



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Asam nitrat merupakan cairan tidak berwarna pada temperatur kamar dan tekanan atmosfer. Asam nitrat disebut juga *aqua fortis* dan *azotic acid*. Asam nitrat mempunyai rumus kimia HNO_3 dan merupakan asam yang kuat. Asam nitrat dapat digunakan sebagai pengoksidasi yang kuat. Secara rinci asam nitrat dapat digunakan sebagai : *nitrating agent*, *oxidazing agent*, pelarut, katalis dan *hydrolizing agent*.

Pada awalnya pembuatan asam nitrat dilakukan oleh orang-orang Arab pada abad IX dengan cara distilasi dari campuran *cyprus vitriol*, *salipeter*, dan alum dengan menghasilkan cairan yang kemudian disebut *aqua fords*. Pada tahun 1798, Milner memaparkan oksidasi ammonia uap dengan kelebihan mangan dioksida dengan hasil nitrogen oksida dan asam. Pada tahun 1824, Henry menghasilkan ammonia dari reaksi langsung oksigen dengan temperatur tinggi. Pada tahun 1784 Cavendish membuat asam dengan cara percikan elektrik dan kelembaban udara. Pada tahun 1816 Gay-Lussac dan Berthollet menentukan komposisi asam.

Sampai tahun 1900 asam nitrat diproduksi secara komersil dari potasium nitrat dan kemudian diproduksi dari sodium nitrat yang direaksikan dengan asam sulfat dan diproduksi di Chile Amerika Selatan. Selanjutnya proses diganti pada tahun 1903 dengan operasi di Norway yang merupakan pabrik yang sukses pertama kali dengan produksi asam nitrat langsung dari nitrogen dan oksigen dengan *electric furnace*.

Dalam pelaksanaan industri, asam nitrat digunakan pada pabrik plastik, *syntetis fibre*, *nitroglycerine*, TNT, *cellulose*, nitrat dan beberapa bahan nitro organik lainnya. Secara umum asam nitrat digunakan dalam industri pupuk, kenyataannya kurang lebih 65% asam nitrat diproduksi dengan penambahan ammonia untuk menghasilkan amonium nitrat yang digunakan sebagai pupuk buatan.



Dari uraian di atas dapat diketahui bahwa kegunaan asam nitrat sangat banyak. Untuk menunjang produksi bahan-bahan kimia khususnya asam nitrat, perlu didirikan pabrik asam nitrat dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri akan asam nitrat yang semakin meningkat.
2. Beberapa aspek yang menyangkut bidang sosial dan ekonomi dalam pelaksanaan pendirian pabrik antara lain :
 - a. Dapat mengurangi ketergantungan bahan kimia dari luar negeri.
 - b. Dapat mengurangi devisa negara.
 - c. Dapat menyerap tenaga kerja baik pada waktu konstruksi maupun pada waktu pabrik beroperasi.

1.2. Kapasitas Perancangan

Penentuan kapasitas produksi asam nitrat didasarkan pada kebutuhan asam nitrat di Indonesia. Data ekspor -impor perdagangan asam nitrat dapat dilihat dalam Tabel 1.1 dan Tabel 1.2 :

Tabel 1.1. Data ekspor dan impor perdagangan asam nitrat di Indonesia

Tahun	(Ton/Tahun)		
	Impor	Ekspor	Kebutuhan
2000	9.118,968	94,949	9.024,019
2001	6.166,792	2,500	6.164,292
2002	5.430,591	0,035	5.430,556
2003	5.792,145	595,188	5.196,957
2004	338,842	216,515	122,327

(Sumber: Biro Pusat Statistik, Tahun 2000-2004)



Tabel 1.2. Data Kapasitas Pabrik Asam Nitrat di dunia

Produser	Kapasitas, ribu ton
Agrium US, Beatrice, Neb.	145
Air Products, Pace, Fla.	200
Air Products, Pasadena, Tex.	110
ANGUS Chemical, Sterlington, La.	65
Apache Nitrogen Products, Benson, Ariz.	140
Arco Chemical, Lake Charles, La.	155
Vicksburg Chemical, Vicksburg, Miss.	75
CF Industries, Donaldsonville, La.	680
Coastal Chem, Battle Mountain, Nev.	250
Coastal Chem, St. Helens, Ore.	20
DuPont, Beaumont, Tex.	95
DuPont, Orange, Tex.	170
DuPont, Victoria, Tex.	300
Dyno Nobel, Donora, Pa.	115
Dyno Nobel, Louisiana, Mo.	270
El Dorado Nitrogen, El Dorado, Ark.	425
El Dorado Nitrogen, Baytown, Tex.	445
Farmland Industries, Beatrice, Neb.	55
Farmland Industries, Dodge City, Kan.	70
Farmland Industries, Enid, Okla.	40
Farmland Industries, Fort Dodge, Iowa	165
First Chemical, Pascagoula, Miss.	75
Hercules Incorporated, Parlin, N.J.	80
LSB Industries, Cherokee, Ala.	270
LSB Industries, Crystal City, Mo.	180
LaRoche Industries, Orem, Utah	80
LaRoche Industries, Seneca, Ill.	160
Mississippi Chemical, Yazoo City, Miss.	955
Mobay, Baytown, Tex.	45
Mobay, New Martinsville, W. Va.	90
Nitram, Tampa, Fla.	220
Nitrochem, Newell, Pa.	75
Orica, Joplin, Mo.	160
PCS Nitrogen Fertilizer, Geismar, La.	825
PCS Nitrogen Fertilizer, Lima, Ohio	105
PCS Nitrogen Fertilizer, Wilmington, N.C.	160
Royster-Clark, Cincinnati, Ohio	85
Royster-Clark, East Dubuque, Ill.	110
J.R. Simplot, Helm, Calif.	80
J.R. Simplot, Pocatello, Idaho	20
Solutia, Pensacola, Fla.	365
Terra International, Port Neal, Iowa	255
Terra International, Verdigris, Okla.	630
Terra International, Woodward, Okla.	90
TradeMark Nitrogen, Tampa, Fla.	35
Unocal, Kennewick, Wash.	285
Unocal, West Sacramento, Calif.	70

(Sumber : www.the-innovation-group.com)



Dari Tabel 1.1 dapat diketahui kebutuhan asam nitrat dalam negeri cukup banyak. Dilihat dari kebutuhan dan pabrik yang telah berdiri maka dirancang kapasitas pabrik sebesar 40.000 ton/tahun, dengan pertimbangan antara lain:

1. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri yang cukup tinggi
2. Dapat membuka kesempatan berdirinya industri-industri lainnya yang menggunakan asam nitrat sebagai bahan baku.

1.3. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor yang terpenting dari keberhasilan dan kelanggengan pabrik tersebut. Pada penentuan lokasi pabrik harus diusahakan agar biaya transportasi serta upah buruh mempunyai nilai sekecil mungkin. Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan lokasi pabrik, yaitu :

1. Penyediaan bahan baku

Dengan menempatkan lokasi pabrik di dekat sumber bahan baku, sehingga memudahkan mendapatkan bahan baku untuk menuju lokasi pabrik dan memperkecil biaya peralatan transportasi. Pabrik asam nitrat ini akan didirikan di Gresik Jawa Timur, karena dekat dengan sumber bahan baku ammonia. Bahan baku ammonia diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dan udara diambil dari lingkungan.

2. Daerah Pemasaran

Lokasi pabrik harus dekat dengan daerah pemasaran atau dekat dengan konsumen produk yang dihasilkan sehingga memudahkan dalam hal pemasaran produk. Asam nitrat merupakan bahan baku industri pupuk buatan, *syntetic fibre*, plastik, dan lain-lain. Dengan berdirinya pabrik asam nitrat di Gresik Jawa Timur diharapkan kebutuhan asam nitrat bisa tercukupi, juga membuka kesempatan berdirinya industri-industri yang menggunakan asam nitrat sebagai bahan baku.



3. Tenaga Kerja

Tenaga kerja sebagian besar dapat diambil dari penduduk sekitar karena lokasi yang berdekatan dengan pemukiman, sehingga selain memenuhi kebutuhan tenaga kerja juga membantu meningkatkan taraf hidup penduduk sekitar pabrik.

4. Penyediaan air

Proses sebuah pabrik memerlukan air yang cukup besar yaitu untuk air pendingin, air proses serta untuk kebutuhan sehari-hari bagi karyawannya dan masyarakat sekitar pabrik. Oleh sebab itu lokasi pabrik harus berada di daerah sumber air yang kapasitasnya relatif konstan, penyediaan air diambil dari sungai Bengawan Solo.

5. Sarana transportasi

Lokasi pabrik berada di Gresik dekat jalan yang menghubungkan kota-kota besar seperti Surabaya, Surakarta, dan Semarang. Selain itu lokasi pabrik juga dekat pelabuhan Gresik dan Tanjung Perak Surabaya, sehingga memudahkan pengangkutan produk dan bahan pendukung lainnya.

6. Tenaga listrik dan bahan bakar

Tenaga listrik keperluan pabrik dibangkitkan sendiri dan keperluan bahan bakar dapat dibeli dari depot Pertamina terdekat.

7. Area tanah

Daerah Gresik merupakan daerah industri, dari berskala kecil sampai skala besar.

1.4. Tinjauan Pustaka

Asam nitrat merupakan asam yang kuat, mudah bereaksi dengan alkali, oksida dengan membentuk garam. Asam nitrat mempunyai rumus kimia HNO_3 . Asam nitrat sangat sulit dibuat cairan murni karena kecenderungannya terdekomposisi menjadi nitrogen oksida.

Asam nitrat merupakan oksida yang kuat terhadap bahan organik seperti terpentin dan *charcoal*, alkohol juga sangat bereaksi terhadap asam



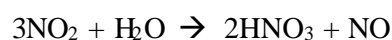
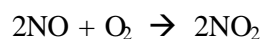
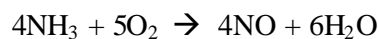
nitrat. *Furfuryl alcohol*, anilin dan bahan organik dengan asam nitrat digunakan dalam bahan bakar roket. Sebagian besar baja kecuali platinum dan emas dapat dirusak oleh asam nitrat, sebagian diubah menjadi oksida seperti *arsenic* dan *antimony* tetapi sebagian besar yang lain diubah menjadi nitrat.

Asam nitrat sebagai *oxidizing agent* tergantung pada nitrogen oksida bebas. Asam nitrat murni tidak merusak tembaga. Produk asam nitrat bervariasi konsentrasi asamnya dan kekuatan reduksinya. Cairan asam nitrat cenderung memberikan nitrogen oksida dan asam yang dihasilkan kaya akan nitrogen dioksida. Reaksi asam cair dengan *reducing agent* yang kuat seperti *metallic*, *zinc*, dihasilkan dengan mencampurkan ammonia dan hidroksilamin.

Asam nitrat mempunyai dua macam hidrat yang dikristalkan dari larutan asam nitrat. Kedua hidrat tersebut adalah monohidrat yang mempunyai rumus kimia $\text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dengan konsentrasi 77,77% berat dan mempunyai titik didih $37,62^\circ\text{C}$. Sedangkan trihidrat mempunyai rumus kimia $\text{HNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dengan konsentrasi 53,83% berat dan mempunyai titik didih $18,47\%$.

Kebanyakan asam nitrat diproduksi secara komersial dengan konsentrasi produk 60% -65% melalui proses oksidasi dengan bahan baku ammonia. Selain itu asam nitrat dapat diproduksi dengan konsentrasi 96% dengan proses *retort* dengan bahan baku natrium nitrat dan asam sulfat dimana dihasilkan asam nitrat dan natrium bisulfat.

Asam nitrat dengan proses oksidasi dibuat dari ammonia dan udara dengan suhu operasi 750°C . Asam nitrat yang dibuat dengan proses oksidasi berdasarkan reaksi sebagai berikut :



Asam nitrat yang dihasilkan dapat digunakan dalam industri plastik, nitro organik dan pupuk buatan



1.4.1. Pemilihan Proses

Macam-macam proses pembuatan asam nitrat antara lain :

a. Proses oksidasi

Pada proses ini udara dikompresi menjadi 100 psi atau sekitar 6 atm yang sebelumnya disaring dengan menggunakan filter. Ammonia diuapkan dengan evaporator dan dipisahkan dengan separator yang selanjutnya dicampur dengan udara yang sudah dikompresi. Sebelum masuk reaktor, udara dan ammonia dipanaskan terlebih dahulu dengan menggunakan *furnace* agar dicapai suhu yang diinginkan. Di dalam reaktor terjadi proses oksida antara ammonia dan udara dengan reaksi sebagai berikut :

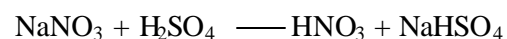


Campuran udara dan ammonia dimasukkan kedalam reaktor yang berisi katalisator platina 2-10% dari reaktor dihasilkan nitrogen oksida (NO), kemudian direaksikan dengan oksigen supaya terbentuk asam nitrat yang konsentrasinya 60-65%. Produk keluar reaktor berupa gas NO_2 selanjutnya diumpankan menuju absorber yang berfungsi untuk mereaksikan gas NO_2 dengan air sehingga akan terbentuk asam nitrat. Produk bawah berupa asam nitrat akan dialirkan menuju tangki. Sedang sisa reaksi berupa gas akan dikeluarkan lewat atas absorber.

b. Proses *retort*

Proses *retort* menggunakan bahan baku natrium nitrat (96%) dan asam sulfat (93%). Di dalam reaktor terjadi reaksi eksotermis antara natrium nitrat dan asam sulfat.

Reaksi yang terjadi :





Suhu operasi antara 150-200°C selama 12 jam. Selama waktu proses asam nitrat mengalami dekomposisi karena panas reaksi yang terjadi maka untuk mengurangi dekomposisi suhu reaktor harus dijaga. Asam nitrat menguap pada suhu 110-130°C, kemudian dilewatkan *condensor partial*. Hasil gas dan embunan dipisahkan dengan separator, cairan asam nitrat hasil konsentrasinya 96-99%.

Gas yang tidak terembunkan berkisar antara 10-12% dari asam nitrat keluar reaktor. Gas yang tidak terembunkan diserap oleh air dalam absorber. Hasil cairan absorber menghasilkan asam nitrat dengan kadar 60-70 %. Hasil samping reaktor berupa campuran NaHSO₄ dan zat yang tidak bereaksi disebut *niter cake*. *Niter cake* dapat digunakan pada industri baja dan juga dapat sebagai bahan baku asam klorida bila direaksikan dengan garam natrium klorida.

Dari uraian proses pembuatan asam nitrat diatas, proses yang dipilih adalah proses oksidasi dengan pertimbangan antara lain:

1. Asam nitrat yang dihasilkan mempunyai kadar yang tinggi yaitu 96% .
2. Proses sederhana dan alat yang digunakan simple jadi biaya alat lebih murah
3. Bahan Baku yang digunakan lebih murah dibandingkan dengan proses *retort*

1.4.2. Kegunaan Produk

Produk asam nitrat sebagian besar digunakan sebagai berikut :

- a. Sebagai *nitration agent*, *oxidizing agent*, pelarut, katalis dan *hydrolyzing agent*.
- b. Sebagai bahan baku industri pupuk buatan.
- c. Sebagai bahan baku industri *syntetic fibre* dan industri plastik.



1.4.3. Sifat Fisika dan Kimia

A. Bahan Baku

1. Ammonia

a. Sifat Fisika :

- Rumus molekul : NH_3
- Berat Molekul : 17,0305 g/mol
- Titik didih, 1 atm : 239,6 K
- Titik lebur, 1 atm : 195,3 K
- Tekanan kritis : 1657 psi
- Temperatur kritis : 406 K
- Energi bebas *Gibbs*, 25°C : -16401 kJ/mol
- Kapasitas panas, 25°C : 1,2867 kal/mol °C
- Kelarutan, 0°C : 89,9 g/100 g H_2O
- Kelarutan, 86°C : 7,4 g/100 g H_2O
- Densitas, 1 atm : 0,7708 g/ml
- Panas spesifik, 15°C : 1,310

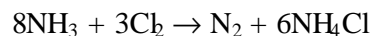
(Kirk and Othmer, 1991)

b. Sifat Kimia :

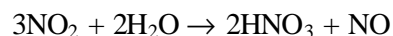
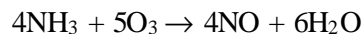
- Pada suhu tinggi bila dioksidasi dengan KMnO_4 menghasilkan nitrogen dan air :



- Demikian juga oksidasi oleh klorin :



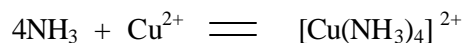
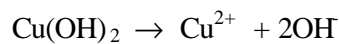
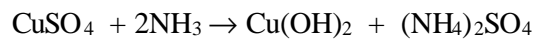
- Dengan katalis Pt-Rhodium dioksidasi menjadi nitrogen oksida dan air untuk menghasilkan asam nitrat :



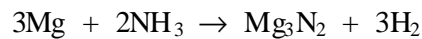


- Mengalami reaksi netralisasi terhadap asam, dan penting dalam bidang perdagangan, misalnya pupuk ammonium phospat, ammonium nitrat, dan ammonium sulfat yang kesemuanya terbuat dari ammonia.

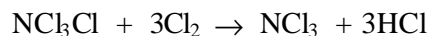
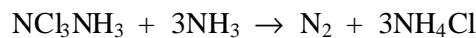
- Ammonia cair dan garamnya akan membentuk ion kompleks dalam larutan ammonia *excess* :



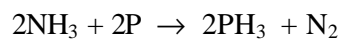
- Ammonia dengan logam aktif, seperti magnesium akan menghasilkan nitrid :



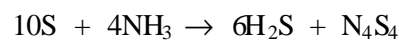
- Bereaksi dengan halogen :



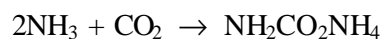
- Bereaksi dengan phosphorus akan menghasilkan nitrogen dan phospin :



- Sedangkan dengan sulfur *vapor* akan menghasilkan ammonium sulfida dan nitrogen. Sulfur juga bereaksi dengan ammonia anhidrit cair akan terbentuk nitrogen sulfida :



- Apabila bereaksi dengan karbondioksida akan membentuk ammonium karbonat yang kemudian akan terdekomposisi menjadi urea dan air :





2. Oksigen

a. Sifat-sifat Fisis :

- Titik didih ($^{\circ}\text{C}$) : -182,96
- Densitas pada 0°C , gr/L : 1,4289
- Viskositas pada 20°C , cP : 0,02064
- *Thermal conductivity* 0°C , W/mK : 2,448
- Temperatur kritis, $^{\circ}\text{C}$: -118,42
- Tekanan kritis, kPa : 50,14

(www.wikipedia.com)

b. Sifat-sifat Kimia

- Oksigen bereaksi dengan semua elemen lain kecuali He, Np dan Ar.
- Untuk elemen-elemen tertentu seperti logam alkali rubidium dan cesium energi aktivitas pada suhu kamar mencukupi dan reaksi berjalan spontan.
- Untuk beberapa material yang akan direaksikan dengan O_2 harus dipanaskan terlebih dahulu sampai suhu tertentu untuk pembakaran awal.
- Jika direaksikan dengan bahan bakar seperti *petroleum oil*, natural gas atau batubara akan dihasilkan panas CO_2 dan H_2O serta residu dari udara seperti N_2 , O_2 dan lain-lain.
- Pada suhu yang lebih rendah dengan adanya katalis O_2 bereaksi dengan kimia organik menghasilkan oksigenated hidrokarbon.



B. Hasil Utama

Asam nitrat

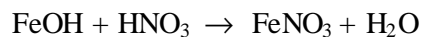
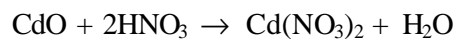
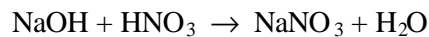
a. Sifat-sifat fisis:

- Rumus molekul : HNO_3
- Bentuk : Cair
- Titik beku : -42°C
- Titik didih : 83°C
- Panas Pembentukan : $-173,35 \text{ kJ/kmol}$
- Entropy : $155,71 \text{ kJ/kmol K}$
- Panas penguapan : $39,48 \text{ kJ / cm}^2$
- *Specific gravity* : 1,41

(www.wikipedia.org)

b. Sifat-sifat kimia:

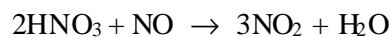
- Asam nitrat merupakan pengionisasi yang kuat, reaksi yang terjadi :



- Asam nitrat merupakan pengoksidasian yang kuat, reaksi yang terjadi :



- Asam nitrat sebagai *nitriding agent* reaksi yang terjadi :



- Asam nitrat tidak stabil terhadap panas dan bisa terurai sebagai berikut :



1.4.4. Katalis Platina-Rhodium

Menurut percobaan Ostwald, katalis yang digunakan untuk mengkonversi ammonia menjadi nitrogen oksida (NO) adalah Pt

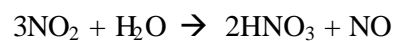
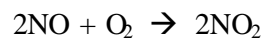
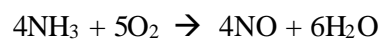


murni, namun secara komersil (industri) katalis yang dipakai adalah campuran platina dan rhodium. Campuran ini biasanya 4-10%. Untuk standar pabrik memakai Rh 10%. Dengan penambahan produk ini dapat meningkatkan konversi dan mengurangi katalis yang hilang pada temperatur oksida yang relatif tinggi, serta dapat memperpanjang umur katalis. Selama pembakaran logam akan diperkaya oleh rhodium, hal ini akan meningkatkan aktivitas katalis. Karena rhodium harganya lebih mahal dari pada platina, maka komposisi yang optimal 5-10% rhodium. Platina yang hilang saat reaksi berlangsung disebabkan oleh penguapan dan abrasi.

1.4.5. Tinjauan Proses

Reaksi pembentukan asam nitrat merupakan reaksi *irreversible* dimana gugus H yang dilepas diikat oleh natrium nitrat sehingga didapat produk asam nitrat dengan rumus molekul HNO_3

Asam nitrat secara komersial dapat dibuat dengan proses oksidasi dengan reaksi sebagai berikut :



Gas ammonia dan udara yang telah memenuhi syarat baik tekanan maupun suhunya dimasukkan dalam reaktor *fixed bed multitube* dengan katalis platinum-rhodium yang bekerja pada suhu sekitar 750°C dan tekanan 6 atm. Gas hasil reaksi dan sisa reaksi keluar reaktor diturunkan suhunya menggunakan WHB (*Waste Heat Boiller*) yang berfungsi untuk memproduksi *steam* dengan memanfaatkan panas keluar reaktor sebelum dimasukkan menuju absorber. Absorber berfungsi untuk menyerap dan mereaksikan NO_2 dengan menggunakan air menjadi asam nitrat.