



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Acrylamide merupakan salah satu bahan dasar untuk berbagai jenis industri karena sifatnya yang mudah dipolimerisasi, diantaranya industri *poliacrylamide* yang berguna sebagai flokulan pada proses pemisahan padatan halus dalam larutan tersuspensi. Selain itu *poliacrylamide* juga dapat berfungsi sebagai *thickening agent* bagi air dan sebagai bahan pembantu penyerapan zat warna pada proses pembuatan kertas. Selama ini, kebutuhan bahan tersebut baik dalam bentuk monomer dan polimernya, masih diimport dari luar negeri.

Hal-hal yang menjadi alasan untuk mendirikan pabrik *acrylamide* antara lain adalah pabrik *acrylamide* belum ada di Indonesia, sedangkan kebutuhan bahan flokulan dan *thickening agent* cukup besar, terutama untuk pengolahan air, pengolahan mineral berharga dan pabrik kertas.

Dengan didirikan pabrik *acrylamide* ini, diharapkan akan dapat merangsang industri lain yang dapat memanfaatkan *acrylamide*. Disamping itu kebutuhan dalam negeri, produk ini diharapkan dapat bersaing di pasar Internasional, yang berarti dapat meningkatkan devisa negara. Hal ini sesuai dengan program pemerintah dalam rangka menuju era industrialisasi. Keuntungan lain dengan berdirinya pabrik ini yaitu dapat membuka lapangan pekerjaan baru baik untuk tingkat SLTA maupun kejuruan hingga lulusan sarjana untuk bidangnya, serta tidak hanya untuk penduduk sekitar pabrik tapi juga seluruh Indonesia.

1.2. Kapasitas 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, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lain yaitu: kebutuhan atau konsumsi pabrik dan ketersediaan bahan baku.

1.2.1. Kebutuhan dan Konsumsi *Acrylamide* di Indonesia

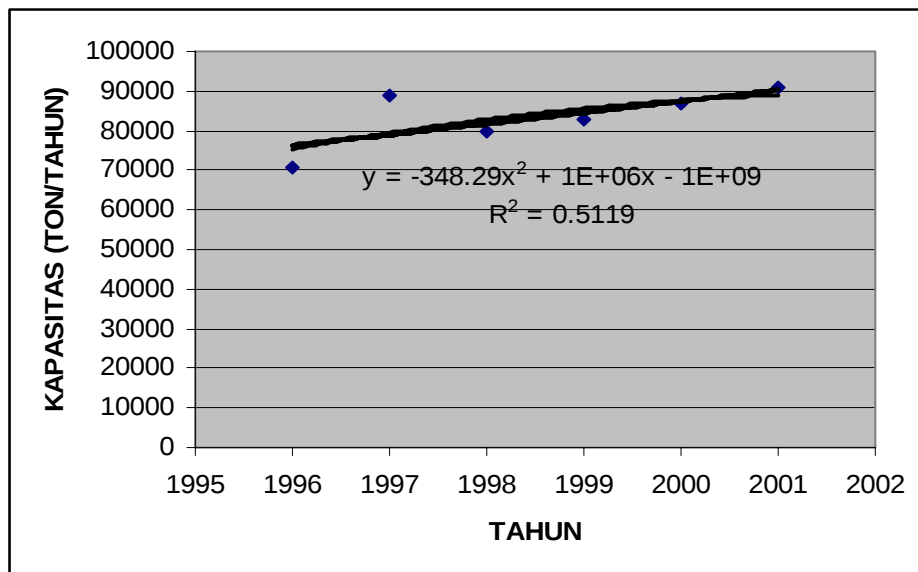
Berdasarkan data impor dari Biro Pusat Statistik di Indonesia dari tahun 1996-2001, kebutuhan *acrylamide* adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1. Data Kebutuhan *Acrylamide* di Indonesia

No	Tahun	Jumlah (Ton) / Tahun
1	1996	70.760,41
2	1997	88.904,10
3	1998	79.832,26
4	1999	83.007,40
5	2000	86.636,14
6	2001	90.718,47

Sumber (Biro Pusat Statistik Indonesia, data tahun 1996-2001)

Dengan melihat data di atas, jika pabrik direncanakan berdiri pada tahun 2010 maka perkiraan kapasitas dapat dihitung dengan persamaan *regresi linear*.



Gambar 1.1. Kebutuhan *Acrylamide* vs Tahun

Dari gambar 1.1., diperoleh persamaan *regresi linear*:

$$Y = -348,29X^2 + 1E+06X - 1E+09$$

Jadi kebutuhan pada tahun 2010 adalah

$$\begin{aligned}
 Y &= ((-348,29) (2010)^2) + 1.000.000 (2010) - 1.000.000.000 \\
 &= -397.126.429 \text{ Ton/Tahun}
 \end{aligned}$$



Penentuan kapasitas produksi pabrik *acrylamide* juga didasarkan pada jumlah produsen *acrylamide* di dunia. Tabel 1.2. menunjukkan data kapasitas pabrik *acrylamide*.

Tabel 1.2. Kapasitas Pabrik *Acrylamide*

NO	Produsen (Negara)	Nama Pabrik	Bentuk produk	Kapasitas (ton/tahun)
1.	Jepang	<i>Mitsubishi Chemical Industries</i>	<i>Crystals and solutions</i>	77.000
		<i>Mitsui Toatsu</i>	<i>Crystals and solution</i>	77.000
		<i>Nitro Chemical Industries company</i>	<i>Solutions monomer</i>	20.000
2.	USA (North America)	<i>Dow Chemical Company</i> <i>American Cyanamid Company (1952)</i> <i>Naico Chemical Company</i>	<i>Aqueous Liquid and solid monomer</i>	70.000
3.	Eropa	<i>Chemische Fabric Stockhausen</i>		50.000

(Kirk & Othmer, 1983)

1.2.2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan *acrylamide* adalah Asam sulfat dan *acrylonitrile* telah banyak diproduksi di Indonesia sehingga ketersediannya sangat terjamin. Mengingat ketersediaan bahan baku yang memadai dan kebutuhan *acrylamide* sangat besar, maka sangat *prospektif* bila didirikan pabrik *acrylamide*.

1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup suatu pabrik, maka dalam menentukan tempat berdirinya perlu didasarkan pada perhitungan yang matang sehingga menguntungkan perusahaan baik dari segi teknik maupun segi ekonominya.



Lokasi yang dipilih untuk mendirikan pabrik *acrylamide* ini adalah Gresik, Jawa Timur, yang diharapkan dapat memberikan keuntungan yang sebesar-besarnya.

Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam pendirian pabrik ini antara lain :

1. Sumber Bahan Baku

Sebagai bahan baku pabrik *acrylamide* adalah *acrylonitrile* yang diimport dari Jepang. Oleh karena itu untuk mendapatkan kemudahan maka perencanaan lokasi pabrik diusahakan dekat dengan pelabuhan. Selain itu bahan pembantu asam sulfat dapat diambil langsung dari PT. Petro Kimia Gresik.

2. Sarana Penunjang seperti Air

Pabrik *acrylamide* ini memerlukan air yang cukup banyak, baik alat-alat pendingin, steam, air proses, keperluan air minum dan keperluan lainnya. Untuk pemenuhan kebutuhan ini pengadaan air diambil langsung dari air sungai. Oleh karena itu lokasi pabrik dipilih yang berdekatan dengan sumber mata air atau sungai sehingga dapat mencukupi kebutuhan air tersebut.

3. Tenaga Kerja

Tenaga kerja di Indonesia cukup banyak, sehingga penyediaan tenaga kerja tidak begitu sulit diperoleh. Tenaga kerja yang berpendidikan menengah atau kejuruan dapat diambil dari daerah sekitar pabrik, sedangkan untuk tenaga kerja ahli dapat didatangkan dari kota lain. Disamping itu, lokasi pabrik mudah dijangkau oleh transportasi angkutan yang beroperasi secara permanent pada daerah lokasi pabrik.

4. Pemasaran

Dari segi pemasaran, dipilih lokasi pabrik di Gresik, karena berdekatan dengan ibukota Jawa Timur sehingga menguntungkan untuk pemasaran produk di dalam maupun di luar negeri.

5. Sarana Transportasi

Untuk sarana transportasi pada lokasi di Gresik sangat memadai karena terdapat jalan raya yang baik, jalan biasa maupun jalan tol dan dekat dengan pelabuhan yang akan mempermudah pengangkutan bahan baku dan produk dari dan ke Gresik.

1.4. Tinjauan Pustaka

Acrylamide sudah ditemukan sejak 1893, namun baru mulai produksi secara komersil setelah ditemukannya *acrylonitrile* pada tahun 1940. untuk pertama kalinya *acrylamide* ditawarkan dalam dunia perdagangan pada tahun 1952 oleh *American Cyanamid Company* dan diproduksi secara komersil mulai tahun 1954. Pada masa sekarang pabrik *acrylamide* sudah tersebar di Rusia, Jepang dan Eropa (Kirk Othmer, 1978).

1.4.1. Macam-Macam Proses

Proses pembuatan *acrylamide* ada dua macam, yaitu :

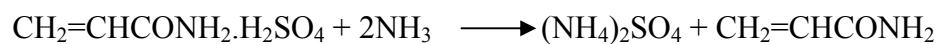
1. Metode Asam sulfat

Reaksi yang terjadi :

- Di Reaktor :



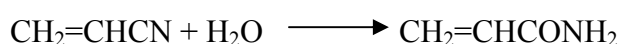
- Di Netralizer :



Pada proses ini mula-mula antara H_2O dengan asam sulfat pekat dicampur menjadi larutan asam sulfat encer. Kemudian direaksikan dengan *acrylonitrile* menjadi *acrylamide* sulfat pada suhu 90°C dan tekanan 1 atm. Setelah itu dinetralkan dengan NH_3 untuk mengikat sulfat, sehingga akan dihasilkan *acrylamide* dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Larutan *acrylamide* dipekatkan dan dikristalkan. Kristal *acrylamide* kemudian dikeringkan. Metode ini relatif mudah dan memberikan hasil *acrylamide* sulfat yang tinggi. Proses netralisasi dilakukan dengan menggunakan NH_3 di tangki *Netralizer* (NT-01). Proses ini merupakan tahap yang penting, karena dalam proses ini terjadi pemisahan antara *acrylamide* yang masih mengandung asam sulfat menjadi *acrylamide*, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dan air. Digunakan NH_3 karena antara NH_3 yang terbentuk dalam *acrylamide* merupakan senyawa yang tidak saling melarutkan sehingga memudahkan proses pemisahannya.

2. Metode Hidrasi Katalitik

Reaksi yang terjadi :





Pada proses ini menggunakan katalis padat berupa logam tembaga. Reaksi berlangsung selama 1 jam, *acrylonitrile* yang bereaksi diuapkan dan akan terbentuk *acrylamide* murni.

Proses hidrasi berlangsung pada suhu 50°C atau lebih tinggi. Kecepatan akan lebih tinggi dengan meningkatnya suhu. Pada suhu 150°C atau lebih, proses polimerisasi dari *acrylonitrile* maupun *acrylamide* murni mulai berlangsung, oleh karena itu temperatur optimal adalah 70 sampai 150°C.

Katalis yang digunakan jika sudah tidak aktif perlu diaktifkan dengan proses regenerasi yang merupakan reaksi yang sangat eksotermis. Oleh karena itu dalam proses ini, hal tersebut merupakan masalah yang harus dihadapi.

Pemilihan Proses

Setelah memperhatikan kedua proses tersebut diatas dipilih proses yang pertama, yaitu proses asam sulfat dengan pertimbangan

1. Proses asam sulfat merupakan proses yang komersil dan lebih sederhana.
2. Proses pemurnian produk lebih mudah dari pada proses yang kedua.
3. Harga produk *acrylamide* dengan proses asam sulfat relatif lebih tinggi dibandingkan dengan proses hidrasi katalitik.

1.4.2. Kegunaan Produk

Pada saat ini *acrylamide* banyak digunakan sebagai thickening *agent* bagi air, bahan pembantu penyerapan zat warna pada proses pembuatan kertas serta sebagai flokulan pada proses pemisahan padatan halus dalam larutan tersuspensi.

1.4.3. Sifat Fisis dan Kimia

1. Bahan Baku

a. *Acrylonitrile*

- Sifat Fisis :
- Rumus Kimia : C_3H_3N
- Berat Molekul : 53,015 g/gmol
- Kenampakan : Jernih, cairan berbau menyengat
- Titik didih 1 atm : 77,3 °C
- Titik beku : -83,5 °C
- Kelarutan dalam air (20 °C) : 7,3 wt %



- pH (5 % larutan air) : 6,0 – 7,5
 - Densitas (20 °C) : 0,806 g/cm³
 - Densitas uap (air = 1) : 1,8
 - Volatilitas (78 °C) : > 99 %
 - Tekanan uap (20 °C) : 11,5 kPa
 - Viskositas (25 °C) : 0,34 cp
 - Temperatur kritis (Tc) : 246 °C
 - Tekanan kritis (Pc) : 3,54 Mpa
 - Volume kritis : 3,798 cm³/g
- (Othmer, 1978)

b. Data Termodinamika :

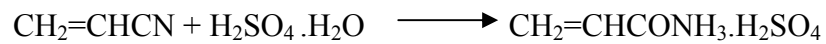
- Entropi (uap, 25 °C, 1 atm) : 65, 47 cal/°C.mol
 - *Flash point* : 0 °C
 - Energi Bebas Pembentukan (ΔG°_g , 25 °C) : 195 kJ/mol
 - Entalpy Pembentukan (25 °C)
 - ΔH_g° : 185 kJ/mol
 - ΔH_l° : 150 kJ/mol
 - Panas Pembakaran (25 °C) : 1761,5 kJ/mol
 - Panas Penguapan (25 °C) : 32,65 kJ/mol
 - Kapasitas Panas Molar
 - Cair : 2,09 kJ/(kg.K)
 - Gas (50 °C) : 1,204 kJ/(kg.K)
 - Panas Peleburan Molar : 6,61 kJ/mol
 - Entropi (gas, 25 °C) : 274 kJ/mol
 - Panas Pelarutan : -232,12 kkal/gmol
 - Kelarutan (dalam 100 bagian)
 - Air (22 °C) : 0,07
 - Alkohol : *soluble*
- (Perry, 1867)

c. Sifat-sifat Kimia

- *Acrylonitrile* (C₃H₃N) merupakan molekul tak jenuh yang memiliki karbon-karbon dengan ikatan rangkap konjugasi dengan golongan nitrile.



- Acrylonitrile merupakan molekul polar karena adanya nitrogen heteroatom.
- Polimerisasi acrylonitrile dapat berlangsung tanpa inhibitor hydroquinone.
- Acrylonitrile dapat bereaksi dengan asam sulfat encer untuk membentuk acrylamide sulfat.



- Data kelarutan acrylonitrile dalam air

Tabel 1.3. Data Kelarutan Acrylonitrile dalam Air

Temperatur °C	Acrylonitrile di dalam air, % berat	Air di dalam acrylonitrile % berat
- 50		0,4
- 30		1,0
0	7,1	2,1
10	7,2	2,6
20	7,3	3,1
30	7,5	3,9
40	7,9	4,8
50	8,4	6,3
60	9,1	7,7
70	9,9	9,2
80	11,1	10,9

(Kirk & Othmer, 1983)

2. Asam sulfat

a. Sifat-sifat Fisis :

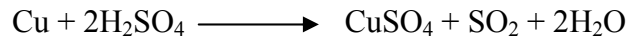
- Rumus Kimia : H_2SO_4
- Berat Molekul : 98,94 g/gmol
- Kenampakan : Cairan tak berwarna
- Kemurnian : 98% H_2SO_4
2% H_2O
- Densitas : 1,7513 g/cm³
- Titik didih : 249°C
- Spesifik gravity : 1,84

b. Sifat-sifat Kimia :

- Asam sulfat adalah zat pengoksida yang kuat.

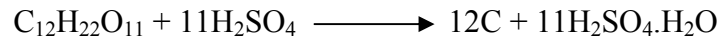


Reaksi yang terjadi adalah :



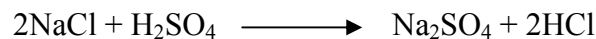
- Asam sulfat pekat dapat digunakan untuk menghilangkan air dari suatu zat.

Reaksi yang terjadi adalah :



- Asam sulfat dapat bereaksi dengan Natrium klorida.

Reaksi yang terjadi adalah :



- Asam sulfat merupakan asam kuat bervalensi 2 dan bersifat higroskopis.

3. Air

a. Sifat Fisis

- Rumus Kimia : H_2O
- Berat Molekul : 18,015 g/gmol
- Kenampakan : Cairan, jernih (tak berwarna)
- Titik didih : 100°C
- Titik beku : 0°C
- Berat jenis : 0,999 kg/liter
- *Spesific gravity* : $1,004^\circ$ (liq), $0,915^\circ$ (ice)
- Titik lebur 1 atm : 0°C
- Titik didih 1 atm : 100°C
- Densitas 25°C : 0,998 g/ml
- Viscositas 25°C : 894,9 cp
- Tekanan kritis : 281,4 atm
- Temperatur kritis : $374,15^\circ\text{C}$
- Tekanan uap:
 - 20°C : 17,54 mmHg
 - 30°C : 31,82 mmHg
 - 50°C : 92,51 mmHg
 - 90°C : 525,80 mmHg



b. Data Termodinamika

- Panas Ionisasi : 55,71 kJ/mol
- Panas Pembentukan 18 °C : 285,89 kJ/mol
- Panas Penguapan 100 °C : 40,85 kJ/mol
- Panas pengembunan 0 °C : 6,01 kJ/mol

c. Sifat-sifat Kimia :

- Merupakan cairan jernih yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa.
- Merupakan pelarut yang polar.

4. Ammonia

a. Sifat-sifat Fisis :

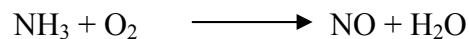
- Rumus Kimia : NH_3
- Berat Molekul : 17,03 kg/kmol
- Kenampakan : Gas, tidak berwarna, mudah menguap, berbau vinnegar
- Titik cair normal : $-77,7^\circ\text{C}$
- Titik didih normal (fase gas) :
 - Fase gas : $-33,35^\circ\text{C}$
 - Fase cair (30 % NH_3 , 70 % H_2O) : 36°C
- Temperatur kritis : $207,5^\circ\text{C}$
- Tekanan kritis : 111,3 atm
- Volume kritis : $72,5 \text{ cm}^3/\text{gmol}$
- Spesifik gravity pada (-79°C) : 0,817
- (15°C) : 0,617
- Densitas : 0,682 g/cc
- Kelarutan dalam 100 gram air, 1 atm pada
 - 0°C : 42,8%
 - 20°C : 33,1%
 - 40°C : 23,4%



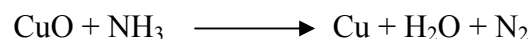
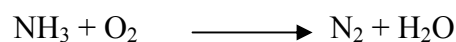
b. Sifat-sifat Kimia

- Ammonia anhydrous dalam bentuk cair maupun gas merupakan bahan kimia yang menyebabkan iritasi yang kuat pada kulit, mata dan saluran pernapasan.
- Dalam keadaan normal (tekanan 1 atm) berupa gas, tidak berwarna, berbau tajam dan lebih ringan dari udara.
- NH_3 dapat membentuk campuran mudah terbakar dengan udara pada nilai ambang batas (16 – 25% volume).
- Bahaya ledakan NH_3 akan semakin meluas apabila kontak langsung dengan oksigen pada temperatur serta tekanan yang tinggi di atmosfer.

- Reaksi oksida reduksi



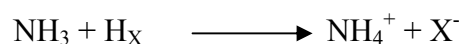
Jika tanpa katalis :



- Reaksi substitusi

Masuknya ion H^+ dalam ammonia, sering disebut dengan amonisasi.

Misalnya :



B. Produk

1. Acrylamide

a. Sifat-sifat Fisis :

- Rumus Kimia : $\text{C}_3\text{H}_5\text{NO}$
- Berat Molekul : 71,8 g/gmol
- Kenampakan : kristal putih
- Titik didih (25 mmHg) : 125°C
- Titik lebur : $84,5^\circ\text{C}$
- Densitas (30°C) : 1,122 g/gmol
- Tekanan uap (25°C) : 0,007 mmHg



- Sistem kristal : monoklinik atau triklinik
- b. Data Termodinamika :
 - Panas Pelarutan : 1,099 kcal/mol
 - Panas Polimerisasi : 19,8 kcal/mol
 - Panas Peleburan : 59,21 kcal/mol
- c. Sifat-sifat Kimia :
 - Larut dalam air, methanol, etanol dimetil eter dan acetone.
 - Tidak larut dalam benzene dan heptane.
 - Mudah berpolimerisasi pada titik leburnya atau di bawah sinar *ultra violet*.
 - *Acrylamide* padat stabil pada suhu kamar, tetapi mudah berpolimerisasi dengan cepat jika kontak dengan bahan oksid seperti *chlorine dioxide* dan *bromine*.
 - Jika dipanaskan susunannya berubah, memancarkan gas beracun, bau menyengat dan nitrogen oxide.
 - Jika dipanaskan pada suhu tinggi dapat meledak.

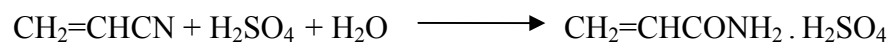
2. Ammonium sulfat

- a. Sifat-sifat Fisis :
 - Rumus kimia : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
 - Berat molekul : 132,14 g/gmol
 - Titik lebur : $512,2^{\circ}\text{C}$
 - Fase : Padat
 - Warna : Putih
 - Densitas : 1,769 kg/l
- b. Sifat-sifat Kimia :
 - Sebagai pupuk yang mengandung 2 unsur hara yang dibutuhkan tanaman yaitu Nitrogen dan Belerang.
 - *Medicine*.
 - Katalis untuk membuat makanan menjadi berwarna gelap coklat kemerah-merahan.
 - Digunakan untuk menghilangkan debu dari kulit
 - *Build Chemical Industry*.
 - *Electroplating*.

1.4.4. Tinjauan Proses Secara Umum

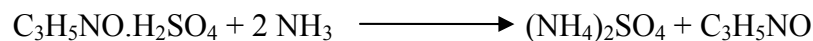
Bahan baku berupa *acrylonitrile* 99 %, asam sulfat 98 % dan H₂O diumpankan dari tangki penyimpanan menuju Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dimana Reaktor difungsikan untuk mereaksikan *acrylonitrile*, asam sulfat dan air sehingga terbentuk *acrylamide* sulfat, dengan sifat reaksi *irreversible*, eksotermis pada suhu 90°C dan tekanan 1 atm, kondisi operasi *isothermal non adiabatis*, menggunakan pendingin jaket dan susunan reaktor seri.

Reaksi :



Hasil yang keluar dari Reaktor dipurifikasikan dalam *Netralizer* menggunakan penetral ammonia untuk memisahkan *acrylamide* sulfat menjadi *acrylamide* dan ammonium sulfat yang selanjutnya dipisahkan dengan *Centrifuge*.

Reaksi:



Hasil pemisahan berupa (NH₄)₂SO₄ dilakukan proses pencucian dan pengeringan untuk memperoleh produk (NH₄)₂SO₄ kemurnian yang diinginkan, sedangkan larutan C₃H₅NO dikristalkan kemudian dipisahkan antara kristal dan *mother liquor*. Selanjutnya dikeringkan untuk memperoleh produk C₃H₅NO dengan kemurnian yang diinginkan.

Produk C₃H₅NO dengan kemurnian 99 % dan (NH₄)₂SO₄ dengan kemurnian 99 % disimpan sementara dalam Silo sebelum proses pengepakan.