstraksi sukrosa dari jus gula tebu. Komposisi molasses sangat bervariasi tergantung pada jenis tebu, sifat tanah, iklim, dan proses.

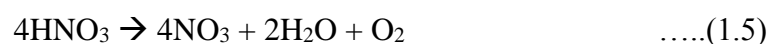
b. Asam Nitrat

Sifat–sifat fisis :

Berat molekul	: 63,013 kg/kgmol
Bentuk	: cair
Rumus molekul	: HNO ₃
Kenampakan	: cair tidak berwarna
Kadar	: 65%
Spesifik gravity	: 1.0502
Titik didih	: 86°C
Titik lebur/leleh	: -42°C
Tekanan kritis	: 82 atm
Panas pembentukan (25°C)	: -17,10 kJ/mol
Panas penguapan (25°C)	: 39,04 kJ/mol
Entropy (25°C)	: 155,60 J/(mol.K)
Energi bebas pembentukan	: -80,71 kJ/mol

Sifat – sifat kimia :

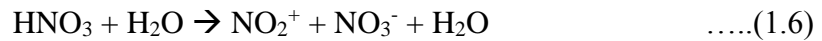
1. Asam nitrat tidak stabil terhadap panas dan cahaya matahari, dapat terurai seperti reaksi berikut :



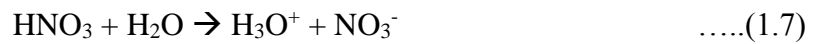


Laruran asam nitrat pekat berwarna kuning pekat yang berasal dari NO_2 terlarut. Untuk mengurangi penguraian, maka asam nitrat disimpan dalam botol berwarna gelap.

2. Didalam larutan pekatnya, asam nitrat mengalami ionisasi :



3. Asam nitrat dalam larutan asamnya merupakan asam kuat. Hal ini disebabkan karena atom N mengandung unsur positif yang besar, sehingga elektron OH tertarik kuat, akibatnya atom H menjadi mudah lepas.



4. Asam nitrat mempunyai bilangan oksidasi nitrogen +5 yang bertindak sebagai oksidator kuat.

Reaksinya :



Mengoksidasi untuk semua senyawa yang mempunyai potensial kurang dari +0.93V sebagai contoh tembaga dan perak (+0,03337 V dan 0.799 V).

Katalis

Asam sulfat (H_2SO_4)

Rumus molekul	: H_2SO_4
Berat molekul	: 98,02 kg/kmol
Sifat dan kenampakan	: korosif, cairan
Titik didih normal	: 167°C
Kemurnian	: 98%
Titik beku	: -83,9°C
Spesifik gravity	: 1,165 ρ/ρ_{ref}



Produk

Asam Oksalat Dihidrat

Rumus molekul	: $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$
Berat molekul	: 126,07 kg/kmol
Kenampakan	: Kristal putih halus
Kadar	: 99%
Densitas	: 1,653 g/ml
Indek bias <i>relative</i> n_4^{20}	: 1,457
Panas pembakaran, ΔH_f (18°C)	: -1442 kJ/mol
Titik lebur	: 101-102°C

1.5. Tinjauan Proses Secara Umum

Konsentrasi larutan glukosa yang digunakan antara 55-56% berat dimasukkan ke dalam reaktor. Asam nitrat 90% ditambahkan secara perlahan dan dijaga suhunya $\pm 71^\circ C$ reaksinya eksoterm, sehingga perlu didinginkan. Asam oksalat yang dihasilkan dan sudah didinginkan kemudian dipisahkan dari campurannya menggunakan *centrifuge*, lalu dikeringkan dalam *dryer* sehingga diperoleh asam oksalat dihidrat dengan kemurnian $\pm 99\%$. Reaksi yang terjadi yaitu :

