

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Aniline merupakan senyawa organik dengan komposisi C_6H_7N yang termasuk dalam senyawa aromatik yang memiliki rantai NH_2 . Selain itu, *aniline* dapat digunakan sebagai bahan baku *urethane*, akselerator produksi karet, bahan *intermediate* untuk herbisida dan pestisida, pembuatan pewarna, dan farmasi.

Asia Pasifik adalah kawasan dengan kebutuhan *aniline* terbesar, sekitar 1.850.000 ton/tahun, diikuti oleh Eropa Barat sekitar 1.650.000 ton/tahun, dan Amerika Serikat sekitar 1.150.000 ton/tahun. Kebutuhan *aniline* di Jepang, Eropa Timur, Asia Tengah, dan Amerika Latin sebesar 427.000 ton/tahun, 188.600 ton/tahun, 145.600 ton/tahun, dan 60.000 ton/tahun. Permintaan global pada tahun 2013 adalah 5.480.000 ton/tahun dan pertumbuhan permintaan global sebesar 5,1 % sampai tahun 2018 (TranTech Consultants, Inc., 2014).

Pabrik *aniline* yang didirikan pada 2021 dengan kapasitas 55.000 ton/tahun, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan *aniline* di Indonesia dan sebagian besar diekspor ke luar negeri. Di samping itu, dengan adanya pabrik *aniline* dapat membuka lapangan pekerjaan baru dan memicu berdirinya pabrik lain yang menggunakan bahan baku *aniline*.

I.2. Kapasitas Perancangan

1.2.1. Kebutuhan *Aniline* di Indonesia dan Pasar Ekspor

Untuk pemenuhan kebutuhan *aniline* di dalam negeri, Indonesia masih mengimpor dari negara lain. Data impor *aniline* dalam negeri ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel I. 1 Data impor aniline di Indonesia

Tahun	Kebutuhan impor (Ton)	Laju Pertumbuhan Impor/Tahun
2008	878,65	797,56
2009	1.676,21	551,13
2010	2.227,34	-609,88
2011	1.617,45	-542,93
2012	1.074,52	580,99
2013	1.655,51	-418,87
2014	1.236,64	
Total		357,99

(Sumber : UN Data, 2016)

Tabel 1.1, menunjukkan kebutuhan *aniline* di Indonesia pada tahun 2021. Perkiraan impor *aniline* di Indonesia dihitung menggunakan persamaan :

$$y_2 = a \cdot \text{deltax} + y_1 \dots\dots\dots(I.1)$$

dengan :

y_2 = Perkiraan jumlah impor pada tahun 2021

y_1 = Jumlah impor tahun referensi terakhir

a = Rata-rata pertumbuhan impor

Deltax = Tahun pabrik berdiri-tahun referensi terakhir

Pertumbuhan impor *aniline* di Indonesia sebesar 59,67 ton/ tahun. Sehingga dapat diperkirakan kebutuhan *aniline* di Indonesia pada tahun 2021 sebesar 1.654,29 ton/tahun.

Pabrik *Aniline* yang akan didirikan bertujuan untuk pemenuhan kebutuhan Indonesia dan luar negeri. Kebutuhan *aniline* di beberapa negara di Asia ditunjukkan pada Tabel 1.2.

Tabel I. 2 Data impor *aniline* di beberapa negara di Asia

Negara	Kebutuhan (ton/tahun)					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
India	1.9582,62	2.3933,43	1.4568,15	3.0877,77	37.275,89	38.268,32
Rep.of Korea	7.018,43	17.156,91	15.992,12	35.209,73	18.054,60	24.459,13

(Sumber : UN Data, 2016)

Perkiraan kebutuhan impor *aniline* di India dan Rep.of Korea pada tahun 2021 ditunjukkan oleh Tabel 1.2. menggunakan persamaan :

$$y_2 = a \cdot \text{deltax} + y_1 \dots\dots\dots(I.2)$$

dengan :

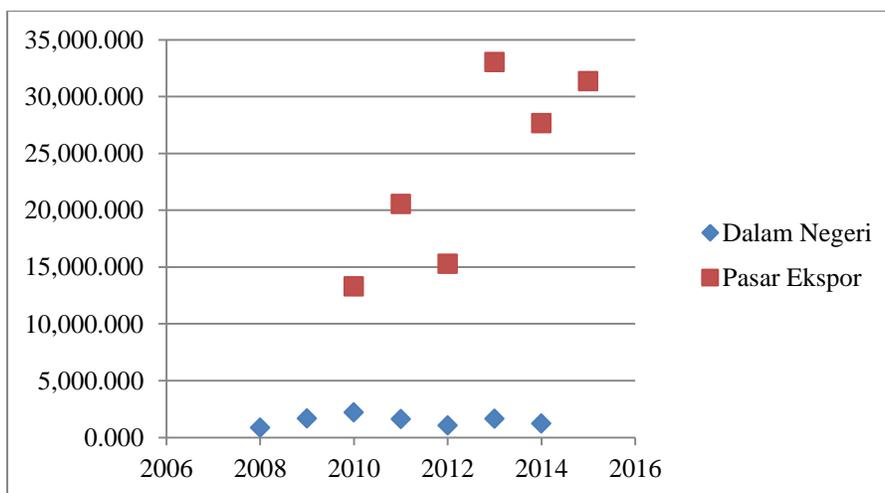
y_2 = Perkiraan jumlah impor pada tahun 2021

y_1 = Jumlah impor tahun referensi terakhir

a = Rata-rata pertumbuhan impor

deltax = Tahun pabrik berdiri-tahun referensi terakhir

Rata-rata pertumbuhan impor *aniline* di India dan *Republic of Korea* sebesar 3.737,16 ton/ tahun dan 3.488,14 ton/tahun. Perkiraan kebutuhan *aniline* di India dan *Republic of Korea* pada tahun 2021 sebesar 53.039,60 ton/tahun.



Gambar I. 1 Data Kebutuhan *Aniline* di Dalam dan Luar Negeri

1.2.2. Ketersediaan Bahan Baku dan Katalis

Penyediaan bahan baku merupakan salah satu faktor yang cukup penting dalam pendirian pabrik. Bahan baku utama pembuatan *aniline* yaitu *ammonia* dan *phenol* serta dibantu dengan katalis silika-alumina ($\text{SiO}_2\text{-AlO}_3$).

Tabel I. 3 Sumber bahan baku dan katalis

No.	Bahan Baku dan Katalis	Produsen	Kapasitas Pabrik	Kapasitas yang Dibutuhkan	Sumber
1.	<i>Ammonia</i>	PT. Petrokimia Gresik	445.000 ton/tahun	10.652 ton/tahun	Laporan Paktek Kerja PT.Petrokimia Gresik
2.	<i>Phenol</i>	Deepak Phenolics, India	200.000 ton/tahun	68.286 ton/tahun	http://deepakphenolics.com/
3.	Silica-alumina ($\text{SiO}_2\text{-AlO}_3$).	Shanghai Jiuzhou Chemicals Co.	7.200 ton/tahun	522 ton/tahun	http://shjiuzhou.en.alibaba.com/

1.2.3. Kapasitas Produksi Pabrik *Aniline*

Tabel I. 4 Kapasitas produksi industri *aniline* di dunia

Produsen	Kapasitas (ton/tahun)
Aristech Chemical, Haverhill, Ohio	91.000
Du Pont, Beaumont, Tex	113.000
First Chemical, Pascagoula, Miss	136.000
Mobay, New Martinsville, W. Va.	18.000
Rubicon, Geismar, LA	172.000

(Othmer, 1998)

Dari berbagai proses produksi *aniline*, diperoleh data bahwa kapasitas minimum untuk pendirian pabrik *aniline* adalah 18.000 ton/tahun oleh Mobay di New Martinsville, sedangkan kapasitas terbesar untuk pabrik tersebut adalah 172.000 ton per tahun oleh Rubicon di L.A. Berdasarkan ketersediaan bahan baku, kebutuhan *aniline* di luar negeri, khususnya India dan *Republic of Korea*, serta kapasitas pabrik yang masih beroperasi, maka dalam perancangan pabrik ini diambil kapasitas produksi sebesar 55.000 ton/tahun.

Kapasitas yang dipilih lebih besar daripada perkiraan kebutuhan impor Indonesia dengan selisih sekitar 53.500 ton dengan pertimbangan ketersediaan bahan baku, pemenuhan kebutuhan ekspor ke beberapa negara di Asia khususnya India dan *Republic of Korea* serta pemberian kesempatan berdirinya industri berbahan baku *aniline*.

I.3. Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik sangat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan maupun penentuan kelangsungan berdirinya. Studi kelayakan atau survey perlu dilakukan sebelum suatu pabrik didirikan untuk pertimbangan faktor-faktor kelangsungan pabrik. Perancangan pabrik *aniline* direncanakan di daerah Gresik, Jawa Timur dengan dipengaruhi faktor-faktor sebagai berikut:

1.3.1. Faktor Utama

a. Persediaan bahan baku

Bahan baku merupakan faktor penting dalam kelangsungan operasi suatu pabrik.. Jika lokasi yang dipilih mendekati dengan sumber bahan baku, maka akan mengurangi biaya transportasi. Lokasi pabrik di Gresik ini sangat tepat mengingat sumber bahan baku *ammonia*

diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik, yang terletak di daerah Gresik, Jawa Timur. *Phenol* dibeli dari Deepak Phenolics, India dan silika-alumina yang digunakan sebagai katalis dipasok dari Shanghai Jiuzhou Chemicals Co.

b. Transportasi

Sarana transportasi untuk penyediaan bahan baku dan pemasaran produk dapat dilakukan melalui jalur darat dan jalur laut. Untuk jalur laut, digunakan Pelabuhan Manyar, Gresik yang jaraknya sekitar ± 10 km dari lokasi pabrik yang direncanakan.

c. Utilitas

Fasilitas utilitas meliputi penyediaan listrik, bahan bakar dan air. Daerah Gresik merupakan daerah kawasan industri sehingga penyediaan bahan bakar dan energi tidak menjadi masalah. Kebutuhan listrik didapat dari PLN, sedangkan bahan bakar yaitu natural gas didapat dari jaringan sistem gas Kawasan Industri Gresik. Kebutuhan air dapat dipenuhi dengan pendirian unit pengolah air dimana airnya berasal dari Sungai Brantas.

d. Pemasaran Produk

Konsumen *aniline* adalah industri farmasi, dan juga industri tekstil. Produk ditargetkan untuk dipasarkan baik di dalam negeri maupun diekspor ke luar negeri. Kebutuhan di Indonesia akan dipasarkan antara lain ke PT Kusuma Sandang Mekarjaya, PT Sri Rejeki Isman Tbk, dan PT Asiatex Garmino sebagai produsen industri tekstil, PT Aditama Raya Farmino, PT Afifarma, dan PT Kalbe Farma sebagai produsen industri farmasi, dan ekspor ditujukan ke wilayah Asia terutama negara India dan Republic of Korea.

e. Tenaga kerja

Tenaga kerja dapat dipenuhi dari daerah sekitar lokasi pabrik maupun dari luar lokasi pabrik, mengingat Pulau Jawa merupakan wilayah yang banyak terdapat lembaga pendidikan yang menghasilkan tenaga ahli maupun non ahli baik dari segi kualitas dan kuantitas. Didirikannya pabrik *aniline* ini akan mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia.

1.3.2. Faktor Penunjang

Gresik telah ditetapkan sebagai kawasan industri oleh pemerintah sehingga untuk pendirian suatu pabrik akan lebih mudah. Rincian peta lokasi pabrik *aniline* yang direncanakan ditunjukkan pada Gambar 1.3.



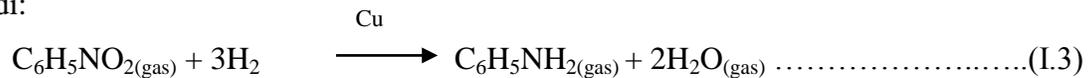
Gambar I. 2 Peta Lokasi Pabrik *Aniline* di Gresik, Jawa Timur

I.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1. Berbagai Jenis Proses Pembuatan *Aniline*

1.4.1.1. Proses Hidrogenasi *Nitrobenzene* Fase Uap

Proses reduksi *nitrobenzene* merupakan proses pembuatan *aniline* dari *nitrobenzene* uap yang direaksikan dengan hidrogen pada temperatur 270°C dan tekanan 2,3 bar. Reaksi yang terjadi:



Reaksi terjadi dalam reaktor *fluidized bed* yang mengandung katalis *silica supported copper* dengan waktu reaksi yang sangat pendek. Katalis yang digunakan mengalami deaktivasi yang cukup cepat sehingga harus selalu diregenerasi. Reaksi terjadi pada tekanan atmosferis dengan perbandingan mol umpan *nitrobenzene* dan hidrogen sebesar 1 : 10. Konversi yang diperoleh sebesar 80 % (Petrov, 1992).

1.4.1.2. Proses Reduksi Nitrobenzene

Proses reduksi *nitrobenzene* adalah proses pembuatan *aniline* dengan mereaksikan *nitrobenzene* cair dengan air. Reaksi berlangsung pada temperatur 200°C dan tekanan 12,3 bar.



Pada proses ini reaksi dilakukan dengan adanya asam klorida dan *cast iron*. *Cast iron*, air, dan katalis ditambahkan secara bertahap dalam jumlah relatif sedikit ke dalam *nitrobenzene*. Biasanya 10-20% dari total *cast iron* ditambahkan pada permulaan dan campuran dipanaskan menggunakan *steam* sampai temperatur 200°C.

Pada umumnya, air yang ditambahkan ke dalam reaktor dalam bentuk air-*aniline* dari *recovery* separator maupun kolom distilasi. Kurang lebih 30% HCl ditambahkan bersama air sebagai katalis. Asam akan bereaksi dengan *cast iron* membentuk garam besi. Selanjutnya hasil reaksi dipisahkan melalui tahap pemisahan dan pemurnian. *Yield* yang diperoleh dengan menggunakan proses ini adalah 92 % berat terhadap *nitrobenzene* dengan konversi sebesar 90% (Keyes, 1957).

1.4.1.3. Proses Aminasi Chlorobenzene

Proses aminasi *chlorobenzene* adalah proses pembuatan *aniline* mereaksikan *chlorobenzene* dengan *ammonia* cair.



Chlorobenzene cair dialirkan ke *rolled steel autoclave* yang disusun secara horizontal. Katalis yang digunakan adalah *cuprous oxide*. Sekitar 0,1 mol *cuprous oxide* dan 4-5 mol dari 28-30% *ammonia* ditambahkan per mol *chlorobenzene*. Reaksi dimulai pada Temperatur 180°C kemudian dipertahankan pada Temperatur 210-220°C dengan pengadukan konstan. Tekanan berkisar 51,73-59,76 bar.

Proses pembuatan *aniline* dengan metode ini juga menghasilkan reaksi samping. Pengurangan reaksi samping menggunakan larutan *ammonia* yang berlebih. Reaksi samping yang terjadi adalah :

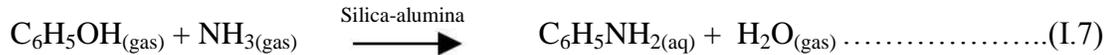


Produk reaksi selanjutnya didinginkan sampai temperatur 100°C dan dialirkan ke separator untuk pemisahan *ammonia* dan komponen lain. Larutan *ammonia* dialirkan menuju

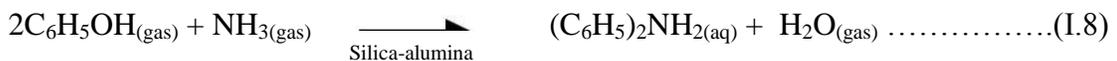
absorption dan *condensing system* untuk *recovery*. *Yield* yang diperoleh dari proses ini 85-90 % terhadap *chlorobenzene* dan konversi sebesar 88% (Keyes, 1957).

1.4.1.4. Proses Ammonia dengan Phenol

Pada proses ammonolisis *phenol*, *ammonia* dan *phenol* direaksikan dalam fase gas pada temperatur 300-600°C dan tekanan 16 bar. Reaksi berlangsung dalam reactor fixed bed dengan campuran silica-alumina sebagai katalis. Reaksi :



Ammonia dibuat berlebih terhadap *phenol* dengan perbandingan 20:1. Dari proses ini dihasilkan juga reaksi samping dan produk samping berupa *diphenylamine* (DPA). Reaksi :



Kunci dari proses ini adalah katalis hasil pengembangan Halcon yang dapat mempertinggi *yield phenol* dan *ammonia* secara kuantitatif. Mitsui PC 1 telah menggunakan katalis yang telah dikembangkan oleh Halcon ini selama 7 tahun tanpa regenerasi. Konversi yang diperoleh dari proses ini adalah 94% terhadap *phenol* dengan *yield* 80% terhadap *ammonia* (Ullman, 1998). Dari proses ini dapat dihasilkan *aniline* dengan kemurnian tinggi (98%) dan limbah yang sedikit. Selain itu produk yang dihasilkan juga merupakan produk yang bernilai tinggi (Othmer, 1998).

Tabel I. 5 Perbandingan berbagai proses pembuatan *aniline*

Parameter	Hidrogenasi Nitrobenzene Fase Uap	Reaksi Reduksi Nitrobenzene	Aminasi Chlorobenzene	Reaksi Ammonia dengan Phenol
Bahan Baku	C ₆ H ₅ NO ₂ dan H ₂	C ₆ H ₅ NO ₂ , H ₂ O, dan Fe	C ₆ H ₅ Cl dan NH ₃	C ₆ H ₅ OH dan NH ₃
Katalis	Cu	HCl	Cu ₂ O	Al ₂ O ₃ .SiO ₂
Produk Samping	Tidak ada	Fe ₃ O ₄	C ₆ H ₅ OH; NH ₄ Cl,	(C ₆ H ₅) ₂ NH ₂
Tekanan	Atmosferis	12,3 bar	51 bar	16 bar

Temperatur	245-290°C	200°C	220°C	370°C
Konversi	80%	90%	88%	94%
Parameter	Hidrogenasi Nitrobenzene Fase Uap	Reaksi Reduksi <i>Nitrobenzene</i>	Aminasi <i>Chlorobenzene</i>	Reaksi <i>Ammonia</i> dengan <i>Phenol</i>
Kelebihan	Tekanan atmosferis, pemurnian produk mudah dilakukan, tidak butuh pemisahan katalis dan produk	Produk samping memiliki nilai jual	Produk samping memiliki nilai jual	Produk samping memiliki nilai jual tinggi
Kekurangan	Membutuhkan umpan hidrogen berlebih	Produk samping lebih berharga dibandingkan produk utama (<i>aniline</i>).	Tekanan tinggi sehingga biaya investasi dan produksi mahal,	Baik digunakan jika harga <i>Phenol</i> yang murah

Berdasarkan ciri-ciri masing-masing proses tersebut, maka diputuskan pembuatan *aniline* ini menggunakan proses dengan bahan baku *ammonia* dengan *phenol* dengan pertimbangan konversi yang besar dan harga jual produk utama serta produk samping yang tinggi.

1.4.2. Kegunaan Produk

Penggunaan *aniline* di Indonesia dapat dikatakan sebagai pemenuhan bahan kimia menengah. Hal ini akan lebih jelas lagi jika ditinjau dari kegunaan *aniline* sebagai bahan dalam pembuatan *rigid polyurethanes* dan *reaction injection moded (RIM)*, industri karet sintesis, pharmaceutical serta kimia fotografi, resin dari *aniline*, dan bahan *corrothion inhibitor*. Berbagai turunan *aniline* penting untuk industri tekstil dan kertas (Othmer, 1998).

1.4.3. Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku dan Bahan Pendukung

1.4.3.1. *Ammonia* (NH₃)

a. Sifat Fisik :

Berat Molekul	: 17,03
Titik didih	: - 33°C (1 bar)

Titik leleh	: -77°C (1 bar)
Temperatur kritis	: 133°C
Tekanan kritis	: 113 bar
ΔH° pembentukan (25°C)	: -46,22 KJ/mol
Kelarutan dalam air (%berat)	
Pada 0°C	: 42,81
Pada 20°C	: 33,13
Pada 40°C	: 23,44

(Othmer,1998)

b. Sifat Kimia :

Pada Temperatur tinggi terdekomposisi menjadi hidrogen dan nitrogen.

Bereaksi dengan air dan bersifat reversible



(Othmer, 1998)

1.4.3.2. Phenol

a. Sifat fisis :

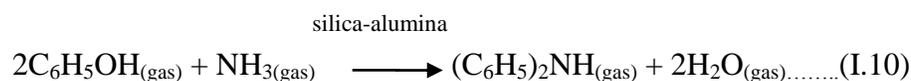
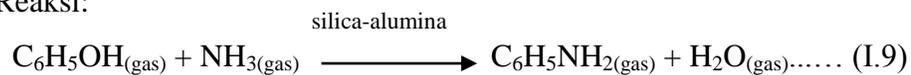
Rumus molekul	: C ₆ H ₅ OH
Berat molekul	: 94 g/gmol
<i>Specific gravity</i>	: 0,82 gr/ml
Titik didih	: 181°C (1 bar)
Titik leleh	: 33°C (1 bar)
Temperatur kritis	: 421°C
Tekanan Kritis	: 61 bar

(Perry, 2008)

b. Sifat kimia :

Reaksi dengan *ammonia* menghasilkan *aniline* dan *dyphenilamine*.

Reaksi:



(Othmer, 1998)

1.4.3.3. Katalis *silica-alumina* ($\text{SiO}_3\text{-AlO}_2$) :

a. Sifat fisis :

Rumus kimia	: $\text{AlO}_2\text{,SiO}_3$
Kepadatan	: 2,8-2,9 gr/cm^3
Indeks bias	: 1,56
Volume pori	: 0,2-0,7 cm^3/gram
Tidak mudah larut	

b. Sifat kimia :

Dalam proses perengkahan mempunyai luas permukaan rata-rata 200-600 m^2 . Pelarutan dari alumina-silika dengan aktivator yang berupa alkali yang akan menghasilkan monomer $\text{Si}(\text{OH})_4$ dan $\text{Al}(\text{OH})_4$ yang kemudian akan terpolikondensasi menjadi polimer alkali alumino silikat.

(dokumen.tips)

1.4.4. Produk

1.4.4.1. *Aniline*

a. Sifat fisis:

Rumus molekul	: $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$
Berat molekul	: 93 gr/gmol
Titik didih	: 188°C (1 bar)
Titik leleh	: -6,30°C (1 bar)
Temperatur kritis	: 426°C
Tekanan kritis	: 53,09 bar

(Perry, 2008)

b. Sifat kimia :

Aniline larut dalam pelarut organik dengan baik, larut dalam air dengan tingkat kelarutan 3,5% pada 25°C.

Merupakan basa lemah ($K_b = 3,8 \times 10^{-10}$).

Pemanasan *aniline* hidroklorid dengan senyawa *aniline* sedikit berlebihan pada tekanan 6 bar menghasilkan senyawa *dyphenilamine*.

1.4.4.2. *Diphenylamine*

a. Sifat fisis

Rumus molekul	: $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$
Titik didih	: 302°C (1 bar)
Titik leleh	: 53°C (1 bar)
Densitas	: $1,16 \text{ g/cm}^3$
Kelarutan dalam air (%berat)	: 820 g/l pada 20°C

(www.carlroth.com)