

LAPORAN TUGAS PRARANCANGAN PABRIK

**PRARANCANGAN PABRIK
ASAM NITRAT DARI NATRIUM NITRAT
DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES DIFUSI
KAPASITAS 62.500 TON/TAHUN**



Oleh :

Ari Setyo Wibowo

D 500 040 004

Dosen Pembimbing :

Dr. Ir. Ahmad M Fuadi, MT

Ir. H. Haryanto AR,MS

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA**

2010



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Asam nitrat merupakan cairan yang tidak berwarna pada temperatur kamar dan tekanan atmosferis. 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*, *oxidizing agent*, pelarut, katalis dan *hydrolizing agent*.

Pada tahun 1784 Cavendish membuat asam dengan cara percikan elektrik dan kelembaban udara. 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 amoniak uap dengan kelebihan mangan dioksida dengan hasil nitrogen oksida dan asam. Sedangkan pada tahun 1816 Gay-Lussac dan Berthollet menentukan komposisi asam. Pada tahun 1824, Henry menghasilkan amoniak dari reaksi langsung oksigen dengan temperatur tinggi.

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*.

Di industri asam nitrat digunakan pada pabrik plastik, *syntetis fibre*, *nitroglycerine*, TNT, *cellulose*, nitrat, dan beberapa bahan nitro organik lainnya. Secara umum asam nitrat banyak digunakan dalam industri pupuk, kenyataannya kurang lebih 65% asam nitrat diproduksi dengan penambahan amoniak untuk menghasilkan amonium nitrat yang digunakan sebagai pupuk buatan. (Kirk dkk, 1983).



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 Pabrik

Kapasitas perancangan pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik. Pada dasarnya, semakin besar kapasitas produksi maka kemungkinan keuntungan juga akan semakin besar. Namun terdapat faktor-faktor lain yang harus dipertimbangkan dalam menentukan kapasitas pabrik produksi.

1.2. 1. Kebutuhan Asam Nitrat

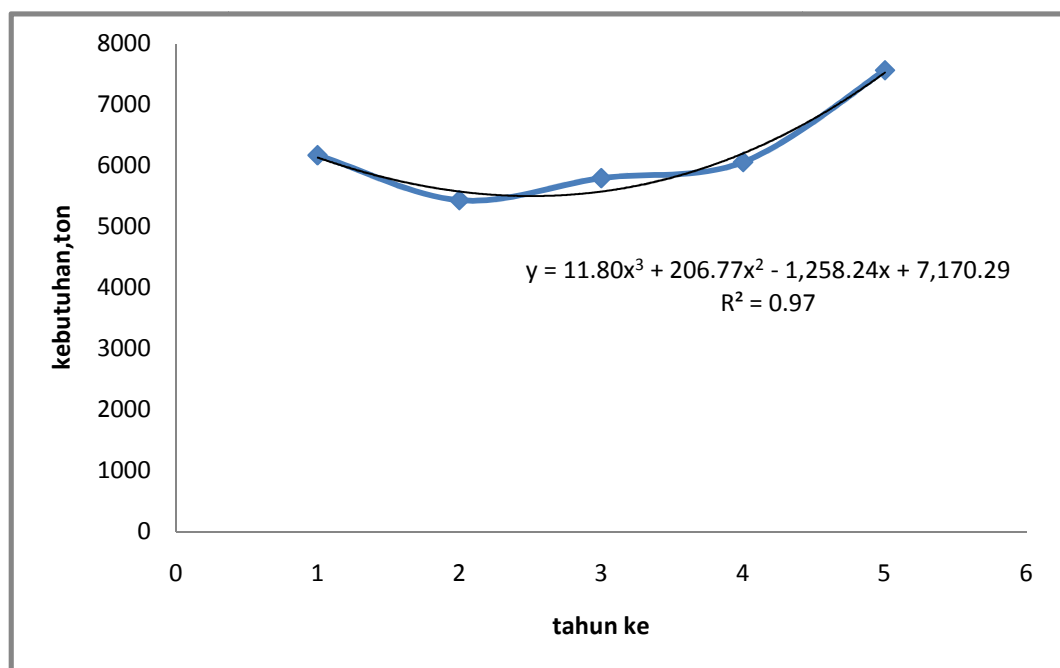
Penentuan kapasitas pabrik asam nitrat berorientasi pada kebutuhan asam nitrat di Indonesia. Data ekspor-impor perdagangan asam nitrat dapat dilihat dalam Tabel 1 dan Tabel 2. Tabel 1 menunjukkan kebutuhan asam nitrat tiap tahun untuk lebih jelasnya dapat dibuat dengan grafik seperti pada Grafik 1. Sedangkan pada Tabel 2 menunjukkan daftar kapasitas pabrik yang pernah ada di dunia.



Tabel 1. Data Impor Perdagangan Asam nitrat

No	Tahun	Kebutuhan, ton
1	2001	6166,792
2	2002	5430,591
3	2003	5792,145
4	2004	6056,141
5	2005	7559,481

(Sumber : Biro Pusat Statistik, Tahun 2001-2005)



Gambar 1. Grafik Hubungan antara Kebutuhan Asam nitrat dengan Tahun

Tabel 2. Data Kapasitas Pabrik Asam Nitrat

No.	Produsen	Kapasitas, ribu ton
1.	Agrium US, Beatrice, Neb.	145
2.	Air Products, Pace, Fla.	200
3.	Air Products, Pasadena, Tex.	110
4.	ANGUS Chemical, Sterlington, La.	65
5.	Apache Nitrogen Products, Benson, Ariz.	140
6.	Arco Chemical, Lake Charles, La.	155



No.	Produsen	Kapasitas, ribu ton
7.	Vicksburg Chemical, Vicksburg, Miss.	75
8.	CF Industries, Donaldsonville, La.	680
9.	Coastal Chem, Battle Mountain, Nev.	250
10.	Coastal Chem, St. Helens, Ore.	20
11.	DuPont, Beaumont, Tex.	95
12.	DuPont, Orange, Tex.	170
13.	DuPont, Victoria, Tex.	300
14.	Dyno Nobel, Donora, Pa.	115
15.	Dyno Nobel, Louisiana, Mo.	270
16.	El Dorado Nitrogen, El Dorado, Ark.	425
17.	El Dorado Nitrogen, Baytown, Tex.	445
18.	Farmland Industries, Beatrice, Neb.	55
19.	Farmland Industries, Dodge City, Kan.	70
20.	Farmland Industries, Enid, Okla.	40
21.	Farmland Industries, Fort Dodge, Iowa	165
22.	First Chemical, Pascagoula, Miss.	75
23.	Hercules Incorporated, Parlin, N.J.	80
24.	LSB Industries, Cherokee, Ala.	270
25.	LSB Industries, Crystal City, Mo.	180
26.	LaRoche Industries, Orem, Utah	80
27.	LaRoche Industries, Seneca, Ill.	160
28.	Mississippi Chemical, Yazoo City, Miss.	955
29.	Mobay, Baytown, Tex.	45
30.	Mobay, New Martinsville, W. Va.	90
31.	Nitram, Tampa, Fla.	220
32.	Nitrochem, Newell, Pa.	75
33.	Orica, Joplin, Mo.	160
34.	PCS Nitrogen Fertilizer, Geismar, La.	825
35.	PCS Nitrogen Fertilizer, Lima, Ohio	105



No.	Produsen	Kapasitas, ribu ton
36.	PCS Nitrogen Fertilizer, Wilmington, N.C.	160
37.	Royster-Clark, Cincinnati, Ohio	85
38.	Royster-Clark, East Dubuque, Ill.	110
89.	J.R. Simplot, Helm, Calif.	80
40.	J.R. Simplot, Pocatello, Idaho	20
41.	Solutia, Pensacola, Fla.	365
42.	Terra International, Port Neal, Iowa	255
43.	Terra International, Verdigris, Okla.	630
44.	Terra International, Woodward, Okla.	90
45.	TradeMark Nitrogen, Tampa, Fla.	35
46.	Unocal, Kennewick, Wash.	285
47.	Unocal, West Sacramento, Calif.	70
48.	PT Multi Nitrotama Kimia di Cikampek	20

(http://en.wikipedia.org/wiki/Sulfuric_acid)

Perkiraan kebutuhan pada tahun 2014 (tahun ke 14) :

$$y = 11,80x^3 + 206,77x^2 - 1.258,24x + 7.170,29 \dots \dots \dots (1)$$
$$= 62.461,05 \text{ ton/tahun}$$

Dari Tabel 1 dan 2 di atas dapat diketahui kapasitas pabrik asam nitrat terbesar didunia sebesar 955.000 ton/tahun adalah *Mississippi Chemical*, Yazoo City, dan Miss, sedangkan kapasitas tekecilnya 20.000 ton/tahun yaitu *Coastal Chem*, St. Helens, Ore dan *J.R. Simplot, Pocatello*, Idaho. Dilihat dari kebutuhan dan pabrik yang telah berdiri maka dirancang kapasitas pabrik sebesar 62.500 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sisanya bisa diekspor.

1.2. 2. Ketersediaan Bahan Baku



Bahan baku Natrium Nitrat yang digunakan dapat diperoleh dari PT. Nitrotama Kimia, Cikampek. Sedangkan bahan baku asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia, Gresik. Sehingga ketersediaan bahan baku dapat diperoleh dari dalam negeri.

1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor terpenting dari keberhasilan dan kelanggengan pabrik. Hal ini dikarenakan lokasi suatu pabrik sangat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan maupun penentuan kelangsungan berdirinya. Pemilihan lokasi yang tepat, ekonomis dan menguntungkan dipengaruhi oleh banyak faktor sehingga sebelum pabrik didirikan perlu dilakukan berbagai pertimbangan.

Penyediaan kondisi suatu daerah dilakukan sebelum pabrik didirikan sehingga pendirian pabrik dapat dipertanggungjawabkan secara teknis dan ekonomis. Idealnya lokasi pabrik yang dipilih harus memberikan kemungkinan memperluas atau memperbesar pabrik dan memberikan keuntungan untuk jangka panjang. Selain itu pada penentuan lokasi pabrik harus diusahakan agar biaya transportasi serta upah buruh mempunyai nilai sekecil mungkin.

Pada dasarnya ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan lokasi pabrik, yaitu :

1.3.1. Faktor Primer

Faktor ini secara langsung mempengaruhi tujuan utama suatu pabrik. Tujuan ini meliputi produksi dan distribusi produk pabrik yang diatur menurut macam, kualitas, waktu dan tempat yang dibutuhkan konsumen pada tingkat harga yang terjangkau oleh pabrik.

Faktor primer tersebut adalah lokasi pabrik yang dipengaruhi oleh :

- 1) Ketersediaan bahan baku
- 2) Pemasaran produk
- 3) Tersedianya sarana transportasi
- 4) Tersedianya tenaga buruh dan karyawan
- 5) Tersedianya sumber air dan tenaga listrik



1.3.2. Faktor Sekunder

Faktor sekunder yang meliputi faktor-faktor sebagai berikut :

- 1) Harga tanah dan gedung dikaitkan dengan rencana masa depan perusahaan.
- 2) Kemungkinan ada perluasan pabrik
- 3) Kemungkinan ada perluasan kota
- 4) Terdapatnya fasilitas-fasilitas pembelanjaan perusahaan
- 5) Terdapatnya fasilitas-fasilitas pelayanan dan jasa
- 6) Terdapatnya persediaan air yang cukup
- 7) Biaya dari tanah dan gedung
- 8) Sikap dari masyarakat setempat
- 9) Iklim
- 10) Keadaan tanah yang penting untuk rencana bangunan dan produksi
- 11) Peraturan daerah setempat
- 12) Perumahan penduduk atau bangunan lain

(Aris & Newton, *Chemical engineering cost estimation*)

Berdasarkan beberapa faktor maka pabrik asam nitrat direncanakan didirikan di Gresik, Jawa Timur. Pemilihan lokasi pabrik ini didasarkan pertimbangan sebagai berikut :

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 asam sulfat. Bahan baku asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dan Natrium nitratnya diperoleh dari PT. Nitrotama Kimia, Cikampek.

2. Daerah Pemasaran

Lokasi pabrik harus dekat dengan daerah pemasaran atau dekat dengan konsumen 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

Untuk mendirikan sebuah pabrik harus ditempatkan pada daerah yang banyak tenaga kerjanya, dari tingkat sarjana sampai pekerja kasar. Dengan pendirian pabrik ini diharapkan dapat membuka lapangan kerja baru dan dapat mengurangi pengangguran di negara ini.

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 Brantas.

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 Tanjung Perak 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 pabrik 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. (Martyn and David, 1989).

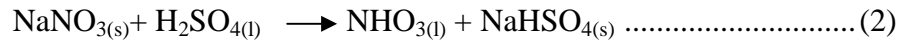
Asam nitrat merupakan oksida yang kuat terhadap bahan organik seperti *turpentin* dan *charcoal*, alkohol juga sangat bereaksi terhadap asam nitrat. *Furfuryl alcohol*, anilin, dan bahan organik dengan asam nitrat digunakan dalam bahan bakar roket. Sebagian besar baja kecuali platinum dan emas dapat 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 amoniak 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 komersil dengan konsentrasi produk 60% melalui proses oksidasi dengan bahan baku amonia (Kirk and Othner, 1482). Selain itu asam nitrat dapat diproduksi dengan konsentrasi 96% dengan proses *retort* dan proses difusi dengan bahan baku natrium nitrat dan asam sulfat dimana dihasilkan asam nitrat dan natrium bisulfat. (Faith dkk, 1975).

Asam nitrat ini dibuat dengan proses difusi, karena bahan baku berupa padat cair. Bahan baku natrium nitrat 99.2% dan asam sulfat 98% dioperasikan pada suhu 150°C , selama ± 2 jam.



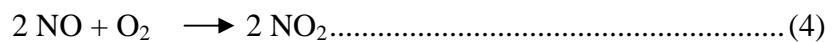
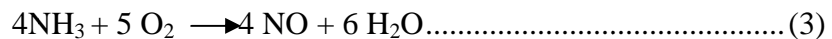
Asam nitrat yang dihasilkan dapat digunakan dalam industri plastik, nitro organik dan pupuk buatan, sedangkan hasil sampingnya yaitu natrium bisulfat dapat digunakan pada industri baja.

1.4.1 Pemilihan Proses

Macam-macam proses pembuatan asam nitrat antara lain :

a. Proses oksidasi

Pada proses ini udara dikompresi menjadi 100 psi, disaring dan dipanaskan sampai suhu 300°C dengan *heat exchanger*. Amoniak diuapkan dengan *evaporator* dan selanjutnya dicampur dengan udara yang sudah dikompresi. Di dalam reaktor terjadi proses oksida antara amoniak dan udara dengan reaksi sebagai berikut :

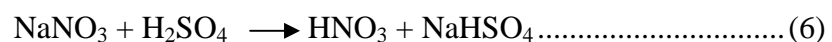


Campuran udara dan amoniak dimasukkan kedalam reaktor yang berisi katalisator platina 2-10% dari reaktor dihasilkan nitrogen oksida(NO), kemudian direaksikan dengan oksigen supaya terbentuk asam nitrat yang konsentrasinya 60-65%.

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.

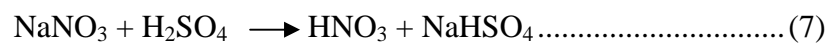


Asam nitrat menguap pada suhu 110-130°C, kemudian dilewatkan *condesor partial*. Hasil gas dan embunan dipisahkan dengan *separator*, cairan asam nitrat hasil konsentrasinya 96-99%.

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. (Kirk & Othmer, 1983).

c. Proses Difusi

Alasan pemilihan proses ini karena bahan baku yang digunakan berupa padat cair, reaksinya bersifat heterogen. Menurut Levenspile (1976), untuk reaksi padat cair, waktu reaksi ditentukan berdasarkan waktu mendifusi dari cairan asam sulfat ke padatan natrium nitrat karena waktu reaksi dianggap cepat sehingga diabaikan. Suhu operasinya 150°C. Reaksi yang terjadi :



Pada proses ini digunakan jenis reaktor *slurry* dan waktu untuk bereaksi pada proses difusi ini tidak terlalu lama.

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

1. Asam nitrat yang dihasilkan mempunyai kadar yang tinggi yaitu 95% selain itu juga menghasilkan produk Asam nitrat dengan kadar 70%.
2. Hasil samping yang berupa NaHSO₄ masih bisa digunakan untuk proses industri.
3. Proses reaksinya tidak membutuhkan waktu yang lama.

1.4.2 Kegunaan Produk

Produk asam nitrat sebagian besar digunakan sebagai berikut :



- a. Sebagai *nitrating 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.
- d. Untuk keperluan kimia lainnya.

1.4.3 Sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku dan Produk

A. Bahan Baku

- Natrium nitrat

1. Sifat-sifat fisis

Rumus molekul	=	NaNO_3
Bentuk	=	Padatan
Berat molekul	=	84,99 g/gmol
Kemurnian (berat)	=	99,2% NaNO_3 0,8% H_2O
Viskositas	=	5,6 cp
<i>Melting Point</i>	=	308°C
<i>Boiling point</i>	=	380°C
<i>Spesific gravity</i>	=	2,257

(www.chemicaland21.com)

2. Sifat-sifat kimia

- a. Mudah larut dalam gliserol dan alkohol
- b. Dapat meledak pada temperatur 1000°C

- Asam sulfat

1. Sifat-sifat fisis

Rumus molekul	=	H_2SO_4
Bentuk	=	Cairan tidak berwarna
Berat molekul	=	98,94 g/gmol
Kemurnian (berat)	=	98,94% H_2SO_4 0,6 % H_2O



Densitas	=	1,833 g/cm ³
Melting point	=	10,49°C
Boiling point	=	340°C
Spesific grafiti	=	1,84

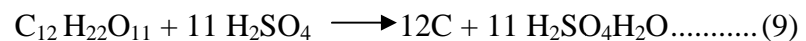
(www.chemicaland21.com)

2. Sifat-sifat kimia

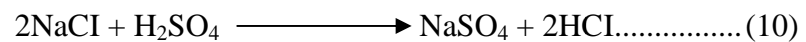
- a. Asam sulfat kuat panas dan pekat adalah zat pengoksid yang kuat. Reaksi yang terjadi :



- b. Asam sulfat pekat dapat digunakan untuk menghilangkan air suatu zat, rekasi yang terjadi :



- c. Asam sulfat dapat bereaksi dengan natrium klorida, dengan reaksi yang terjadi :



B. Hasil Utama

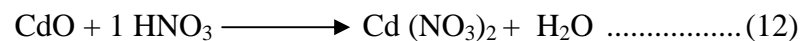
- Asam nitrat

Sifat-sifat fisis

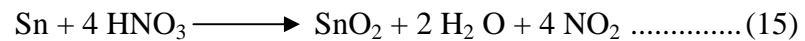
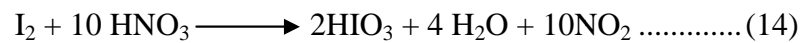
Rumus molekul	=	HNO ₃
Bentuk	=	Cair
Melting point	=	42°C
Boiling point	=	86°C
Spesific grafiti	=	1,502
Densitas	=	1,509 g/cm ³
Kemurnian	=	95%
		5% H ₂ O

Sifat-sifat kimia

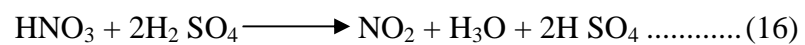
- a. Asam nitrat merupakan pengionisasi yang kuat,
Reaksi yang terjadi :



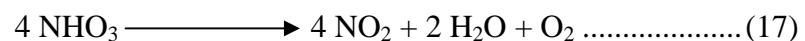
b. Asam nitrat merupakan pengoksidasi yang kuat, reaksi yang terjadi :



c. Asam nitrat sebagai *nitration agent* reaksi yang terjadi :



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



C. Hasil samping

- Natrium bisulfat

Sifat-sifat fisis

Rumus molekul	=	NaHSO ₄
Bentuk	=	Kristal
Berat molekul	=	120, 06 g/gmol
<i>Melting point</i>	=	315°C
Densitas	=	2,742 kg/m ³
<i>Spesific grafity</i>	=	1,48
Kemurnian	=	98%

(www.chemicalland21.com)

1.4.4 Tinjauan Proses Secara Umum



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 difusi dengan reaksi sebagai berikut :



Natrium nitrat dalam bentuk padat dan asam sulfat dalam bentuk cair, maka reaktor yang digunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk *slurry*. Asam nitrat yang dihasilkan dalam bentuk uap pada suhu 150°C . Reaksi antara natrium nitrat dengan asam sulfat berlangsung pada temperatur $150\text{-}200^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi *eksotermis*, sehingga mengeluarkan panas, untuk menjaga suhu reaksi digunakan media pendingin.

Produk keluar dari reaktor yang berupa gas diembunkan kemudian dipisahkan dengan *separator* untuk menghasilkan produk, sedangkan hasil bawah reaktor selanjutnya dikristalkan.