



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Pembangunan industri sebagai bagian dari usaha pembangunan ekonomi jangka panjang diarahkan untuk menciptakan struktur ekonomi yang lebih kokoh dan seimbang. Hal ini tentunya memacu kita untuk lebih efisien dalam melakukan terobosan-terobosan baru, sehingga produk yang dihasilkan mempunyai pangsa pasar, daya saing, efektif dan efisien serta harus ramah lingkungan.

Pertumbuhan industri Petrokimia di Indonesia semakin berkembang, perkembangan industri Petrokimia selain akan memberi nilai tambah pada migas sebagai bahan bakunya, juga akan mendorong beragamnya produk yang dihasilkan. Salah satu industri yang mempunyai kegunaan penting dan memiliki prospek yang cerah adalah *Aromatic Compound* seperti nitrobenzena.

Nitrobenzena ($C_6H_5NO_2$) dengan nama lain *nitrobenzide*, *nitrobenzol*, *mononitrobenzol*, *MNB*, *C.I. solvent black 6*, *essence of mirbane*, *essence of myrbane*, *mirbane oil*, *oil of mirbane*, *oil of myrbane* atau yang sering dikenal dengan minyak *nitrobenzol mirban* ialah senyawa hasil nitrasi senyawa aromatik yaitu benzena dengan asam penitrasi baik asam campuran (asam nitrat dan asam sulfat) maupun asam nitrat saja. Senyawa ini mempunyai bentuk fisik berupa cairan berwarna kuning muda (pucat) dan mempunyai aroma seperti buah almond, serta mempunyai sifat sangat beracun bila terhisap dan terkena kulit. Sebagian besar nitrobenzena ($\pm 97\%$) merupakan bahan baku dalam pembuatan anilin yang dapat digunakan dalam industri farmasi, sebagai bahan peledak, *dyes*, pestisida, obat-obatan dan sebagai pelarut dalam industri cat, sepatu dan lantai, semir logam polishes, dan sebagainya.

Kebutuhan nitrobenzena di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat dengan berkembangnya industri-industri yang berbahan baku nitrobenzena di Indonesia. Selain itu nitrobenzena belum diproduksi di dalam negeri, sehingga untuk mencukupi kebutuhan di dalam negeri masih didatangkan dari luar negeri (Amerika Serikat, Jepang, Inggris, Malaysia dan Rusia).



Keuntungan pendirian pabrik nitrobenzena antara lain; dapat memenuhi kebutuhan nitrobenzena dalam negeri, sehingga mengurangi impor dalam negeri yang diharapkan dapat memberi keuntungan *finansial* dan menambah devisa negara, selain itu dapat membantu pemerintah dalam mengatasi masalah tenaga kerja dan sekaligus dapat mendukung berkembangnya industri-industri di Indonesia serta memacu tumbuhnya industri baru terutama diversifikasi industri nitrobenzena.

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:

1. Prediksi kebutuhan dalam negeri

Berdasarkan data impor dari Biro Pusat Statistik di Indonesia dari tahun 2009-2014, kebutuhan nitrobenzena adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Data Impor Nitrobenzena di Indonesia (Badan Pusat Statistik Indonesia, data tahun 2009-2014).

No	Tahun	Jumlah (ribu ton) / Tahun
1	2009	289,021
2	2010	357,016
3	2011	315,226
4	2012	39,065
5	2013	35,251
6	2014	16,825



2. Kapasitas produksi nitrobenzena di luar negeri

Tabel 2. Kapasitas produksi nitrobenzena di luar negeri (<http://www.the-innovation-group.com/welcome.htm>, 2013).

No.	PRODUSEN	KAPASITAS (million kg/th)
1.	BASH, Geismar, La.	272,2
2.	Du Pont, Beaumont, Tex.	172,4
3.	First Chemical, Baytown, Tex.	154,2
4.	First Chemical, Pascagoula, Miss.	226,8
5.	Rubicon, Geismar, La.	517,1
Total		1.342,70

3. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan nitrobenzena adalah benzena, asam nitrat dan asam sulfat telah banyak diproduksi di Indonesia sehingga ketersediannya sangat terjamin. Mengingat ketersediaan bahan baku yang memadai dan tingkat permintaan nitrobenzena yang sangat besar, maka sangat prospektif bila didirikan pabrik nitrobenzena di Indonesia.

4. Kapasitas minimal

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

Berdasarkan pertimbangan di atas, maka dalam perancangan pabrik nitrobenzena yang didirikan tahun 2020, direncanakan kapasitas produksi pabrik ini sebesar 50.000 ton/tahun. Kapasitas yang direncanakan ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan meninjau kebutuhan dunia yang cukup besar, maka selebihnya produk dapat diekspor ke luar negeri.

1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi adalah hal yang sangat penting dalam perancangan pabrik, karena hal ini berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan. Berdasarkan beberapa pertimbangan maka pabrik nitrobenzena ini



direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri Cilacap, yang terletak di daerah Lomanis Cilacap Tengah, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. Pertimbangan-pertimbangan tersebut meliputi dua faktor yaitu, faktor utama dan faktor pendukung.

1. Faktor utama

Faktor utama dalam pemilihan lokasi pabrik adalah sebagai berikut :

a. Sumber bahan baku

Bahan baku pembuatan nitrobenzena yaitu benzena dan asam campuran (asam nitrat dan asam sulfat). Dimana benzena didatangkan dari Pertamina Cilacap. Sedangkan untuk Asam nitrat diperoleh dari PT. Multi Nitrotama Kimia Cikampek dan untuk Asam sulfat diperoleh dari PT. Petro Kimia Gresik dan untuk Natrium hidroksida diperoleh dari PT. Soda Waru Surabaya.

b. Sarana Transportasi

Tersedianya sarana transportasi yang memadai untuk proses penyediaan bahan baku dan pemasaran produk yaitu tersedianya jalan raya dengan kondisi yang baik, dekat Bandara Tunggul Wulung (± 8 km), dekat pelabuhan Tanjung Intan Cilacap (± 7 km), dan tersedia jalur kereta api (Kroya adalah yang terbesar), sehingga proses penyediaan bahan baku dan pemasaran produk baik untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun untuk komoditi ekspor tidak mengalami kesulitan.

c. Letak Pasar

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2014) kebutuhan nitrobenzena di dalam negeri masih rendah sekitar 10% dari produksi yang direncanakan maka 90% sisanya akan dipasarkan sebagai komoditi ekspor ke luar negeri. Pemasaran nitrobenzena terbesar di seluruh Indonesia khususnya di wilayah Jawa dan Kalimantan dan juga untuk komoditi ekspor tidak mengalami hambatan karena tersedianya sarana transportasi yang cukup memadai.

d. Tenaga Kerja



Cilacap adalah satu dari tiga kawasan industri utama di Jawa Tengah (selain Semarang dan Surakarta) yang merupakan daerah industri dengan tingkat kepadatan penduduk tinggi, sehingga penyediaan tenaga kerja dapat diperoleh dari daerah di sekitarnya, baik tenaga kasar maupun tenaga terdidik.

e. Utilitas

Fasilitas utilitas meliputi penyediaan air, bahan bakar, dan listrik. Kebutuhan listrik dapat memanfaatkan listrik PLN maupun swasta yang sudah masuk ke kawasan Industri ini. Sementara untuk sarana lain seperti air juga tersedia di daerah Cilacap.

2. Faktor pendukung

Faktor pendukung juga perlu mendapatkan perhatian di dalam pemilihan lokasi pabrik karena faktor-faktor yang ada didalamnya selalu menjadi pertimbangan agar pemilihan pabrik dan proses produksi dapat berjalan lancar. Faktor pendukung ini meliputi:

- a. Harga tanah dan gedung dikaitkan dengan rencana di masa yang akan datang
- b. Kemungkinan perluasan pabrik
- c. Tersedianya fasilitas servis, misalnya di sekitar lokasi pabrik tersebut atau jarak yang relatif dekat dari bengkel besar dan semacamnya
- d. Tersedianya air yang cukup
- e. Peraturan pemerintah daerah setempat
- f. Keadaan masyarakat daerah sekitar (sikap keamanan dan sebagainya)
- g. Iklim
- h. Keadaan tanah untuk rencana pembangunan dan pondasi
- i. Perumahan penduduk atau bangunan lain.



1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1. Macam-Macam Proses

Nitrobenzena diproduksi secara umum dengan nitrasi secara langsung yaitu dengan menggunakan benzena yang direaksikan dengan 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 berasal dari pencampuran reaksi dan reaktan terdistribusi antara keduanya. Nitrobenzena dapat dibuat dengan beberapa proses sebagai berikut:

a. Nitrasi benzena 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°C, produk keluar nitrator dipisahkan dalam separator. Produk nitrobenzena dinetralsiasi dengan NaOH. Untuk pemurnian dilakukan dengan proses distilasi. *Yield* 95-98% dan waktu reaksi secara *batch* berkisar 2-4 jam (Kirk dan Othmer, 1996).

b. Nitrasi benzena dengan asam campuran dengan proses kontinyu

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

1. Versi untuk reaktor yang digunakan untuk proses kontinyu lebih kecil, 30 gallon nitrator kontinyu setara 1500 gallon nitrator *batch* (Faith, Keyes dan Clark, 1975).
2. Konsentrasi HNO_3 untuk penetrasi lebih rendah. Pada *batch* berkonsentrasi HNO_3 27-32% sedangkan pada kontinyu konsentrasi HNO_3 20-26%.
3. Kecepatan reaksi lebih tinggi, hal ini karena dengan ukuran reaktor lebih kecil, sehingga pengadukan lebih efisien.
4. 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:



5. Penggunaan *nitrating agent*, dengan salah satu komponen dari penitrasi tersebut adalah H_2SO_4 yang merupakan asam yang sangat korosif.
6. Perlu untuk rekonsentrasi H_2SO_4 , sehingga dapat diperkirakan biayanya cukup tinggi (Kirk dan Othmer, 1996).

c. 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.

Kelebihan dan kekurangan dari masing-masing proses bila ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 3. Kelebihan dan Kekurangan Pada Proses Pembuatan Nitrobenzena

No	Jenis Proses	Kelebihan	Kekurangan
1	Nitrasi benzena dengan asam campuran proses <i>batch</i>	Konversi optimum Pengaturan suhu lebih mudah Mudah untuk memulai operasi dan menghentikannya	Waktu proses lebih lama Ukuran alat lebih besar
2	Nitrasi benzena dengan asam campuran proses kontinyu	Produk yang dihasilkan memiliki kemurnian yang tinggi. Biaya produksi lebih rendah Tenaga kerja yang dibutuhkan lebih sedikit.	Perlu untuk rekonsentrasi H_2SO_4 , sehingga dapat diperkirakan biayanya cukup tinggi. H_2SO_4 bersifat korosif, perlu adanya perlakuan khusus pada maintenance alat.
3	Nitrasi benzena dengan asam nitrat proses kontinyu	Tidak membutuhkan asam sulfat, sehingga dapat meminimalkan korosif pada alat.	Membutuhkan bahan baku yang banyak (asam nitrat).

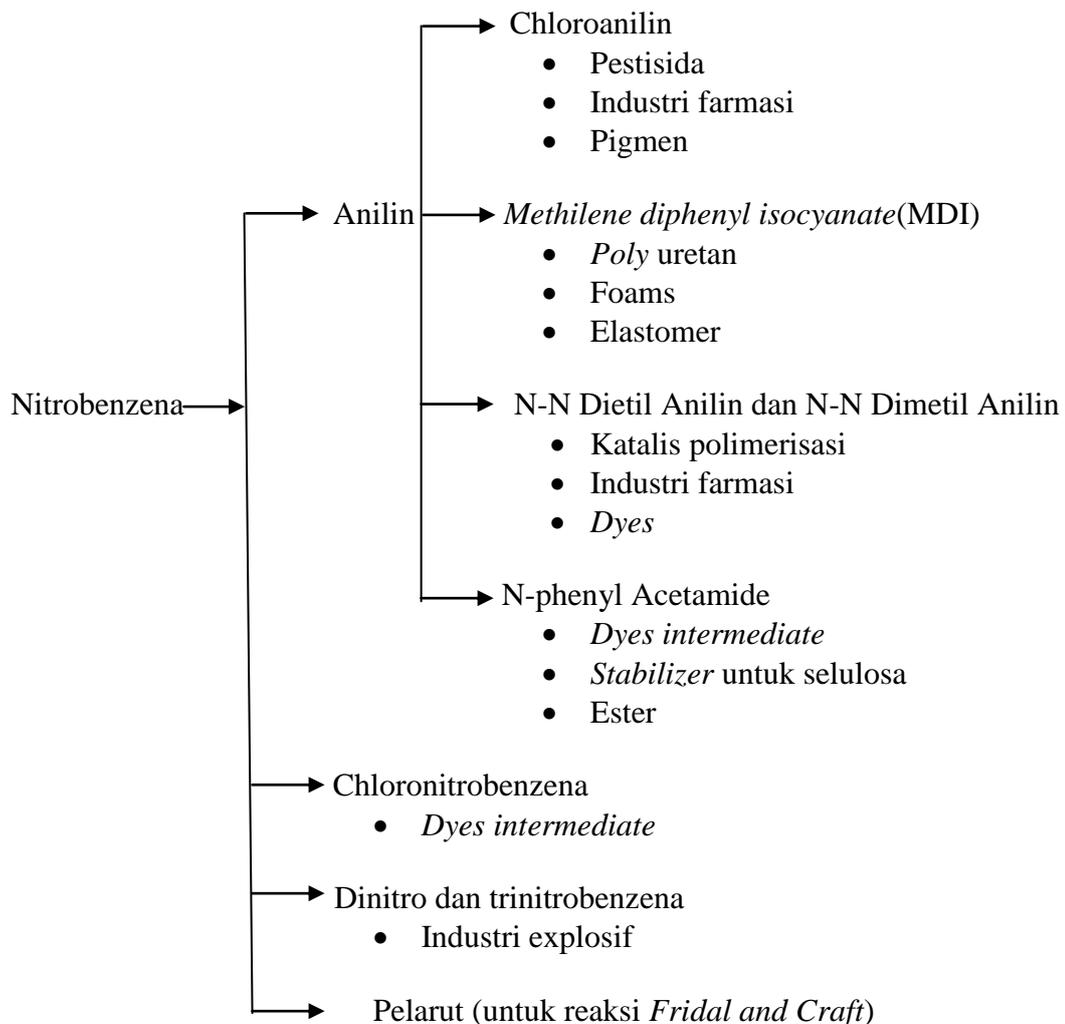


			Ukuran alat yang dibutuhkan lebih besar
--	--	--	---

Dengan membandingkan keuntungan dan kerugian 3 macam proses di atas, maka dalam perancangan ini dipilih proses nitration dengan asam campuran dengan proses kontinu. Alasan pemilihan proses ini karena Alasan pemilihan proses ini karena lebih efektif dan efisien, sebab kecepatan reaksi yang tinggi maka waktu yang dibutuhkan lebih cepat dan memerlukan reaktor yang lebih kecil, sehingga biaya yang dibutuhkan juga relatif sedikit. 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 yang dapat mempengaruhi kecepatan reaksi, serta asam sulfat merupakan *dehydrator* yang baik, sehingga air yang terbentuk tidak akan mempengaruhi kecepatan reaksi.

1.4.2. Kegunaan Produk

Kegunaan produk nitrobenzena dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah (Mc.Ketta,1983):



Gambar 1. Berbagai macam kegunaan Nitrobenzena dalam industri.

1.4.3. Sifat Fisis dan Kimia

A. Bahan Baku

1. Benzena

a. Sifat fisis (Kirk dan Othmer, 1996 ; Perry, 1999 ; Groggins, 1987) :

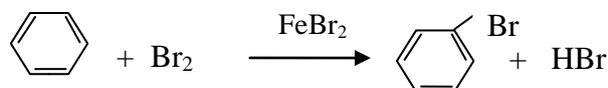


Rumus Kimia	: C ₆ H ₆
Berat molekul (g/mol)	: 78,114
Bentuk	: cair
Titik didih 1 atm, °C	: 80,1
Titik leleh, °C	: 5,530
Densitas (20°C), g/cm ³	: 0,8789
(25°C), g/cm ³	: 0,8736
Viskositas (25°C), cp	: 0,6010
Tekanan uap (25°C), atm	: 0,12
Suhu kritis (T _c), °C	: 289,01
Tekanan kritis (P _c), atm	: 48,35
Volum kritis, cm ³ /mol	: 259,0
Tegangan permukaan cairan, N/m (20°C)	: 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°C), kJ/mol	: 33,899
Kelarutan dalam air (25°C), g/100 g H ₂ O	: 1,18
Kelarutan (dalam 100 bagian)	
air (22°C)	: 0,07
alkohol	: soluble
eter	: ∞ (tak terhingga)
Panas nitration, kkal/mol	: 27
Panas pengkristalan, kkal/mol	: 2,35

b. Sifat Kimia (Fessenden, 1997) :

1. Halogenasi

Benzena bereaksi dengan bromin dengan adanya ferri bromid membentuk bromobenzena dan asam bromid.



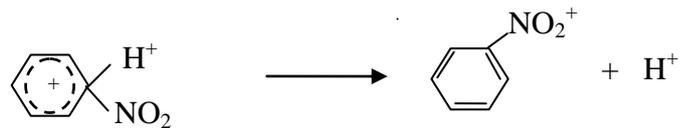
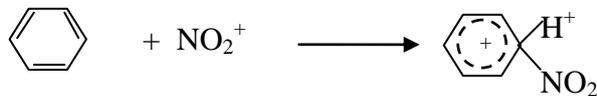
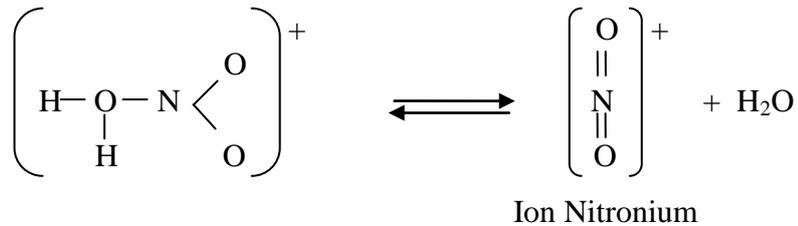
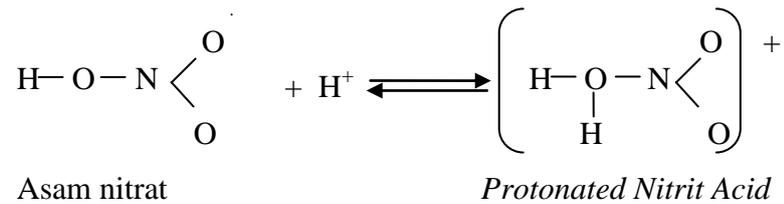
2. Nitration

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

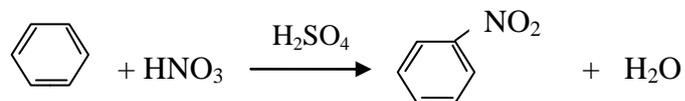
a. Dengan asam nitrat



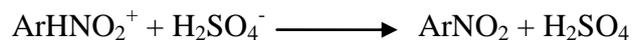
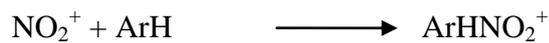
Mekanisme reaksi:



b. Dengan asam campuran ($\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$)

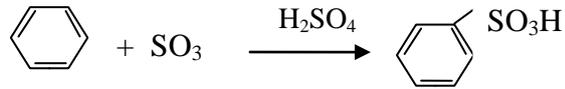


Mekanisme:



3. Sulfonasi

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



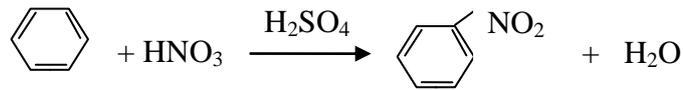
2. Asam Nitrat

a. Sifat fisis (Dean, J.A., 1999 ; Perry, 1999 ; Kirk dan Othmer, 1996) :

Rumus Kimia	: HNO ₃
Berat molekul (g/mol)	: 63,012
Bentuk	: cair
Titik didih 1 atm, °C	: 86
Titik leleh, °C	: -41,59
Densitas (20°C), g/ml	: 1,502
Kelarutan (dalam 100 bagian)	
- air dingin	: ∞ (tak terhingga)
- air panas	: ∞ (tak terhingga)
- reagen lain	: <i>explodes</i> (meledak dalam <i>solvent</i> etanol)
Viskositas (25°C), cp	: 0,761
Panas penggabungan (H _{fus}), kJ/mol	: 10,48
Panas pembentukan (H _f), (25°C), kJ/mol	: -174,10
Panas penguapan (25°C), kJ/mol	: 39,04
Energi bebas pembentukan (25°C), kJ/mol	: -80,71
Entropi (25°C), J/(mol.K)	: 155,60

b. Sifat kimia (Fessenden, 1997) :

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 benzena, baik dengan adanya asam sulfat ataupun tidak, reaksi:



2. Asam Sulfat

a. Sifat fisis (Perry, 1999) :

Rumus Kimia	: H ₂ SO ₄
Berat molekul (g/mol)	: 98,078
Bentuk	: cair
Titik didih 1 atm, °C	: 340
Titik leleh, °C	: 10,49
Kelarutan (dalam 100 bagian)	
- air dingin	: ∞ (tak terhingga)
- air panas	: ∞ (tak terhingga)
- reagen lain	: <i>decomposes</i>
	(terpisah dengan etanol)
Densitas (20°C), g/ml	: 1,84

b. Sifat Kimia (Fessenden, 1997) :

1. H₂SO₄ bereaksi dengan HNO₃ membentuk ion nitrit/nitronium (NO₂⁺) yang sangat penting dalam suatu reaksi nitrasi.



2. H₂SO₄ mempunyai gaya tarik yang besar terhadap air dan membentuk senyawa-senyawa hidrat seperti H₂SO₄.H₂O dan H₂SO₄.2H₂O.

3. Dalam reaksi nitrasi, sifat H₂SO₄ ini mencegah HNO₃ membentuk ion hidrogen (H⁺) dan ion nitrat (NO₃⁻) dan hanya membentuk ion nitronium (NO₂⁺).

3. Natrium Hidroksida

a. Sifat fisis (Kirk dan Othmer, 1996) :

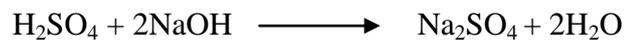


Rumus Kimia	: NaOH
Berat molekul (g/mol)	: 39,997
Bentuk	: cair
Titik didih 1 atm, °C	: 1388
Titik leleh, °C	: 318
Densitas (20°C), g/ml	: 2,13
Panas latent pencampuran, kJ/mol	: 167,4
Energi bebas pembentukan, kJ/mol	: -397,5
Panas pembentukan (H _f), KJ/kmol	: -102
Panas pelarutan, kkal/gmol	: -10,2
Kelarutan (dalam 100 bagian)	
- air dingin 0°C	: 71
- air panas 100°C	: 163,2

b. Sifat Kimia (Fessenden, 1997) :

Dalam proses ini NaOH sebagai penetral asam campuran.

Reaksi:



B. Produk

1. Nitrobenzena

a. Sifat fisis (Dean, J.A.,1999 ; Kirk dan Othmer, 1996 ; Coulson dan Richardson, 1983 ; Mc.Ketta, 1983) :

Rumus Kimia	: C ₆ H ₅ NO ₂
Berat molekul (kg/kmol)	: 123,111
Bentuk	: cair
Densitas (15°C/ 4 °C water), g/ml	: 1,205
Viskositas (25°C), mPa.s(=cp)	: 1,863
Panas pembentukan (H _f), kkal/mol	: 2,988
Titik didih 1 atm, °C	: 210,9
Titik leleh, °C	: 5,8

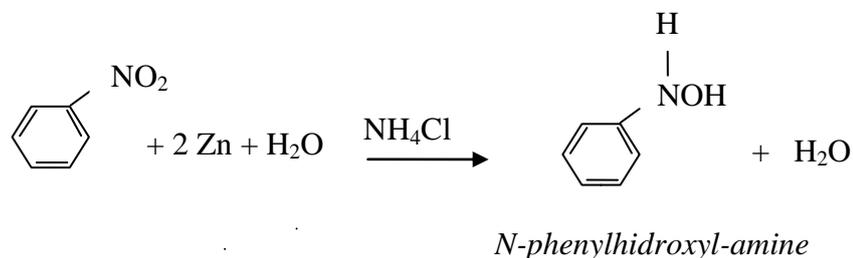


Panas spesifik (30°C), J/g	: 1,509
Panas laten penguapan, J/g	: 331
Panas laten penggabungan (H_{fus}), J/g	: 94,2
Indek bias	: 1,553
Tegangan Permukaan cairan, N/m (20°C)	: 46,34
Konstanta dielektrik (25°C)	: 34,82
<i>Flash point (close cup)</i> , °C	: 88
<i>Autoignition temperature</i> , °C	: 482
<i>Explosive limit (93°C)</i> , % vol di udara	: 1,8
<i>Vapor density</i> (udara=1)	: 4,1
Suhu kritis (T_c), C	: 439
Tekanan kritis (P_c), atm	: 34,5423
Volume kritis (V_c), m ³ /mol	: 0,337
Panas pembakaran (H_c), kkal/mol	: 739
Panas penguapan (210°C), kal/g	: 79,1
Panas pencampuran, kkal/mol	: 2,78
Kelarutan Nitrobenzena dalam air	
Suhu,	: 8,8 ; 14,7; 30,8
Persen Nitrobenzena	: 0,19; 0,22; 0,27
Kelarutan air dalam nitrobenzena	
Suhu, °C	: 8,8 ; 38,8 ; 58,8
Air, %	: 0,174; 0,194; 0,4

b. Sifat kimia (Fessenden, 1997) :

1. Reduksi Nitrobenzena dengan pereduksi Cu dan SiO₂



2. Reduksi Nitrobenzena dengan Zn dan katalis NH_4Cl **1.4.4. Tinjauan Proses Secara Umum**

Reaksi nitration adalah proses dimana terjadi reaksi kimia yang menjamin masuknya satu atau lebih gugus ($-\text{NO}_2$) ke dalam suatu molekul, dimana molekul reaktannya merupakan senyawa-senyawa organik. Reaksi nitration 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 nitration berlangsung dengan penggantian satu atau lebih gugus nitro ($-\text{NO}_2$) menjadi molekul yang reaktif. Gugus nitro akan menyerang karbon membentuk Nitroaromatik atau nitroparafin. Jika menyerang nitrogen membentuk Nitramin dan bila menyerang oksigen membentuk Nitrat ester. Pada proses nitration masuknya gugus ($-\text{NO}_2$) ke dalam senyawa dapat terjadi dengan menggantikan kedudukan beberapa atom atau gugus yang ada dalam senyawa. Umumnya nitration yang banyak dijumpai adalah nitration $-\text{NO}_2$ menggantikan atom H.

Reaksi nitration senyawa aromatik dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut :



Nitrating agent merupakan reaktan elektrofilik, dimana reaksi akan terjadi pada atom karbon dari cincin aromatik yang mempunyai densitas elektron terbesar. Gugus NO_2 yang masuk dapat membentuk posisi ortho, para, dan meta. Jumlah isomer pada produk tergantung pada *substituent* yang mempunyai efek sangat besar pada densitas elektron dalam rangkaian atom-atom C. *Substituent*



menyebabkan densitas elektron lebih besar pada ortho dan para. Sedangkan *substituent* lain menyebabkan densitas elektron lebih besar pada posisi meta dibanding posisi ortho dan para, maka *yield* produk nitrasi akan didominasi isomer meta.