



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 dihidrat.

Asam oksalat dihidrat merupakan jenis asam oksalat yang dijual di pasaran yang mempunyai rumus bangun $C_2H_4O_2 \cdot 2H_2O$ dengan berat molekul 126,07 kg/kmol dan *melting point* 101,5°C, bersifat tidak bau dan dapat kehilangan molekul air bila dipanaskan sampai suhu 100°C (Kirk & Othmer, 1994).

Sintesis asam oksalat dihidrat pertama kali dilakukan oleh Scheele pada tahun 1776 yaitu dengan mengoksidasi gula dengan asam nitrat, sedangkan untuk sekarang ini asam oksalat dihidrat 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 dihidrat di Indonesia perlu direalisasikan mengingat dengan pendirian asam oksalat dihidrat :

- a) Keberadaan industri asam oksalat dihidrat akan mengurangi kebutuhan impor yang setiap tahun semakin meningkat.
- b) Keberadaan industri asam oksalat dihidrat 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 dihidrat akan menciptakan lapangan kerja dalam rangka turut mengurangi pengangguran.

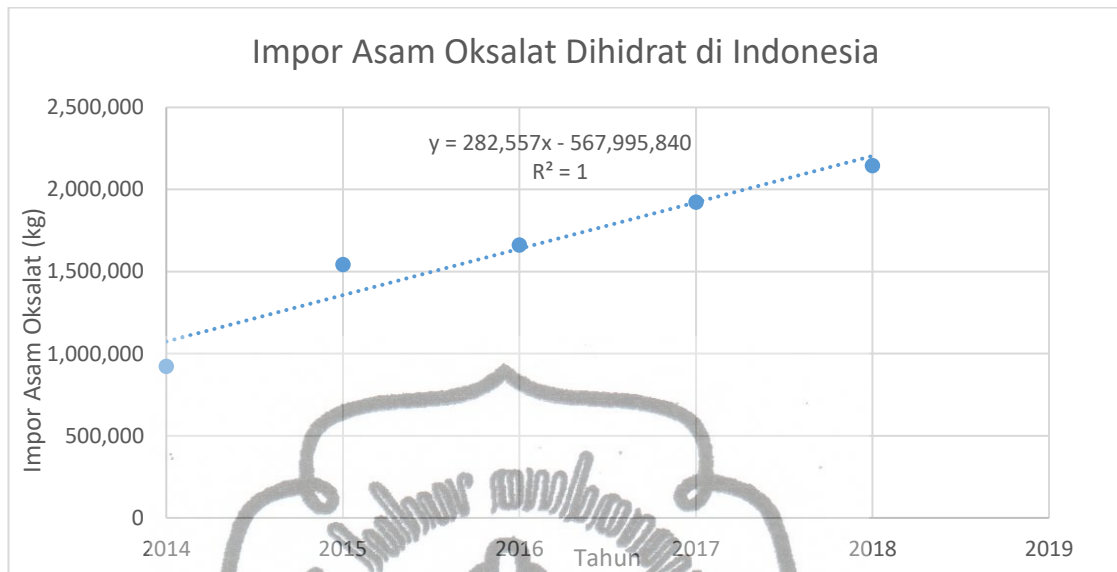
1.2. Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik

Kebutuhan asam oksalat dihidrat di Indonesia setiap tahun mengalami kenaikan. Kenaikan tersebut dapat dilihat dari peningkatan kebutuhan dalam negeri tiap tahunnya dapat diketahui kebutuhan asam oksalat dihidrat dari tahun 2014 sampai tahun 2018 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Impor Asam Oksalat Dihidrat di Indonesia (www.bps.go.id)

Tahun	Jumlah (ton)
2014	921,9
2015	1.543,6
2016	1.661,9
2017	1.922,6
2018	2.145,2

Dari data impor asam oksalat dihidrat (Tabel 1.1), kemudian dilakukan regresi linier untuk mendapatkan tren kenaikan impor asam oksalat dihidrat di Indonesia. Regresi linier untuk data impor ditunjukkan dalam gambar 1.1



Gambar 1.1 Data Impor Asam Oksalat Dihidrat di Indonesia

Dari regresi linier terhadap data impor asam oksalat dihidrat didapatkan persamaan $y = 282.557x - 567.995.840$. Pabrik asam oksalat dihidrat direncanakan dibangun pada tahun 2024. Jadi untuk tahun 2024 diperkirakan di Indonesia membutuhkan asam oksalat dihidrat sebesar $\pm 5.713,33$ ton.

Tabel 1.2 Produksi Industri Asam Oksalat Dihidrat yang Ada (Krik and Othmer, 1994)

Company	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
UBE Industries	Japan	6000
Rhône - Paulenc	France	65000
Mitsubishi Gas Chemical	Japan	12000

Sampai saat ini pabrik asam oksalat dihidrat 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 dihidrat di Indonesia.

Dilihat dari segi ekonomi pendirian pabrik asam oksalat dihidrat dari glukosa dengan asam nitrat sangat menguntungkan. Maka direncanakan untuk didirikan di Indonesia pabrik asam oksalat dihidrat dari glukosa dan asam nitrat



dengan kapasitas 18.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan asam oksalat dihidrat di dalam negeri dan juga produk akan diekspor ke negara lain.

Tabel 1.3 Data Impor Asam Oksalat Dihidrat Beberapa Negara Tetangga Indonesia (www.data.un.org)

Negara	Tahun	Jumlah (ton)
Malaysia	2018	9.329,788
Myanmar	2018	1,154
Filipina	2018	2.431,843
Thailand	2018	1.709,976

1.3. Tinjauan Pustaka

Reaksi pembentukan asam oksalat dihidrat, dibantu dengan katalis V_2O_5 menggunakan reaktor alir tangka berpengaduk (RATB). Reaksi berlangsung pada fase cair-cair, *reversible*, eksotermis, dan bersifat isothermal pada suhu 71°C dan tekanan 1,013 bar.

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 $101\text{--}102^\circ\text{C}$ dalam bentuk kristal. Kelarutan asam oksalat dihidrat dalam air meningkat seiring dengan meningkatnya suhu.

1.3.1. Macam-Macam Proses Pembuatan Asam Oksalat

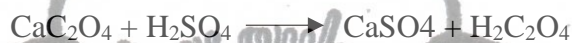
Asam oksalat dihidrat pertama kali disintesis oleh Scheele pada tahun 1776 yaitu dengan cara mengoksidasi gula dengan asam nitrat. Ada empat (4) proses yang telah dikembangkan untuk memproduksi asam oksalat dihidrat secara komersial. Proses-proses tersebut adalah peleburan logam alkali pada selulosa, 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%. Reaksinya :

Selulosa + NaOH \rightarrow Na₂C₂O₄ + zat lain



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



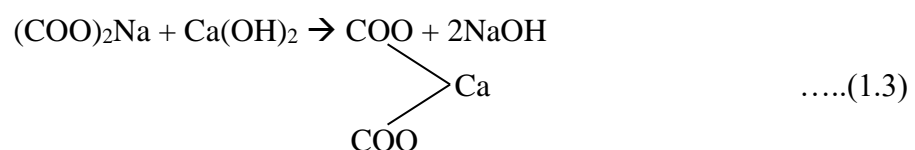
Asam oksalat yang dihasilkan mempunyai kemurnian 99% dan *yield* yang dihasilkan pada proses oksidasi karbohidrat dengan asam nitrat adalah 60–70%.

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.

Dari keempat proses diatas dipilih proses oksidasi karbohidrat dengan asam nitrat dengan berbagai pertimbangan sebagai berikut :

- Asam oksalat dihidrat yang dihasilkan memiliki kemurnian tinggi yaitu $\pm 99\%$
- Yield* yang dihasilkan yaitu sebesar 60-70%

1.3.2. Kegunaan Produk

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

a. *Metal treatment*

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



c. *Oxalate coating*

Pelapisan oksalat telah digunakan secara umum, karena asam oksalat dihidrat 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 dihidrat.

d. *Anodizing*

Proses pengembangan asam oksalat dihidrat 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 dihidrat lebih mahal apabila dibandingkan dengan proses asam sulfat.

e. *Metal cleaning*

Asam oksalat dihidrat 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 dihidrat dan garamnya juga digunakan untuk pewarnaan wol. Asam oksalat dihidrat 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 dihidrat dan dihidrolisis untuk menghasilkan *millet jelly*. Asam oksalat dihidrat berfungsi sebagai katalis pada proses hidrolisis, dan menghilangkan kalsium oksalat. Aplikasi ini diterapkan di Jepang.

1.3.3. Sifat Fisika dan Sifat Kimia

Bahan Baku

a. Glukosa

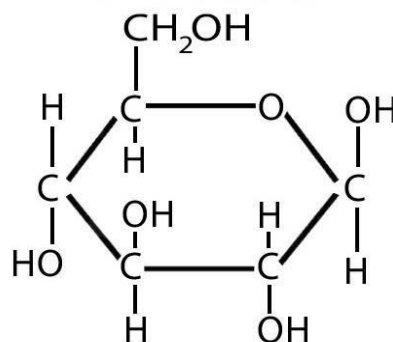
Sifat-sifat fisis:

Rumus molekul	: $C_6H_{12}O_6$
Berat molekul	: 180,16 g/mol
Densitas	: 1,54 g/cm ³
<i>Specific gravity</i>	: 1,28646
Kadar	: 90%

Sifat – sifat kimia :

Glukosa lebih mudah larut dalam air daripada sukrosa, selain itu glukosa juga larut dalam etanol dan ester.

(Chen and Chou, 1993)



Gambar 1.2 Struktur Molekul Glukosa

b. Asam Nitrat

Sifat-sifat fisis:

Berat molekul	: 63,013 kg/kgmol
---------------	-------------------



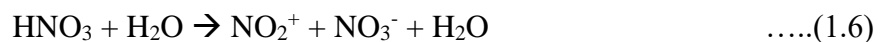
Bentuk	: Cair
Rumus molekul	: HNO ₃
Kenampakan	: Cair tidak berwarna
Kadar	: 65%
<i>Spesific gravity</i>	: 1,0502
Titik didih	: 86°C
Titik lebur/leleh	: -42°C
Tekanan kritis	: 83,086 bar
Panas pembentukan (25°C)	: -17,10 kJ/mol
Panas penguapan (25°C)	: 39,04 kJ/mol
Entropy (25°C)	: 155,60 J/(mol.K)
Energi bebas pembentukan	: -80,71 kJ/mol
Sifat – sifat kimia	:

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



Larutan asam nitrat pekat berwarna kuning pekat yang berasal dari NO₂ 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.



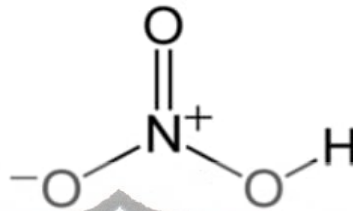
4. Asam nitrat mempunyai bilangan oksidasi nitrogen +5 yang bertindak sebagai oksidator kuat.

Reaksinya :





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



Gambar 1.3 Struktur Molekul Asam Nitrat

Katalis

a. Vanadium Pentoksida (V_2O_5)

Sifat - sifat fisis :

Wujud : Serbuk, tidak berbau

Berat Molekul : 181,9 g/mol

Warna : Kuning-oranye

Titik didih : 1750 °C

Titik lebur : 690 °C

Specific gravity : 3,357

Sifat - sifat Kimia:

Merupakan senyawa yang stabil reaktif terhadap asam dan alkali tidak korosif.

(Tianpeng manganese industry co., Ltd)

Produk

a. Asam Oksalat Dihidrat

Sifat – sifat fisis:

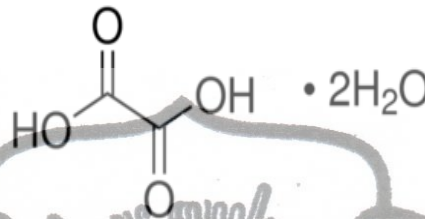
Rumus molekul : $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$

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



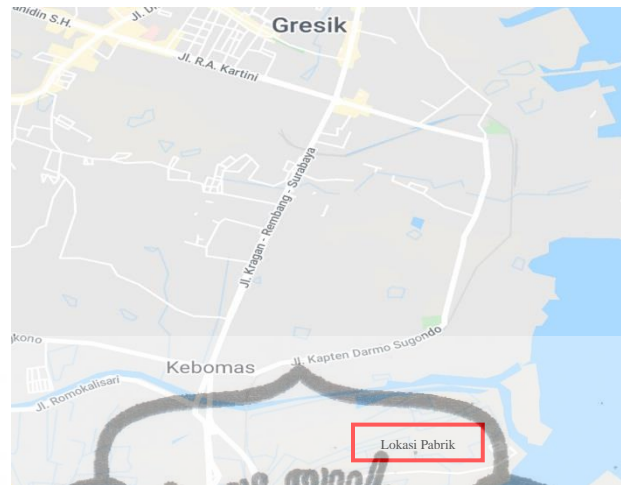
Gambar 1.4 Struktur Molekul Asam Oksalat Dihidrat

1.4. 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

Dengan pertimbangan-pertimbangan hal tersebut di atas maka lokasi pabrik direncanakan didirikan di Gresik, Jawa Timur.



Gambar 1.5 Pemilihan Lokasi Pabrik

Alasan pemilihan lokasi tersebut antara lain:

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 glukosa diperoleh dari PG. Pesantren Baru (Kediri), PG. Ngadirejo (Kediri), PG. Meritjan (Kediri), dan PG. Modjopanggon (Tulungagung), 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

Kebutuhan air untuk sarana proses aktivitas pabrik di dapatkan dari sungai Kali Lamong yang sangat berdekatan dengan lokasi pabrik

e) Tenaga kerja



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

1.5 Tinjauan Proses Secara Umum

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

