BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pembangunan Pabrik

Pembangunan di Indonesia pada era globalisasi seperti sekarang ini semakin pesat dan berkembang. Salah satu contoh yaitu pembangunan industri-industri kimia yang dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, dengan daya saing dan daya jual yang berbeda-beda untuk menarik perhatian pasar. Dengan berjalannya waktu atas peningkatan yang terjadi maka kebutuhan untuk bahan baku industri kimia juga mengalami peningkatan.

Nitrobenzena ($C_6H_5NO_2$) nama lainnya yaitu *nitrobenzide, nitrobenzol, mononitrobenzol,* MNB, C.I. *solvent black 6, essence of mirbane, essence of myrbane, mirbane oil, oil of mirbane, oil of myrbane, nigrosine spirit soluble B* atau sering dikenal minyak nitrobenzol mirban adalah senyawa hasil nitrasi senyawa aromatik yaitu benzena dengan asam penitrasi baik asam campuran (asam nitrat dan asam sulfat) maupun asam nitrat saja. Bentuk fisik dari senyawa ini berupa cairan berwarna kuning muda (pucat), memiliki aroma seperti buah almond, dan apabila terhisap dan terkena kulit akan bersifat racun. Sebagian besar nitrobenzena (± 97%) merupakan *raw material* dalam pembutan anilin dan dapat digunakan dalam industri farmasi, sebagai bahan peledak, *dyes*, pestisida, *drugs* dan sebagai pelarut dalam industri cat, sepatu dan lantai, *metal polishes*, dan lain-lain.

Keuntungan dari pendirian pabrik nitrobenzena yaitu; dapat memenuhi kebutuhan nitrobenzena di dalam negeri sehingga dapat mengurangi impor dan diharapkan dapat memberi keuntungan finansial dan menambah devisa negara. Selain itu juga dapat membantu pemerintah untuk membuka lapangan kerja sekaligus dapat mendukung berkembangnya industri-industri di Indonesia dan memacu tumbuhnya industri baru terutama nitrobenzena.

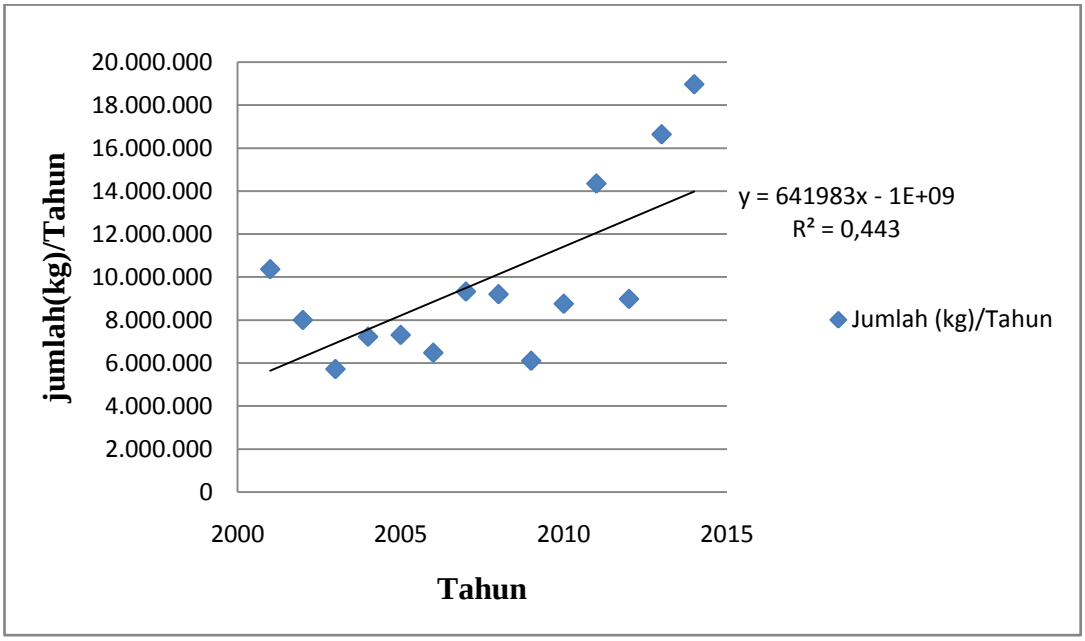
1.2 Kapasitas Pabrik

Salah satu faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik adalah penentuan kapasitas pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan teknis dan ekonomis. Faktor lain yang juga perlu diperhatikan adalah prediksi kebutuhan dalam negeri. Berdasarkan data impor dari Biro Pusat Statistik di Indonesia dari tahun 2001-2014, kebutuhan nitrobenzena adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Data kebutuhan nitrobenzena di Indonesia

No	Tahun	Jumlah (kg)/tahun
1	2001	10.365.987
2	2002	8.000.917
3	2003	5.719.245
4	2004	7.222.948
5	2005	7.305.172
6	2006	6.478.279
7	2007	9.324.354
8	2008	9.202.090
9	2009	6.102.897
10	2010	8.756.457
11	2011	14.349.759
12	2012	8.980.653
13	2013	16.639.160
14	2014	18.968.543

Sumber (Biro Pusat Statistik Indonesia, data tahun 2001-2014)



Gambar 1. Prediksi kebutuhan nitrobenzena di Indonesia

M = P + (P x MI) . . . . . (1.1)

Dimana : M = kapasitas produksi

P = kebutuhan berdasarkan BPS

MI = perkiraan jumlah kebutuhan

Pada tahun 2022 diperkirakan 50 % kebutuhan Nitrobenzena:

M = 18.968.543 + (18.968.543 x 0,5)

= 28.452.814,5 kg/tahun

= 28.452,814 ton/tahun

1.2.1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan nitrobenzena adalah benzena, asam nitrat dan asam sulfat telah banyak diproduksi di Indonesia sehingga ketersediannya terjamin. Beberapa pabrik yang menyediakan bahan baku tersebut diantaranya:

- Bahan benzena diperoleh dari PT Pertamina UP di Balikpapan – Kalimatan Timur Kapasitas Produk 80.000 ton/tahun
- Bahan asam sulfat diperoleh dari PT Inti Adonai Intan Prakas di Bontang-Kalimantan Timur Kapasitas Produk 82.500 ton/tahun
- Bahan asam nitrat diperoleh dari PT Kaltim Nitrat Indonesia di Bontang-Kalimantan Timur Barat Kapasitas Produk 300.000 ton/tahun

1.2.2. Kapasitas komersial

Tabel 2 . Data pabrik nitrobenzena di dunia

Produsen	Kapasitas juta ton/tahun
BASF, Geimar, LA	600
Du Pont, Baumont, Tex	380
First Chemical, Pasgoula, Miss	340
First Chemical, Baytown, Tex	500
Rubicon, Geimar, LA	1.140
Total	2.960

(www.the-inovation-group.com)

Dari data pabrik-pabrik yang sudah beroperasi di beberapa negara dapat dilihat secara ekonomis kapasitas minimal berkisar 30.000 ton/th (Faith, Keyes & Clark, 1975).

Berdasarkan pertimbangan di atas, maka dalam perancangan pabrik nitrobenzena yang akan didirikan tahun 2022, direncanakan kapasitas produksi pabrik sebesar 325.000 ton/tahun. Dengan kapasitas tersebut diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan meninjau

kebutuhan dunia yang cukup besar, sehingga produk dapat diekspor ke luar negeri.

1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan Lokasi pabrik sangat penting dalam mendirikan industri atau perusahaan karena lokasi pabrik memiliki peran penting dalam kemajuan dari pabrik untuk kedepannya. Dengan beberapa pertimbangan maka pabrik nitrobenzena dari benzene dan asam campur dengan proses batch akan dibangun di daerah Handil, Gunung Sari Ulu, Balikpapan, Kalimantan Timur. Dengan lokasi tersebut diharapkan dapat memberikan keuntungan bagi masyarakat sekitar. Dari pertimbangan tersebut terdapat beberapa faktor dalam pendirian pabrik nitrobenzena:

1.3.1. Faktor Primer

a. Penyediaan bahan baku

Bahan baku benzena diperoleh dari PT Pertamina UP di Balikpapan, Kalimatan Timur. Kapasitas Produk 80.000 ton/tahun dan Bahan asam sulfat diperoleh dari PT Inti Adonai Intan Prakas di Bontang, Kalimantan Timur. Kapasitas Produk 82.500 ton/tahun. Bahan asam nitrat diperoleh dari PT Kaltim Nitrat Indonesia di Bontang, Kalimantan Timur. Kapasitas Produk 300.000 ton/tahun. Lokasi pabrik berdekatan dengan bahan baku sehingga mendapatkan kemudahan dalam proses produksi.

b. Pemasaran produk

Daerah Kalimantan Timur merupakan daerah yang sangat strategis untuk pendirian suatu pabrik terutama pabrik nitrobenzena, dengan belum adanya pendirian pabrik nitrobenzena di lokasi ini merupakan salah satu penunjang akan kemajuan pesat karena belum mempunyai pesaing. Selain itu lokasi juga berdeketan dengan Pabrik Kaltim Nitrat

Indonesia yang merupakan salah satu bahan baku pembuatan nitrobenzena.

c. Sarana transportasi

Dengan sarana dan prasarana yang memadai sangat dibutuhkan dalam penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Adanya fasilitas jalan raya dan fasilitas Laut Amborawang dapat digunakan sebagai transportasi jalur air yang memadai, maka pemilihan lokasi di daerah Handil sangat tepat.

d. Tenaga kerja

Ketersediaan tenaga kerja tidak begitu sulit, tenaga yang berpendidikan menengah atau kejuruan dapat diambil di sekitar daerah lingkungan pabrik, selain itu daerah Handil yang berdekatan dengan kota Balikpapan Baru merupakan kota kecil yang sedang berkembang.

e. Utilitas

Fasilitas utilitas sangat perlu diperhatikan, sarana pendukung seperti listrik dan sarana lainnya sehingga proses produksi dapat berjalan lancar. Untuk ketersediaan air cukup memadai karena lokasi yang berdekatan dengan laut Amborawang.

1.3.2. Faktor Sekunder

a. Perluasan pabrik

Daerah Handil memiliki kemungkinan untuk memperluas pabrik, karena mempunyai areal yang cukup luas, hal ini diperhatikan dengan meningkatnya produksi sehingga menuntut untuk adanya perluasan pabrik.

b. Karakteristik lokasi

Handil jauh dari keramaian kota. Lokasi tersebut telah disediakan oleh pemerintah, sehingga faktor-faktor lain seperti tenaga kerja, iklim, karakteristik tempat atau lingkungan, dampak sosial serta hukum telah di perhitungkan.

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1. Macam-macam Proses

Nitrobenzena diproduksi secara umum dengan nitrasi secara langsung benzen dengan menggunakan campuran asam nitrat dan asam sulfat atau dengan asam nitrat saja. Namun secara komersial yang digunakan adalah campuran asam nitrat dan asam sulfat. Karena kedua fase yang berasal dari pencampuran reaksi dan reaktan terdistribusi antara keduanya. Nitrobenzen dapat dibuat dengan beberapa proses sebagai berikut:

1. Nitrasi benzene dengan asam campuran, dengan proses *batch*

   Dalam proses ini asam campuran yang digunakan 56-60% H_2SO_4, 27-32% HNO_3, 8-17% H_2O. Temperatur reaksi adalah 50-55 oC, produk keluar nitrator dipisahkan dalam separator. Produk nitrobenzen di netralisasai dengan NaOH. Untuk pemurnian dilakukan dengan proses distilasi. Yield 95-98% dan waktu reaksi secara batch berkisar 2-4 jam (Kirk Othmer, 1996).

2. Nitrasi benzena dengan asam campuran dengan proses kontinyu

   Proses kontinyu adalah proses Beazzi yang pada prinsipnya sama dengan proses *batch*, sedangkan letak perbedaannya adalah:

a. Versi untuk reaktor yang digunakan untuk proses kontinyu lebih kecil, 30 gallon nitrator kontinyu setara dengan 1500 gallon nitrator batch (Faith, Keyes & Clark, 1975).
b. Konsentrasi HNO_3 untuk penetrasi lebih rendah. Pada *batch* berkonsentrasi HNO_3 27-32% sedangkan pada kontinyu konsentrasi HNO_3 20-26%.
c. Kecepatan reaksi lebih tinggi, hal ini karena dengan ukuran reaktor lebih kecil, sehingga pengadukan lebih efisien.
d. Waktu reaksi lebih cepat, pada proses *batch* 2-4 jam, sedangkan pada proses kontinyu 10-30 menit.

Selain mempunyai banyak kelebihan, proses kontinyu juga mempunyai kekurangan sebagai berikut:

- Penggunaan *nitrating agent*, dengan salah satu komponen dari penitrasi tersebut adalah H_2SO_4 yang merupakan asam yang sangat korosif.

- Perlu untuk rekonsentrasi H_2SO_4 sehingga dapat diperkirakan, biayanya cukup tinggi (Kirk Othmer, 1996).

3. Nitrasi benzena dengan asam nitrat

Pada proses ini kedudukan asam campuran sebagai asam penitrasi digantikan dengan asam nitrat dan sisanya air. Proses ini kurang menguntungkan, dibutuhkan asam nitrat yang berlebihan untuk menghasilkan nitrobenzena dalam jumlah yang sama. Proses ini membutuhkan bahan baku yang lebih banyak sehingga ukuran alat yang dibutuhkan jauh lebih besar. Jadi dari segi ekonomis juga kurang menguntungkan.

Tabel 3. Perbandingan pada proses nitrobenzena

No	Jenis Proses	Kelebihan	Kekurangan
1	Nitrasi benzena dengan asam campuran proses *batch*	- Pengaturan suhu lebih mudah - Mudah untuk memulai operasi dan menghentikannya - Lebih mudah dikontrol dibanding dengan reaktor alir	- Waktu proses lebih lama - Ukuran alat lebih besar sehingga kurang menguntungkan
2	Nitrasi benzena dengan asam campuran proses kontinyu	- Volume reaktor yang digunakan lebih kecil - Konsentrasi HNO_3 untuk penetrasi lebih rendah - Kecepatan reaksi lebih tinggi	- Pengunaan *nitrating agent* (H_2SO_4) yang sangat korosif - Perlu unit rekonsentrasi H_2SO_4 sehingga biayanya cukup tinggi
3	Nitrasi benzena dengan asam nitrat proses kontinyu		- Membutuhkan bahan baku yang banyak (asam nitrat) - Ukuran alat yang dibutuhkan lebih besar

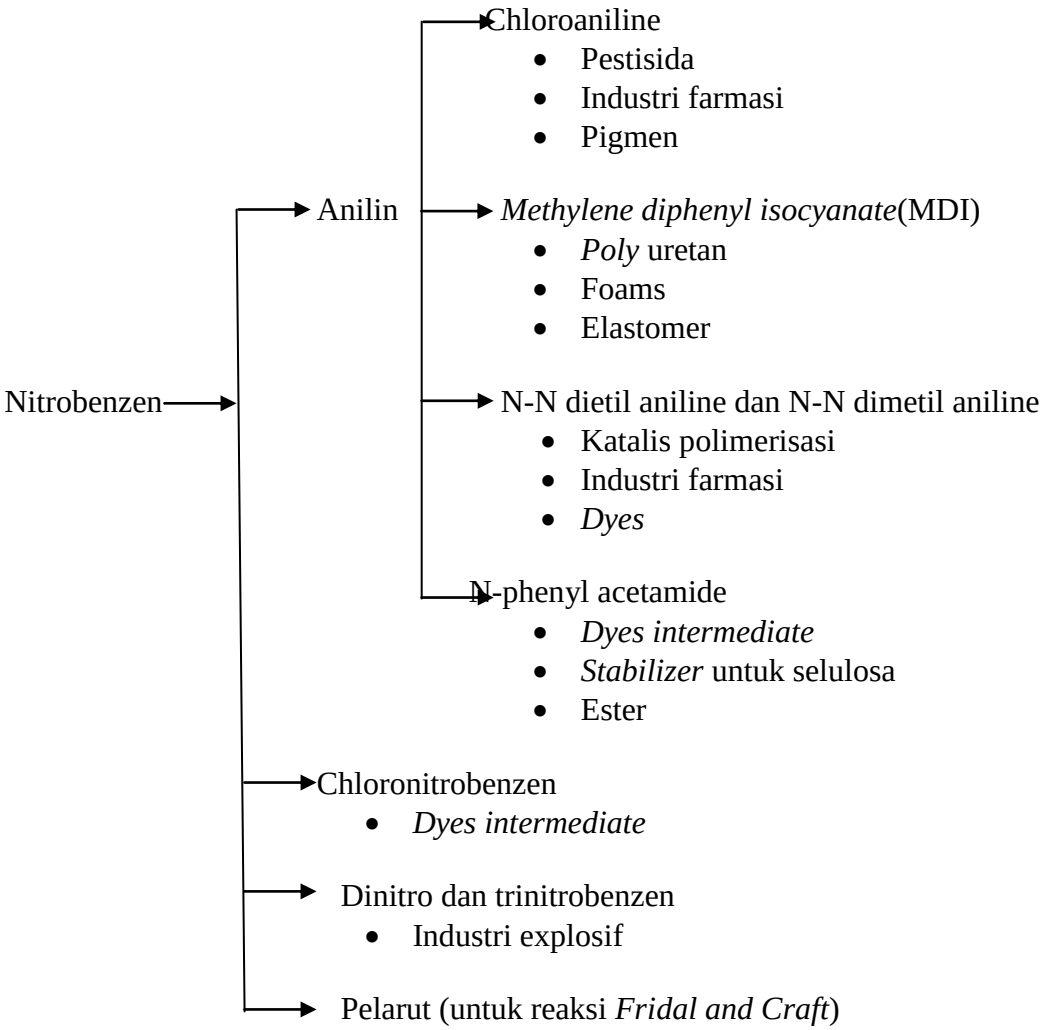
Dengan membandingkan keuntungan dan kerugian 3 macam proses di atas, maka dalam perancanan ini dipilih proses nitrasi dengan asam campuran dengan proses *batch*. Alasan pemilihan proses ini karena di Indonesia belum berdiri pabrik nitrobenzen, sehingga didasarkan pada faktor tersebut maka dirancang pabrik dengan skala yang lebih kecil (yaitu

dengan proses *batch*). Selain itu proses *batch* lebih mudah dikontrol baik suhu maupun pemulaian operasi dan penghentiannya.

Dalam penggunaan katalis asam sulfat, Asam sulfat merupakan asam yang lebih kuat dari pada asam nitrat sehingga asam sulfat lebih mudah melepaskan ion nitronium (NO_2+) dari asam nitrat sehingga akan mempengaruhi kecepatan reaksi serta asam sulfat merupakan dehidrator yang baik, sehingga air yang terbentuk tidak akan mempengaruhi kecepatan reaksi.

1.4.2. Kegunaan Produk

Nitrobenzen merupakan bahan baku yang penting yang digunakan secara luas dalam bidang seperti di bawah ini:



1.4.3 Sifat Fisis dan Kimia

A. Bahan Baku

1. Benzene

a. Sifat fisis :

Rumus Kimia	: C_6H_6
Berat molekul (g/mol)	: 78,114
Bentuk	: cair
Titik didih 1 atm, ^oC	: 80,094
Titik leleh, ^oC	: 5,530
Densitas (20 ^oC), g/cm^3	: 0,8789
(25 ^oC), g/cm^3	: 0,8736
Viskositas (25 ^oC), cp	: 0,6010
Vapor pressure (25 ^oC), atm	: 0,12
Suhu kritis (Tc), ^oC	: 289,01
Tekanan Kritis (Pc), atm	: 48,35
Volume kritis, cm^3/mol	: 259,0
Tegangan permukaan cairan, N/m (20 ^oC)	: 0,0289
Panas pembentukan (H_f), kJ/mol	: 82,93
Panas pembakaran (H_c), kJ/mol	: 3,2676 x 10^3
Panas penggabungan (H_{fus}), kJ/kmol	: 9,866
Panas penguapan (25 ^oC), kJ/mol	: 33,899
Kelarutan dalam air (25 ^oC), g/100 g H_2O	:1,18 (Kirk Othmer, 1996)
Kelarutan (dalam 100 bagian)	
- air (22 ^oC)	: 0,07
- alkohol	: *soluble*
- eter	: ∞ (*infinitive*) (Perry, 1999)

Heat of nitration, kkal/mol : 27

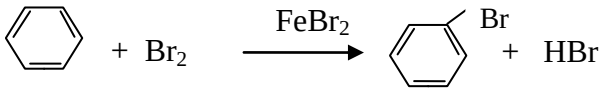
Panas pengkristalan, kkal/mol : 2,35

(Groggins, 1987)

a. Sifat Kimia

I. Halogenasi

Benzen bereaksi dengan bromin dengan adanya ferri bromid membentuk bromobenzen dan asam bromid.

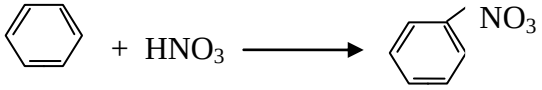


....(1.2)

II. Nitrasi

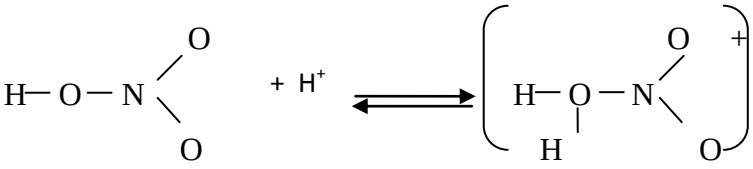
Benzen bereaksi dengan asam nitrat dengan adanya atau tanpa asam sulfat.

a. Dengan asam nitrat



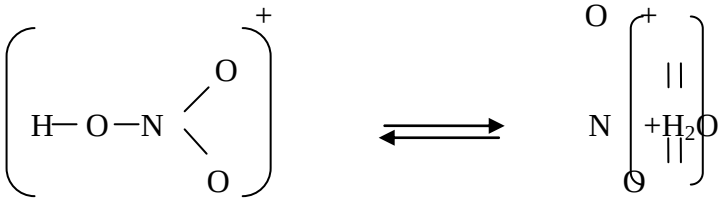
(1.3)

Mekanisme reaksi:

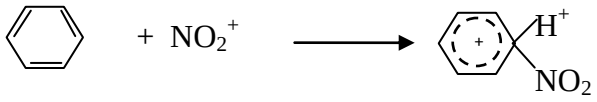


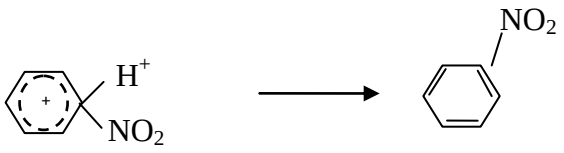
.....(1.4)

Asam nitrat *Protonated Nitrit Acid*

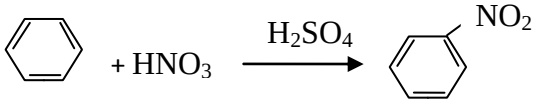


Ion Hidronium





b. Dengan asam campuran ($HNO_3 + H_2SO_4$)



(1.6)

Mekanisme:

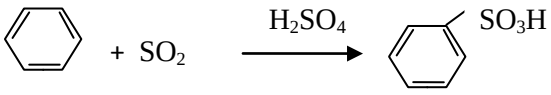
$HONO_2 + 2H_2SO_4 \longrightarrow NO_2^+ + 2\ HSO_4^- + H_3O^+$

$NO_2^+ + ArH \longrightarrow ArHNO_2$

$ArHNO_2 + H_2SO_4 \longrightarrow ArNO_2 + H_2SO_4$

III. Sulfonasi

Benzen bereaksi dengan sulfur trioksida dengan adanya H_2SO_4 membentuk *benzene sulfuric acid.*



....(1.7)

2. Asam Nitrat

a. Sifat fisis :

Rumus Kimia	: HNO_3
Berat molekul (g/mol)	: 63,012
Bentuk	: cair
Titik didih 1 atm, ^oC	: 83
Titik leleh, ^oC	: -41,59

(Dean, J.A., 1999)

Densitas (20 ^{o}C), g/ml : 1,502

Kelarutan (dalam 100 bagian)

- air dingin : ∞ (*infinitive*)
- air panas : ∞ (*infinitive*)
- *other reagent* : *explodes* (meledak dalam *solvent* etanol)

(Perry, 1999)

Viskositas (25 ^{o}C), cp : 0,761

Panas penggabungan (H_{fus}), kJ/mol : 10,48

Panas pembentukan (H_f), (25 ^{o}C), kJ/mol : -174,10

Panas penguapan (25 ^{o}C), kJ/mol : 39,04

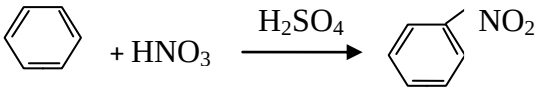
Energi bebas pembentukan (25 ^{o}C), kJ/mol: -80,71

Entropy (25 ^{o}C), J/(mol.K) : 155,60

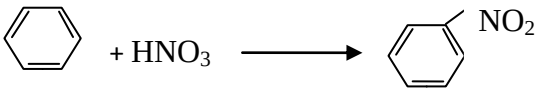
(Kirk Othmer, 1996)

b. Sifat kimia

Asam nitrat adalah suatu asam monobasa yang kuat, yang mudah bereaksi dengan alkali, oksida dan senyawa basa dalam bentuk garam. Asam nitrat merupakan senyawa yang berperan dalam proses nitrasi, yaitu sebagai *nitrating agent*. Komponen yang dinitrasi adalah benzen, baik dengan adanya asam sulfat ataupun tidak, reaksi:



...(1.8)



....(1.9)

(Fessenden, 1997)

3. Asam Sulfat

a. Sifat fisis :

Rumus Kimia	: H_2SO_4
Berat molekul (g/mol)	: 98,078
Bentuk	: cair
Titik didih 1 atm, ^oC	: 340
Titik leleh, ^oC	: 10,49
Kelarutan (dalam 100 bagian)	
- air dingin	: ∞ (*infinitive*)
- air panas	: ∞ (*infinitive*)
- *other reagent*	: *decomposes* (terpisah dengan etanol)
Densitas (20 ^oC), g/ml	: 1,84

(Perry, 1999)

b. Sifat Kimia

- H_2SO_4 bereaksi dengan HNO_3 membentuk ion nitrit/nitronium (NO_2^+) yang sangat penting dalam suatu reaksi nitrasi.

$$HONO_2 + 2H_2SO_4 \longrightarrow 2HSO_4^- + NO_2^+ + H_3O^+ \quad ....(1.10)$$

- H_2SO_4 mempunyai gaya tarik yang besar terhadap air dan membentuk senyawa-senyawa hidrat seperti $H_2SO_4.H_2O$ dan $H_2SO_4.2H_2O$
- Dalam reaksi nitrasi, sifat H_2SO_4 ini mencegah HNO_3 membentuk ion hidrogen (H^+) dan ion nitrat (NO_3^-) dan hanya membentuk ion nitronium (NO_2^+).

(Fessenden, 1997)

4. Natrium hidroksida

a. Sifat fisis :

Rumus Kimia	: NaOH

Berat molekul (g/mol)	: 39,997
Bentuk	: cair
Titik didih 1 atm, ^oC	: 1388
Titik leleh, ^oC	: 318
Densitas (20 ^oC), g/ml	: 2,13
Panas latent pencampuran, kJ/mol	: 167,4
Energi bebas pembentukan	: -397,5
	(Kirk Othmer, 1996)
Panas pembentukan (H_f), kJ/kmol	: -102
Panas pelarutan, kkal/gmol	: -10,2
Kelarutan (dalam 100 bagian)	
- air dingin 0 ^oC	: 71
- air panas 100 ^oC	: 163,2

b. Sifat kimia

Dalam proses ini NaOH sebagai penetral asam nitrat.

Reaksi:

$HNO_3 + NaOH \longrightarrow NaNO_3 + H_2O$.....(1.11)

$H_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$.....(1.12)

(Fessenden, 1997)

B. Produk

1. Nitrobenzena

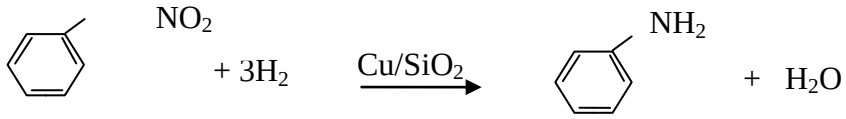
a. Sifat fisis :

Rumus Kimia	: $C_6H_5NO_2$
Berat molekul (kg/kmol)	: 123,111
Bentuk	: cair
Densitas (15^oC/ 4 ^oC *water*), g/ml	: 1,205
Viskositas (25^oC), mPa.s(=cp)	: 1,863
Panas pembentukan (H_f), kkal/mol	: 2,988
	(Dean, J.A.,1999)

Titik didih 1 atm, ^oC	: 210,9
Titik leleh, ^oC	: 5,8
Panas spesifik (30 ^oC), J/g	: 1,509
Panas laten penguapan, J/g	: 331
Panas laten penggabungan (H_{fus}), J/g	: 94,2
Indek bias	: 1,553
Tegangan Permukaan cairan, N/m (20 ^oC)	: 46,34
Konstanta dielektrik (25 ^oC)	: 34,82
Flash point (*close cup*), ^oC	: 88
Autoignition temperature, ^oC	: 482
Explosive limit (93 ^oC), % vol di udara	: 1,8
Vapor density (udara=1)	: 4,1
	(Kirk Othmer, 1996)
Suhu kritis (T_c), C	: 439
Tekanan kritis (P_c), atm	: 34,5423
Volume kritis (V_c), m^3/mol	: 0,337
	(Coulson; Richardson, 1983)
Panas pembakaran (H_c), kkal/mol	: 739
Panas penguapan (210 ^oC), kal/g	: 79,1
Panas pencampuran, kkal/mol	: 2,78
Kelarutan Nitrobenzen dalam air	
Suhu,	: 8,8 ; 14,7; 30,8
Persen Nitrobenzen	: 0,19; 0,22; 0,27
Kelarutan air dalam nitrobenzen	
Suhu, ^oC	: 8,8 ; 38,8 ; 58,8
Persen air	: 0,174; 0,194; 0,4
	(Mc. Ketta, 1983)

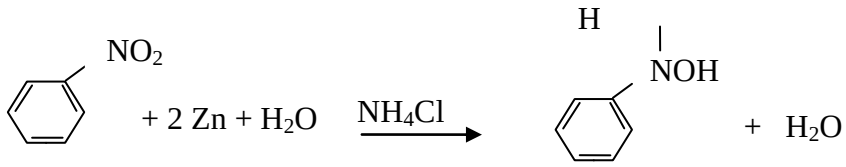
b. Sifat kimia

I. Reduksi Nitrobenzen dengan pereduksi Cu dan SiO_2



Anilin

II. Reduksi Nitrobenzen dengan Zn dan katalis NH_4Cl



1.4.4 Tinjauan Proses secara umum

Reaksi nitrasi adalah proses terjadinya reaksi kimia yang menjamin masuknya satu atau lebih gugus ($-NO_2$) ke dalam suatu molekul, molekul reaktannya merupakan senyawa-senyawa organik. Reaksi nitrasi merupakan reaksi yang penting dalam industri kimia organik sintesis. Karena selain menghasilkan produk semacam pelarut, zat warna, zat yang mudah meledak, dan juga menghasilkan produk menengah yang berguna bagi penyediaan atau pembuatan senyawa lain seperti amin.

Reaksi nitrasi berlangsung dengan penggantian satu atau lebih gugus nitro ($-NO_2$) menjadi molekul yang reaktif. Gugus nitro akan menyerang kerbon membentuk nitroaromatik atau nitroparafin. Jika menyerang nitrogen membentuk Nitramin dan bila menyerang oksigen membentuk nitrat ester. Pada proses nitrasi masuknya gugus ($-NO_2$) ke dalam senyawa dapat terjadi dengan menggantikan kedudukan beberapa atom atau gugus yang ada dalam senyawa. Umumnya nitrasi yang banyak dijumpai adalah nitrasi $–NO_2$ menggantikan atom H.

Reaksi nitrasi senyawa aromatik dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut :

$$ArH + HNO_3 \longrightarrow ArNO_2 + H_2O \text{.....(1.14)}$$

Zat-zat antara (nitrobenzena dan N-fenilhidroksil amina) tidak dapat dipisahkan karena amat cepat direduksi, maka reduksi dalam suasana asam lambung terjadi *aniline* (Fesenden, 2000).

Siklus asam nitrat adalah serangkaian reaksi kimia dalam sel, yaitu pada mitokondria, yang langsung secara berurutan dan berulang, bertujuan untuk mengubah asam piruvat menjadi CO_2, H_2O dan sejumlah energi. Proses ini adalah proses oksidasi dengan menggunakan oksigen atau aerob. Siklus asam sitrat ini disebut juga siklus krebs, menggunakan nama Hans Krebs seorang ahli kimia yang banyak jasanya atau sumbangannya dalam penelitian (Besari, 1982).

Masuknya suatu gugusan ke dalam lingkungan benzene tergantung pada gugus yang telah ada terlebih dahulu. Pada umumnya, gugus yang masuk pada posisi meta adalah nitro, asam sulfon, karbon/karbonil, sedangkan yang masuk pada posisi ortho/para adalah gugus kloro, bromo, alkil, dan amino/hidroksi. Bila benzene direaksikan dengan asam nitrat pekat, dengan asam sulfat pekat sebagai katalisator akan terbentuk nitrobenzena (Fessenden, 2000).