

SKRIPSI**PRARANCANGAN PABRIK AMONIUM KLORIDA DARI AMONIUM
SULFAT DAN NATRIUM KLORIDA KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

**Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Setia Budi Surakarta**



Oleh :

Antok Jatmiko

18120233D

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SETIA BUDI
SURAKARTA**

2019

LEMBAR PERSETUJUAN**SKRIPSI****PRARANCANGAN PABRIK AMONIUM KLORIDA DARI AMONIUM
SULFAT DAN NATRIUM KLORIDA KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN****Disusun Oleh :****Antok Jatmiko 18120233D****Telah disetujui oleh Pembimbing****Pada tanggal 23 Agustus 2019.****Pembimbing I**
Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng**NIS.01199601032053****Pembimbing II**
Petrus Darmawan, S.T., M.T.**NIS. 01199905141068****Mengetahui,
Ketua Program Studi**
Dewi Astuti Herawati S.T., M.Eng.**NIS. 01199601032053**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

PRARANCANGAN PABRIK AMONIUM KLORIDA DARI AMONIUM SULFAT DAN NATRIUM KLORIDA KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

Disusun oleh :


Antok Jatmiko

18120233D

Telah dipertahankan didepan tim penguji

Pada tanggal *30 Agustus 2019*

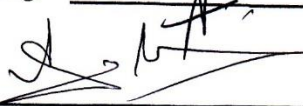
Penguji 1. Supriyono, S.T., M.T.,Dr.



Penguji 2. Gregorius Prima Indra Budiarto, S.T, M.Eng.



Penguji 3. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng.



Penguji 4. Petrus Darmawan, S.T.,M.T.



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi



Ir. Petrus Darmawan, S. T., M.T.

NIS. 01199905141068



Ir. Dewi Astuti Herawati, S.T., M. Eng

NIS. 01199601032053

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN	2
DAFTAR ISI.....	4
DAFTAR TABEL.....	5
DAFTAR GAMBAR	6

DAFTAR TABEL

Halaman

<u>Tabel 1.1. Perkembangan impor amonium klorida di Indonesia</u>	10
<u>Tabel 1.2. Perbandingan proses pembuatan amonium klorida</u>	18
<u>Tabel 1.3. Harga Berat molekul dan ΔH°_f masing-masing komponen</u>	25
<u>Tabel 1.4. Data Cp komponen bahan baku dan produk</u>	26
<u>Tabel 1.5 Data energi bebas Gibbs komponen bahan baku dan produk</u>	26
Tabel 4.1.1. Neraca massa mixer (NH ₄) ₂ SO ₄ (M-1)	29
Tabel 4.1.2. Neraca massa mixer NaCl (M-2)	30
Tabel 4.1.3 Neraca massa Reaktor	31
Tabel 4.1.4 Neraca massa <i>Rottary vacuum filter</i>	31
Tabel 4.1.5 Neraca massa <i>rotary dryer-01</i>	32
Tabel 4.1.6 Neraca massa <i>cyclone-01</i>	32
Tabel 4.1.7 Neraca massa <i>belt conveyer-06</i>	33
Tabel 4.1.8 Neraca massa <i>ball mill-01</i>	33
Tabel 4.1.9 Neraca massa <i>screen-01</i>	34
Tabel 4.1.10 Neraca massa <i>evaporator-01</i>	34
Tabel 4.1.11 Neraca massa <i>kristalizer</i>	35
Tabel 4.1.12 Neraca massa <i>sentrifuge filter</i>	35
Tabel 4.1.13 Neraca massa <i>rotary dryer-02</i>	36
Tabel 4.1.14 Neraca massa <i>cyclone-02</i>	36
Tabel 4.1.15 Neraca massa <i>belt conveyer-08</i>	37
Tabel 4.1.16 Neraca massa <i>ball mill-02</i>	37
Tabel 4.1.17 Neraca massa <i>screen-02</i>	38
Tabel 4.1.18 Neraca massa <i>evaporator-02</i>	38
Tabel 4.2.1 Konstanta kapasitas panas masing-masing komponen	39
Tabel 4.2.2 Kapasitas panas masing-masing komponen pada berbagai suhu	40

Tabel 4.2.3 Neraca panas <i>mixer</i> (NH ₄) ₂ SO ₄ (M-01)	41
Tabel 4.2.4 Neraca panas mixer NaCl (M-02)	41
Tabel 4.2.5 Neraca panas Reaktor	42
Tabel 4.2.6 Neraca panas <i>cooler</i>	42
Tabel 4.2.7 Neraca panas <i>rotary vacuum filter</i>	43
Tabel 4.2.8 Neraca panas <i>rotary dryer-01</i>	43
Tabel 4.2.9 Neraca panas <i>evaporator-01</i>	44
Tabel 4.2.10 Neraca panas <i>kristalizer</i>	44
Tabel 4.2.11 Neraca panas <i>sentrifuge filter</i>	45
Tabel 4.2.12 Neraca panas <i>rotary dryer-02</i>	45
Tabel 4.2.13 Neraca panas <i>evaporator-02</i>	46
Tabel 4.2.14 Neraca panas <i>condenser</i>	46
Tabel 4.2.15 Neraca panas <i>heater</i>	47
Tabel 6.1. Kebutuhan air proses	75
Tabel 6.2. Kebutuhan air pendingin	75
Tabel 6.3. Kebutuhan air sanitasi	76
Tabel 6.4. Kebutuhan air untuk <i>steam</i>	77
Tabel 6.5. Kebutuhan air <i>make up</i>	77
Tabel 6.6. Konsumsi listrik untuk keperluan proses.....	91
Tabel 6.7. Konsumsi listrik untuk keperluan utilitas	93
Tabel 7.1. Daftar gaji karyawan.....	106
Tabel 7.2 Pembagian <i>shift</i> karyawan	110
Tabel 7.3. Luas bangunan pabrik	116
Tabel 8.1. <i>Cost index chemical plant</i>	124
Tabel 8.2. Total <i>fixed capital investment</i>	127
Tabel 8.3. <i>working capital</i>	128
Tabel 8.4. <i>Manufacturing cost</i>	128
Tabel 8.5. <i>General expenses</i>	128

Tabel 8.6. <i>Fixed cost</i>	131
Tabel 8.7. <i>Variable cost</i>	131
Tabel 8.8. <i>Regulated cost</i>	131
Tabel 9.1. Analisis Kelayakan Ekonomi.....	133

DAFTAR GAMBAR

Halaman

<u>Gambar 1.1. Grafik perkembangan impor amonium klorida di Indonesia</u>	11
<u>Gambar 1.2. Peta Kecamatan Brondong, Kab. Lamongan, Jawa Timur</u>	15
Gambar 3.1. Diagram Alir Kualitatif	26
Gambar 3.2 . Diagram Alir Kuantitatif	27
Gambar 6.1. Diagram alir pengolahan air dan utilitas	82
Gambar 7.1. Tata letak pabrik	118
Gambar 7.2. Tata letak peralatan pabrik	121
Gambar 8.1. Hubungan tahun dengan <i>cost index</i>	124
Gambar 9.1. Grafik Ekonomi	134

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Amonium klorida merupakan senyawa anorganik berupa garam kristal putih yang memiliki rumus molekul NH_4Cl . Kristal berwarna putih ini memiliki sifat larut dalam air dan amoniak, mempunyai titik didih 520°C , dan titik lelehnya 350°C . Senyawa ini digunakan sebagai bahan baku dalam industri sel baterai kering, bahan baku dalam industri pupuk, percetakan tekstil, pembersih logam dalam industri soldering, bahan lem perekat *plywood*, pembuatan berbagai senyawa amoniak, bahan penunjang dalam industri farmasi, bahan pencuci, serta sebagai bahan untuk memperlambat melelehnya salju (Kirk and Othmer, 1963).

Pabrik amonium klorida merupakan salah satu industri kimia yang berprospek di Indonesia, karena produksi amonium klorida secara khusus masih terbatas. Selama ini, dalam pemenuhan kebutuhan amonium klorida, Indonesia masih mengandalkan impor. Oleh karena itu, untuk mengurangi konsumsi impor amonium klorida maka kami merancang pendirian pabrik ini didalam negeri dengan harapan dapat mengurangi konsumsi impor amonium klorida.

Manfaat dari pendirian pabrik amonium klorida ini adalah :

1. Menghemat devisa negara

Agar produk yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan didalam negeri, sehingga ketergantungan terhadap impor dari negara lain dapat dikurangi.

2. Membuka lapangan kerja baru

Dengan berdirinya pabrik amonium klorida ini, akan menciptakan lapangan kerja baru, yang memberikan kesempatan kerja, dan pemerataan tenaga kerja, sehingga mengurangi pengangguran.

3. Untuk mendukung berkembangnya pabrik kimia lain yang menggunakan amonium klorida sebagai bahan baku dan bahan pembantu.

1.2. Kapasitas Rancangan Pabrik

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan teknis dan ekonomis. Meskipun secara teori semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar.

Penentuan kapasitas ini dapat ditinjau dari beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Prediksi kebutuhan dalam negeri
2. Ketersediaan bahan baku

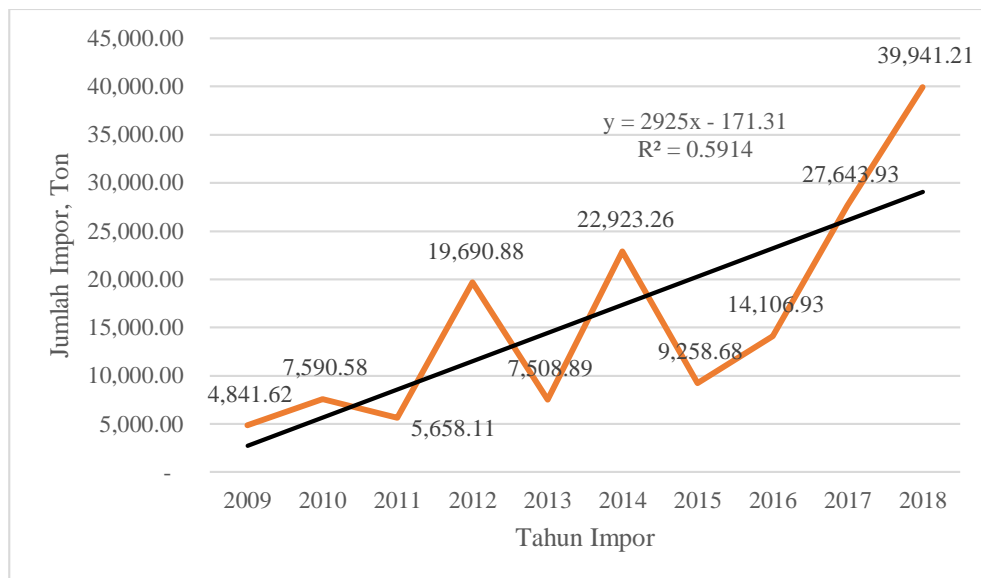
1.2.1. Prediksi Kebutuhan Dalam Negeri

Kebutuhan amonium klorida di Indonesia selama ini masih diimpor dari luar negeri. Berdasarkan data kebutuhan dari Biro Pusat Statistik di Indonesia dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2014, kebutuhan amonium klorida di Indonesia adalah sebagai berikut :

Tabel 1.1. Perkembangan impor amonium klorida di Indonesia

No	Tahun	Jumlah (ton/tahun)
1	2009	4.841,622
2	2010	7.590,584
3	2011	5.658,109
4	2012	19.690,883
5	2013	7.508,885
6	2014	22.923,26
7	2015	9.258,68
8	2016	14.106,93
9	2017	27.643,93
10	2018	39.941,21

Sumber: www.bps.go.id (2016)



Gambar 1.1. Grafik perkembangan impor amonium klorida di Indonesia

Dari gambar 1.1. diatas, apabila dilakukan pendekatan regresi linier, akan diperoleh persamaan regresi:

$$y = 2925x - 171,31$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah impor tahun ke 15} &= 2925x - 171,31 \\ &= 2925 (\text{tahun}) - 171,31 \\ &= 2977 (15) - 171,31 \\ &= 43.703,69 \text{ ton} \end{aligned}$$

Keterangan:

y = jumlah impor amonium klorida (ton/tahun)

x = tahun ke-n

Berdasarkan persamaan di atas kapasitas produksi yang direncanakan pada tahun 2023 sebesar 15.000 ton per tahun, diharapkan dengan kapasitas tersebut dapat memenuhi kebutuhan Amonium Klorida di Indonesia.

1.2.2. Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku sangat mempengaruhi kelangsungan proses suatu pabrik. Bahan baku untuk memproduksi amonium klorida kapasitas 15.000 ton/tahun yaitu amonium sulfat sebesar 2.358,7579 kg/jam dan natrium klorida sebesar 2.067,4811 kg/jam. Kedua bahan baku tersebut cukup tersedia didalam negeri sehingga mudah untuk

memperolehnya. Bahan baku amonium sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik yang terletak di daerah Jawa Timur dengan kapasitas produksi 750.000 ton/tahun. Sedangkan natrium klorida diperoleh dari PT. Garam Persero yang terletak di daerah Surabaya, Jawa Timur dengan kapasitas 385.000 ton/tahun.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor pemilihan kapasitas pabrik di atas, maka dipilih pabrik amonium klorida dengan kapasitas 15.000 ton per tahun, yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mengurangi konsumsi impor amonium klorida.

1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik adalah hal yang sangat penting dalam perancangan pabrik, karena hal ini berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan. Lokasi suatu pabrik dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan maupun penentuan kelangsungan hidupnya. Berdasarkan beberapa pertimbangan maka pabrik amonium klorida akan didirikan di kawasan Industri Lamongan, Jawa Timur. Kabupaten Lamongan siap menjadi daerah penyangga perkembangan industri dan jasa dengan menyediakan lahan investasi Sebagai bahan pertimbangan adalah sebagai berikut :

A. Faktor Utama atau Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor ini secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik. Tujuan utama itu meliputi produksi dan distribusi produk yang diatur menurut: macam dan kualitas, waktu dan tempat yang dibutuhkan konsumen pada tingkat harga yang terjangkau, sedang pabrik masih dapat memperoleh keuntungan yang cukup wajar. Faktor-faktor utama tersebut meliputi :

1. Letak pabrik terhadap pasar

Kawasan industri Lamongan, Jawa Timur merupakan salah satu daerah industri di Indonesia. Dengan prioritas utama pasar dalam negeri maka diharapkan lokasi ini tidak jauh dari konsumen, sehingga dapat lebih cepat melayani konsumen/permintaan produk pabrik, biaya pengangkutan akan lebih murah dan harga jual dapat ditekan lebih rendah, sehingga dapat diperoleh keuntungan yang maksimal.

Sektor industri terbesar yang menggunakan amonium klorida adalah industri baterai kering. Perkembangan industri ini cukup pesat dalam beberapa tahun terakhir. Beberapa

pabrik *dry battery* di Jawa Timur yang berpotensi menjadi konsumen amonium klorida diantaranya :

1. Industri *Contact Battery* di Jl. Rungkut Industri III/6
2. Conbat, PT di Jl. Rungkut Industri III/6
3. Santinilestari Graha Surya Sentosa PT di Jl. Raya Tanjungsari 44 Bl B/1, Tandes Kidul, Sukomanunggal, Surabaya
4. *Secma Energy Cell* PT, Secma di Jl. Krikilan 60, Driyorejo, Surabaya
5. Mohto UD di Jl Raya Gilang 148-158, Sepanjang, Jawa Timur
6. Bima Sakti di Jl. Kedungdoro 16-C, Sawahan, Sawahan, Jawa Timur
7. *International Chemical* Industri PT, intercallin di Kawasan SIER di Jl. Berbek Industri IV 2-6 Kawasan SIER, Kali Rungkut, Gununganyar, Surabaya
8. Dita Surya Pratama di Jl. Kutisari Indah Utr III 59, Surabaya, Jawa Timur

Selain dari pabrik *dry battery*, di Jawa Timur juga perbanyak industri pupuk dan industri lain yang juga berpotensi sebagai konsumen amonium klorida.

Selain ammonium klorida sebagai produk utama, pabrik ini juga menghasilkan produk samping yaitu Natrium sulfat. Natrium sulfat digunakan pada proses pembuatan gelas, pulp kertas, detergent, dan lain-lain. Beberapa industry yang berpotensi menjadi konsumen Natrium sulfat diantaranya :

1. PT. Filma Utama Soap, Jl Gresik 1-5, Surabaya, Jawa Timur
2. PT. Sumber Bersih Dunia, Jl.Tri Dharma No. 3, Kawasan Industri Gresik Kav A-1, Kebomas Gresik, Jawa Timur.
3. PT. Adiprima Suraprinta, Jalan Jendral A. Yani, Ketintang, Surabaya, Jawa Timur.
4. PT. Pabrik Kertas Indonesia, Jl. Kertopaten No.3 Surabaya 60145, Jawa Timur, Indonesia.

Selain dari pabrik kertas dan detergent di Jawa Timur juga perbanyak industri gelas dan industri lain yang juga berpotensi sebagai konsumen natrium sulfat.

2. Letak sumber bahan baku

Letak bahan baku merupakan hal yang paling utama dalam pengoperasian suatu pabrik. Bahan baku yaitu amonium sulfat dan natrium klorida dapat diperoleh dengan mudah karena letak sumber bahan baku dekat dengan lokasi pendirian pabrik. Hal ini lebih

menjamin penyediaan bahan baku dan kontinuitasnya. Setidaknya dapat mengurangi keterlambatan penyediaan bahan baku. Amonium sulfat diperoleh dari PT Petrokimia Gresik, sedangkan natrium klorida diperoleh dari PT Garam Persero yang mempunyai cabang di daerah Gresik.

3. Sarana Transportasi

Sarana transportasi untuk keperluan pabrik seperti pemasaran, pengangkutan bahan baku melalui angkutan darat maupun angkutan laut cukup memadai, antara lain sarana jalan raya dan jalan tol yang memadai. Lamongan dilintasi jalur utama pantura yang menghubungkan Jakarta-Surabaya, yakni sepanjang pesisir utara Jawa. Kota Lamongan sendiri juga dilintasi jalur Surabaya-Cepu-Semarang. Babat merupakan persimpangan antara jalur Surabaya-Semarang dengan jalur Jombang-Tuban. Lamongan juga dilintasi jalur kereta api lintas utara Pulau Jawa. Stasiun kereta api terbesarnya adalah di Lamongan dan Babat.

4. Tenaga Kerja

Pendirian pabrik di kawasan industri Lamongan akan membuka lapangan kerja yang banyak menyerap tenaga ahli dan terampil, hal ini akan mengurangi pengangguran dan menekan arus urbanisasi.

5. Utilitas

Di kawasan industri Lamongan, sarana utilitas telah memadai karena di kawasan tersebut memang dibangun untuk kawasan yang infrastrukturnya telah disesuaikan dengan kebutuhan industri. Kebutuhan air untuk proses didapat dari pengolahan air sungai Bengawan Solo.

B. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor yang tidak langsung berperan dalam proses industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik itu sendiri. Faktor-faktor sekunder tersebut meliputi:

1. Perluasan Area Pabrik

Lamongan merupakan kawasan industri yang luas sehingga masih memungkinkan untuk memperluas area pabrik jika diinginkan. Kabupaten Lamongan siap menjadi daerah

penyangga perkembangan industri dan jasa dengan menyediakan lahan investasi salah satunya di wilayah Pantura disepanjang koridor jalan raya Daendles seluas 4.111 Ha (<http://bpmplamongankab.info/>).

2. Perijinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga memudahkan perijinan pendirian pabrik. Para Investor yang ingin berinvestasi di Kabupaten Lamongan akan dijelaskan secara detail peruntukan lahan sesuai RTRW Kabupaten Lamongan oleh Bappeda Kabupaten Lamongan. Sehingga Investor tidak ragu lagi terhadap rencana lokasi investasinya. Para Investor juga diberikan fasilitasi strategi pembebasan lahan, untuk memudahkan pembebasan lahan (<http://bpmplamongankab.info/>).

3. Prasarana dan fasilitas Sosial

Prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia, demikian juga fasilitas sosial seperti sarana pendidikan, ibadah, hiburan, bank dan perumahan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup masyarakat sekitar area pabrik.



Gambar 1.2. Peta Kecamatan Brondong, Kab. Lamongan, Jawa Timur

(<https://www.google.co.id/maps/>)

1.4. Macam-Macam Proses

Sejarah pembuatan amonium klorida sangat berhubungan erat dengan industri soda dan sintesis ammonia. Amonium klorida biasanya merupakan hasil samping dari industri soda dan sintesis ammonia.

Dua macam cara pembuatan amonium klorida adalah sebagai berikut (Kirk and Othmer, 1978):

1.4.1. *Direct neutralization*

Proses *direct neutralization* digunakan apabila tersedia bahan baku asam klorida yang berlebih. Reaksi yang terjadi di dalam proses ini adalah sebagai berikut :



$$\Delta H = -175,7 \text{ kJ/mol } (-42 \text{ kcal/mol })$$

Reaksi ini sangat eksotermis dan panas yang dihasilkan untuk menguapkan air pada saat larutan asam klorida digunakan. Kristal Amonium klorida didapatkan dengan menggunakan *crystallizer batch* atau kontinyu (Kirk-Othmer, 1978). Proses ini relatif mudah tetapi kurang ekonomis untuk diterapkan di dalam industri karena harga bahan bakunya gas ammonia yang lumayan mahal.

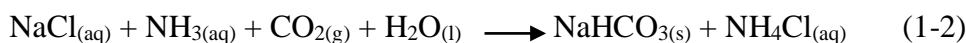
1.4.2. *Methatesis*

Methatesis merupakan salah satu proses pembuatan amonium klorida yang paling banyak digunakan. *Methatesis* adalah proses *bimolecular* yang melibatkan pergantian ikatan dua atau lebih senyawa kimia yang bereaksi (www.wikipedia.org). Didalam pembuatan amonium klorida ada berbagai macam proses *methatesis*. Proses *methatesis* yang paling banyak digunakan didalam pembuatan amonium klorida ada tiga macam yaitu: Amonium-Soda, Amonium Sulfit-Natrium Klorida, dan Amonium Sulfat-Natrium Klorida (Kirk and Othmer, 1978).

1.4.2.1 Proses Amonium-Soda

Amonium klorida dibuat sebagai produk samping dari proses Solvay yang digunakan untuk membuat natrium karbonat.

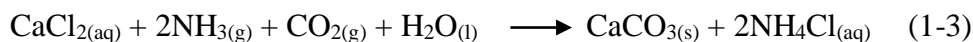
Reaksi:



Natrium bikarbonat mengendap dari larutan dan dipisahkan dengan filtrasi. Amonium klorida kemudian dikristalkan dari filtrat, dipisahkan, dicuci, dan dikeringkan. Proporsi

amonium klorida tergantung pada permintaan pasar. Jika diinginkan amonium klorida yang lebih banyak, dapat diperoleh dengan mereaksikan CaCl_2 .

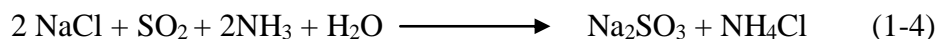
Reaksi:



(Kirk and Othmer, 1963)

1.4.2.2. Proses Amonium Sulfit-Natrium Klorida

Reaksi:



Proses ini hanya praktis ketika bahan baku tersedia semua dan dalam kemurnian tinggi, contohnya kristal NaCl , *anhydrous* ammonia, dan sulfur dioksida. Penambahan amonia dan sulfur dioksida dilakukan secara terus menerus kedalam larutan garam. Sulfur dioksida yang digunakan sedikit berlebih sekitar 1,4 – 2,5%. Pada saat akhir reaksi, laju penambahan sulfur dioksida dikurangi sampai kadar bisulfit akhirnya 1,2%. Keseimbangan reaksi terjadi pada suhu 60°C dimana terbentuk endapan natrium sulfit. Natrium sulfit dipisahkan dengan cara sentrifugasi, kemudian dicuci dengan air dan dikeringkan. Larutan amonium klorida yang berada dalam *mother liquor* masuk ke tangki kristalisasi. Kristal yang terbentuk dicuci kemudian dikeringkan. Produk yang dihasilkan memiliki kemurnian sampai dengan 99% (Kirk-Othmer, 1963).

1.4.2.3. Proses Amonium Sulfat-Natrium Klorida

Proses ini dilakukan dengan cara mereaksikan larutan amonium sulfat dan natrium klorida untuk menghasilkan amonium klorida sebagai produk utama dan natrium sulfat sebagai produk samping dalam reaktor berpengaduk yang dijaga pada suhu 100°C.

Reaksi:



(Faith and Keyes, 1957)

Amonium sulfat dan natrium klorida (5% *excess*) direaksikan dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan suhu 100°C. Selama proses pencampuran berlangsung dilakukan pengadukan secara cepat, untuk menghindari terjadinya endapan dari natrium sulfat. Natrium sulfat lebih mudah mengendap karena kelarutannya rendah dibandingkan dengan komponen yang lain. Hasil pencampuran dari reaktor yang berupa larutan selanjutnya difilter untuk memisahkan natrium sulfat dengan amonium klorida. Natrium

sulfat berupa *slurry* (padatan tersuspensi) kemudian dicuci untuk menghilangkan kadar amonium klorida yang masih melekat. Amonium klorida yang berupa filtrat kemudian dikristalisasi dan dikeringkan.

Sebelum menentukan pilihan proses yang tepat perlu adanya studi perbandingan dari beberapa proses alternatif baik dari aspek teknis maupun ekonomis.

Tabel 1.2. Perbandingan proses pembuatan amonium klorida

No.	Jenis Proses	Kelebihan	Kekurangan
1	Amonium-Soda	Hasil amonium klorida dapat ditingkatkan dengan mereaksikan lebih banyak kalsium klorida (CaCl_2)	Amonium klorida hanya merupakan produk samping, sehingga hasilnya hanya sedikit Harga bahan bakunya yang mahal dan proses nya yang rumit dan panjang menyebabkan proses ini kurang ekonomis.
2	Amonium Sulfit-Natrium Klorida	Kemurnian produk yang dihasilkan sangat tinggi (lebih dari 99%)	Bahan baku dari proses ini harus berada pada kemurnian yang tinggi, sehingga sulit memperoleh bahan baku Prosesnya yang panjang dan harga bahan baku yang mahal menyebabkan proses ini kurang ekonomis.
3	Netralisasi Langsung	Ketersediaan bahan baku cukup melimpah	Proses beresiko tinggi karena sangat eksotermis, bahan baku gas amoniak yang mahal

4	Amonium Sulfat-Natrium Klorida	Kondisi operasi yaitu 1 atm dan 100°C dan kemurnian produk cukup tinggi. Bahan baku yang murah dan prosesnya yang tidak terlalu rumit menyebabkan proses ini menjadi ekonomis	Alat pemisahan produk utama dan produk samping yang lebih rumit
---	--------------------------------	--	---

Dari tabel 1.2, maka yang paling baik dan efisien adalah perencanaan pendirian pabrik amonium klorida dengan proses ke-4 karena kondisi operasi yang digunakan mudah dan bahan baku mudah didapatkan didalam negeri.

1.5. Kegunaan Produk

a. Produk utama (amonium klorida)

Adapun kegunaan amonium klorida dalam dunia industri sebagai berikut :

1. Pada industri baterai, digunakan sebagai bahan baku pada pembuatan sel baterai kering.
2. Sebagai bahan baku dalam industri pupuk.
3. Sebagai bahan penunjang dalam industri farmasi.
4. Pembuatan berbagai macam senyawa.
5. *Elektroplating*. Elektroplating merupakan suatu proses pengendapan zat (ion-ion logam) pada suatu logam dasar (katoda) melalui proses elektrolisa (*elektroplating.wordpress.com*).
6. Bahan pencuci.
7. Serta bahan untuk memperlambat melelehnya salju (Kirk and Othmer, 1963).

b. Produk samping (natrium sulfat)

Adapun kegunaan dari natrium sulfat antara lain :

1. Natrium sulfat digunakan dalam pembuatan deterjen
2. Pembuatan *pulp* kertas (proses kraft)
3. Produksi asam klorida
4. Pembuatan industri tekstil

5. Pembuatan dalam industri farmasi
6. Pembuatan gelas

1.6. Tinjauan Pustaka

1.6.1. Bahan Baku

1. Amonium Sulfat

a) Sifat Fisika

- Rumus kimia : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- BM : 132,14 g/gmol
- Titik leleh : 513°C
- Warna : Putih
- Bentuk : Kristal

b) Sifat Kimia

- Kelarutan : 103,8 gr/100 gr air (100°C)
- Higroskopis
- Tidak larut dalam alkohol dan aseton
- Tidak korosif terhadap kaca
- Korosif terhadap *carbon stell, cash iron*.

(Kirk and Othmer, 1998)

2. Natrium Klorida

a) Sifat Fisika

- BM : 58,5
- Titik leleh : 800,4°C
- Titik didih : 1413°C
- Warna : Putih
- Bentuk : Kristal

b) Sifat Kimia

- Larut dalam air
- Higroskopis
- Sedikit larut dalam alkohol

- Tidak larut dalam HCl
- Tidak korosif terhadap semua logam dan kaca
- Korosif terhadap *carbon stell*, *cash iron*, dan sedikit korosif terhadap *stainless stell* 302 dan 304.

(Perry and Green, 2008)

1.6.2. Produk

1. Amonium Klorida

a) Sifat Fisika

- Rumus kimia : NH_4Cl
- BM : 53,49
- Titik leleh : 350°C (terdekomposisi)
- Titik didih : 520°C
- Warna : Putih
- Bentuk : Kristal

b) Sifat Kimia

- Higroskopis
- Sangat korosif terhadap tembaga, baja dan *stainless stell* (304)
- Sedikit korosif terhadap alumunium dan *stainless stell* (316)
- Larut dalam air dan amoniak
- Sedikit larut dalam etanol dan metanol

(Perry and Green, 2008)

2. Natrium Sulfat

a) Sifat Fisika

- Rumus kimia : Na_2SO_4
- BM : 142,05
- Titik leleh : 884°C
- Warna : Putih
- Bentuk : Padat

b) Sifat Kimia

- Larut dalam air

- Higroskopis
- Tidak larut dalam etanol
- Tidak larut dalam HCl
- Tidak korosif terhadap semua logam dan kaca
- Korosif terhadap *carbon steel, cast iron*, dan sedikit korosif terhadap *stainless steel 302* dan *304*

(Perry and Green, 2008)

1.6.3. Data Kelarutan

a) Amonium Sulfat

Temperatur (°C)	Kelarutan dalam 100 kg H ₂ O
0	70,6 kg
10	73 kg
20	75,4 kg
30	78 kg
40	81 kg
50	-
60	88 kg
70	-
80	95,3 kg
90	-
100	103,3 kg

(Perry and Green, 2008)

b) Natrium Klorida

Temperatur (°C)	Kelarutan dalam 100 kg H ₂ O
0	35,7 kg
10	35,8 kg
20	36 kg

30	36,3 kg
40	36,6 kg
50	37 kg
60	37,3 kg
70	37,8 kg
80	38,4 kg
90	39 kg
100	39,8 kg

(Perry and Green, 2008)

c) Natrium Sulfat

Temperatur (°C)	Kelarutan dalam 100 kg H ₂ O
0	4,5 kg
10	-
20	19 kg
30	41,2 kg
40	48,8 kg
50	46,7 kg
60	45,3 kg
70	-
80	43,7 kg
90	-
100	42,5 kg

(Perry and Green, 2008)

d) Amonium Klorida

Temperatur (°C)	Kelarutan dalam 100 kg H ₂ O
0	29,4 kg
10	33,3 kg
20	37,2 kg

30	41,4 kg
40	45,8 kg
50	50,4 kg
60	55,2 kg
70	60,2 kg
80	65,6 kg
90	71,3 kg
100	77,3 kg

(Perry and Green, 2008)

1.7. Konsep Proses

1.7.1. Dasar Reaksi

Reaksi pembentukan amonium klorida adalah reaksi yang terjadi antara amonium sulfat dengan natrium klorida yang menghasilkan produk samping berupa natrium sulfat (Proses Amonium Sulfat-Natrium Klorida) dengan reaksinya sebagai berikut:



1.7.2. Kondisi Operasi

Reaksi pembuatan amonium klorida ini berlangsung pada kondisi operasi reaktor sebagai berikut:

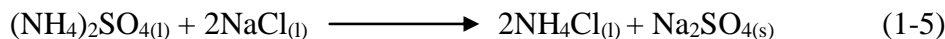
- Tekanan = 1 atm
- Temperatur = 100°C
- *Yield* = 95%
- Fase = cair-cair
- Sifat reaksi = endotermis yang berlangsung searah ke arah produk
- Natrium klorida yang masuk ke reaktor dibuat 5% *excess*.

(Faith and Keyes, 1957)

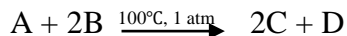
1.7.3. Mekanisme Reaksi

Mekanisme reaksi yang terjadi untuk pembentukan amonium klorida dari amonium sulfat dan natrium klorida adalah sebagai berikut :

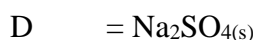
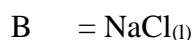
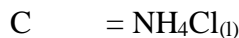
Reaksi pembentukan amonium klorida:



Reaksi dapat ditulis sebagai berikut:



Keterangan:

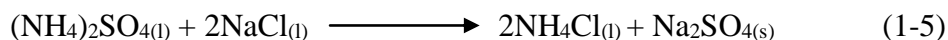


(Faith and Keyes, 1957)

1.7.4. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (endotermis/eksotermis) dan arah reaksi (*reversible/irreversible*). Secara termodinamika reaksi pembentukan amonium klorida dapat dilihat dari harga entalpi dan konstanta kesetimbangannya.

Reaksi pembentukan amonium klorida:



(Faith and Keyes, 1957)

Harga ΔH_f° masing-masing komponen pada suhu 298 K (25°C) dapat dilihat pada tabel 1.3. sebagai berikut:

Tabel 1.3. Harga Berat molekul dan ΔH_f° masing-masing komponen

Komponen	Berat Molekul (kg/kmol)	ΔH_f° (kkal/kmol)
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	132	-279,33
NaCl	58	-97,324
NH_4Cl	53	-71,20
Na_2SO_4	142	-330,82

(Perry and Green, 2008)

$$\Delta H_{r298} = \sum \Delta H_{produk} - \sum \Delta H_{reaktan}$$

$$= (2\Delta H_f^\circ \text{NH}_4\text{Cl} + \Delta H_f^\circ \text{Na}_2\text{SO}_4) - (\Delta H_f^\circ (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\Delta H_f^\circ \text{NaCl})$$

$$= \{(2 \times (-71,20)) + (-330,82) - (-279,33) + (2 \times -97,324)\}$$

$$= 0,758 \text{ kkal/mol}$$

Menghitung ΔH_r pada suhu reaksi = 373 K (100°C)

Tabel 1.4. Data Cp komponen bahan baku dan produk

Komponen	Cp (kkal/kmol.K)
(NH ₄) ₂ SO ₄	51,6
NaCl	12,36
NH ₄ Cl	23,53
Na ₂ SO ₄	32,8

(Perry and Green, 2008)

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{reaktan } 373} &= \Sigma Cp \cdot \Delta T \\ &= (51,6 \times (373-298)) + (2 \times 12,36 (373-298)) \\ &= 5.724 \text{ kkal/kmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{produk } 373} &= \Sigma Cp \cdot \Delta T \\ &= (32,8 \times (373-298)) + (2 \times 23,53 (373-298)) \\ &= 5.989,5 \text{ kkal/kmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{r373} &= \Delta H_{\text{produk } 373} + \Delta H_{r298} - \Delta H_{\text{reaktan } 373} \\ &= 5.989,5 + 758 - 5.724 \\ &= 1.023,5 \text{ kkal/kmol}\end{aligned}$$

Karena ΔH_{r373} pada reaksi di reaktor bernilai positif, maka reaksi bersifat endotermis (memerlukan panas).

Harga ΔG_f^0 untuk masing-masing komponen (suhu 298 K) pada tabel 1.5 sebagai berikut :

Tabel 1.5 Data energi bebas Gibbs komponen bahan baku dan produk

Komponen	ΔG_f^0 (kkal/kmol)
(NH ₄) ₂ SO ₄	-274,02
NaCl	-93,92
NH ₄ Cl	-48,59
Na ₂ SO ₄	-381,28

(Perry and Green, 1997)

$$\begin{aligned}\Delta G_r &= \Sigma \Delta G_{\text{produk}} - \Sigma \Delta G_{\text{reaktan}} \\ &= (2 \Delta G_f^0 \text{ NH}_4\text{Cl} + \Delta G_f^0 \text{ Na}_2\text{SO}_4) - (2 \Delta G_f^0 \text{ NaCl} + \Delta G_f^0 (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \\ &= \{(2 \times -48,59) + (-381,28) - (2 \times -93,92 + (-274,02))\} \\ &= -16,6 \text{ kkal/mol}\end{aligned}$$

Dari harga ΔH_{r373} tersebut dapat dilihat bahwa reaksi pembentukan amonium klorida adalah endotermis (memerlukan panas), dan reaksi ini dapat berlangsung karena mempunyai harga $\Delta G_r < 0$.

Dari perhiungan-perhitungan diatas didapatkan:

Di reaktor :

$$\Delta H_{r298} \text{ (Enthalpi reaktan)} = 0,758 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta H_{r373} \text{ (Enthalpi reaktan)} = 1,0235 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta G_r \text{ (Energi bebas)} = -16,6 \text{ kkal/mol}$$

Menghitung harga konstanta keseimbangan pada suhu 25°C (298 K)

$$\Delta G = -RT \ln K_{298 \text{ K}}$$

$$\begin{aligned} \ln K_{298 \text{ K}} &= \frac{\Delta G}{-RT} \\ &= \frac{-16,6}{-1,987 \times 298} = 28,03 \end{aligned}$$

$$K_{298 \text{ K}} = 1,49 \times 10^{12}$$

Menghitung harga konstanta keseimbangan pada suhu 100°C (373 K)

$$\begin{aligned} \ln \left(\frac{K_{373}}{K_{298}} \right) &= \frac{\Delta H}{R} \times \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \\ \ln \left(\frac{K_{373}}{1,49 \cdot 10^{12}} \right) &= \frac{758}{1,987} \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{373} \right) \\ \frac{K_{373}}{1,49 \cdot 10^{12}} &= \exp(0,257) \end{aligned}$$

$$K_{373} = 1,92 \times 10^{12}$$

Karena harga konstanta kesetimbangan sangat besar maka dapat disimpulkan bahwa reaksi berjalan *irreversible* (searah) ke arah produk (ke kanan).

1.7.5. Tinjauan Kinetika

Reaksi pembentukan amonium klorida:



Reaksi pembentukan amonium klorida ini berlangsung pada kondisi reaktor sebagai berikut :

Tekanan	: 1 atm	Fase	: cair-cair
Temperatur	: 100°C	Sifat reaksi	: endotermis
Yield	: 95%		

Reaksi pembuatan amonium klorida merupakan reaksi orde tiga, sehingga persamaan kecepatan reaksinya dinyatakan dengan: $-r_a = k \cdot C_A \cdot C_B^2$

Nilai dari konstanta kecepatan reaksinya sebesar

$$k = 1,9 \times 10^{-4} \text{ L}^2/\text{mol}^2 \cdot \text{det}$$

(Richard, *et al.*, 1973)