

TUGAS AKHIR

**PRARANCANGAN PABRIK
NITROBENZEN DARI BENZEN DAN ASAM
CAMPURAN DENGAN PROSES KONTINYU
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Kesarjanaan Strata I Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Disusun Oleh :

Ari Sumirat

D 500 020 033

Dosen Pembimbing :

Agung Sugiharto, S.T., M.Eng.

Hamid Abdilah, S.T.

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA
2010**

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 yaitu struktur ekonomi yang menitikberatkan pada industri maju yang didukung oleh pertanian yang tangguh. Hal ini tentunya memacu kita untuk lebih kreatif dalam melakukan terobosan-terobosan baru sehingga produk yang dihasilkan mempunyai pasar yang tinggi, berdaya saing, efektif dan harus ramah lingkungan.

Industri petrokimia di Indonesia semakin berkembang. Pemerintah Indonesia memiliki banyak pertimbangan untuk mengembangkan industri-industri tersebut. Perkembangan yang tinggi industri petrokimia selain akan memberi nilai tambah pada migas sebagai bahan bakunya juga akan mendorong beragamnya produk turunan industri petrokimia. Salah satu industri yang mempunyai kegunaan penting dan memiliki prospek yang cerah adalah *aromatic compound* seperti nitrobenzen.

Nitrobenzen ($C_6H_5NO_2$) dengan nama lain nitrobenzide, nitrobenzol, mononitrobenzol (MNB), *essence of mirbane*, *oil of mirbane*, atau yang sering dikenal dengan minyak nitrobenzol mirban ialah senyawa hasil nitrasi senyawa aromatik yaitu benzene 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 (kuning pucat) dan mempunyai aroma seperti buah almond, serta mempunyai sifat sangat beracun bila terhisap dan terkena kulit. Sebagian besar nitrobenzen ($\pm 97\%$) merupakan bahan baku dalam pembuatan anilin dan bahan baku dalam industri farmasi, bahan peledak, pestisida, obat dan sebagai pelarut dalam industri cat, sepatu dan lantai, dan sebagainya.

Kebutuhan nitrobenzen di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat dengan berkembangnya industri-industri yang berbahan baku

nitrobenzen di Indonesia. Selain itu nitrobenzen belum diproduksi di dalam negeri sehingga untuk mencukupi kebutuhan di dalam negeri masih didatangkan dari luar negeri yaitu Taiwan, Cina, Jerman, Amerika Serikat, Jepang, Inggris, Malaysia dan Rusia.

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

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 2001-2006, kebutuhan nitrobenzen adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Data Impor Nitrobenzen 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

Sumber (Biro Pusat Statistik Indonesia, data tahun 2001-2006)

2. Kapasitas produksi nitrobenzen di luar negeri

PRODUSEN	KAPASITAS (juta kg/th)
BASF, Germany	275
Du Pont, Texas, USA	175
First Chemical, Texas, USA	155
First Chemical, Pascagoula, Missisipi, USA	230
Rubicon, Geismar, USA	520
Total	1.355

3. Ketersediaan Bahan Baku

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

4. Kapasitas minimal

Berdasarkan pertimbangan di atas, maka pabrik nitrobenzen yang akan didirikan tahun 2015, kapasitas produksi pabrik ini direncanakan sebesar 100.000 ton/tahun. Kapasitas ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri. Meninjau kebutuhan dunia yang cukup besar, maka kelebihan produksi 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 Nitrobenzen ini direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri Cilacap, yang terletak di daerah Lomanis, Cilacap Tengah, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. Pertimbangan-pertimbangan pemilihan lokasi pabrik meliputi dua faktor yaitu, faktor utama dan faktor pendukung.

❖ Faktor utama

Faktor utama dalam pemilihan lokasi pabrik adalah sebagai berikut :

1. Sumber bahan baku

Bahan baku pembuatan nitrobenzen yaitu benzen dan asam campuran (asam nitrat dan asam sulfat). Dimana benzen didatangkan dari Pertamina Cilacap. Sedangkan untuk asam nitrat diperoleh dari PT. Multi Nitrotama Kimia Cikampek dan untuk asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dan untuk natrium hidroksida diperoleh dari PT. Soda Waru Surabaya.

2. Sarana Transportasi

Tersedianya sarana transportasi yang memadai untuk proses penyediaan bahan baku dan pemasaran produk yaitu tersedianya jalan raya dengan kondisi yang baik.

3. Letak Pasar

Berdasarkan data Balai Pusat Statistik (BPS) kebutuhan nitrobenzen di dalam negeri masih rendah yaitu sekitar 7,5% dari produksi yang direncanakan, maka sisa produksi akan dipasarkan sebagai komoditi ekspor.

4. 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 disekitarnya, baik tenaga kasar maupun tenaga terdidik.

5. Utilitas

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

❖ 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:

1. Harga tanah dan gedung dikaitkan dengan rencana di masa yang akan datang
2. Kemungkinan perluasan pabrik
3. Tersedianya fasilitas servis
4. Tersedianya air yang cukup
5. Peraturan pemerintah daerah setempat
6. Keadaan masyarakat daerah sekitar (sikap keamanan dan sebagainya)
7. Keadaan tanah untuk rencana pembangunan dan pondasi
8. Perumahan penduduk atau bangunan lain.

1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1. Macam-Macam Proses

Nitrobenzen 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 benzen 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 nitrobenzen di netralisasi dengan NaOH. Untuk pemurnian dilakukan dengan proses distilasi. *Yield* 95-98% dan waktu reaksi secara *batch* berkisar 2-4 jam (Kirk Othmer, 1996).

2. Nitirasi benzen dengan asam campuran dengan proses kontinyu
- Proses kontinyu adalah proses Beazzi yang pada prinsipnya sama dengan proses *batch*, sedangkan letak perbedaannya adalah:
- Versi untuk reaktor yang digunakan untuk proses kontinyu lebih kecil, 30 gallon nitrator kontinyu setara 1500 gallon nitrator *batch* (Faith, Keyes & Clark, 1975).
 - Konsentrasi HNO_3 untuk penetrasi lebih rendah. Pada *batch* berkonsentrasi HNO_3 27-32% sedangkan pada kontinyu konsentrasi HNO_3 20-26%.
 - Kecepatan reaksi lebih tinggi, hal ini karena dengan ukuran reaktor lebih kecil, sehingga pengadukan lebih efisien.
 - Waktu reaksi lebih cepat, pada proses *batch* 2-4 jam, sedangkan pada proses kontinyu 10-30 menit.
3. Nitirasi benzen 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 nitrobenzen 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-masng proses bila ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 2. Kelebihan dan Kekurangan Pada Proses Pembuatan Nitrobenzen

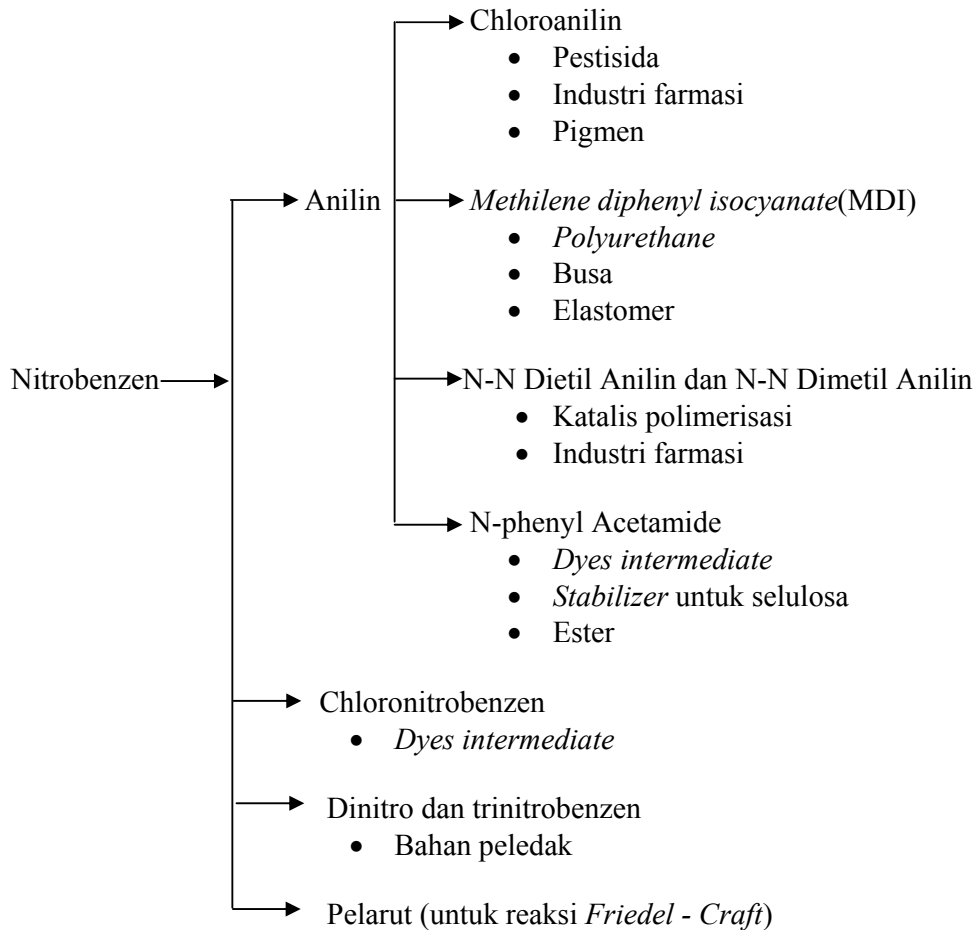
No	Jenis Proses	Kelebihan	Kekurangan
1	Nitirasi benzen dengan asam campuran proses <i>batch</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pengaturan suhu lebih mudah - Mudah untuk memulai operasi dan menghentikannya 	<ul style="list-style-type: none"> - Waktu proses lebih lama - Ukuran alat lebih besar

No	Jenis Proses	Kelebihan	Kekurangan
2	Nitrasi benzen dengan asam campuran proses kontinyu	<ul style="list-style-type: none"> - Volume reaktor yang digunakan lebih kecil - Konsentrasi HNO_3 untuk penetrasi lebih rendah - Kecepatan reaksi lebih tinggi - Waktu reaksi lebih singkat 	<ul style="list-style-type: none"> - Penggunaan <i>nitrating agent</i> (H_2SO_4) yang sangat korosif - Perlu unit rekonsentrasi H_2SO_4 sehingga biayanya lebih mahal
3	Nitrasi benzen dengan asam nitrat proses kontinyu		<ul style="list-style-type: none"> - 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 nitrasi dengan asam campuran dengan proses kontinyu. Alasan pemilihan proses ini karena di Indonesia belum berdiri pabrik nitrobenzen, sehingga didasarkan pada faktor tersebut maka dirancang pabrik dengan dengan proses kontinyu. Proses kontinyu lebih cepat proses reaksinya, sehingga perbandingan produk yang dihasilkan dalam waktu yang sama lebih banyak daripada proses yang lain.

1.4.2. Kegunaan Produk

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



Gambar 1. Industri Pembangunan Nitrobenzen

1.4.3. Sifat Fisis dan Kimia

A. Bahan Baku

1. Benzen

a. Sifat fisis :

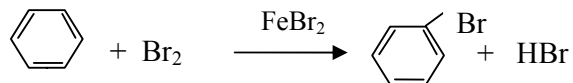
Rumus Kimia	: C_6H_6
Berat molekul (g/mol)	: 78,114
Bentuk (30°C, 1 atm)	: cair
Titik didih 1 atm, °C	: 80,09

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
<i>Vapor pressure</i> (25°C), atm	: 0,12
Suhu kritis (T _c), °C	: 289,01
Tekanan Kritis (P _c), atm	: 48,35
Volume 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 peleburan (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
	(Kirk Othmer, 1996)
Kelarutan (dalam 100 bagian)	
- air (22°C)	: 0,07
- alkohol	: larut
- eter	: ∞ (tak terhingga)
	(Perry, 1999)

a. Sifat Kimia

I. Halogenasi

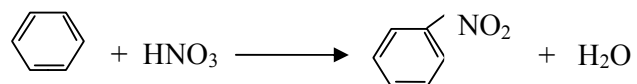
Benzen bereaksi dengan bromin dengan adanya ferri bromid membentuk bromobenzen dan asam bromid.



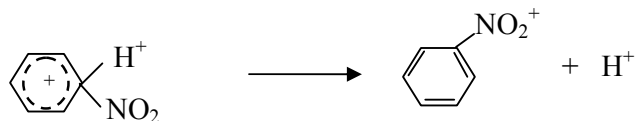
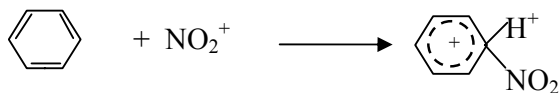
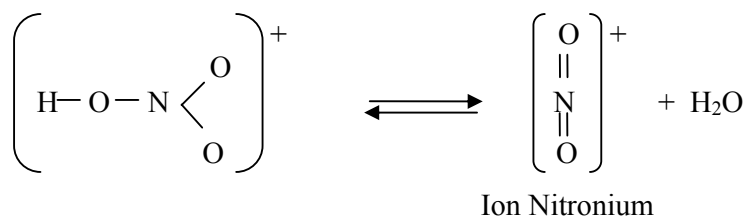
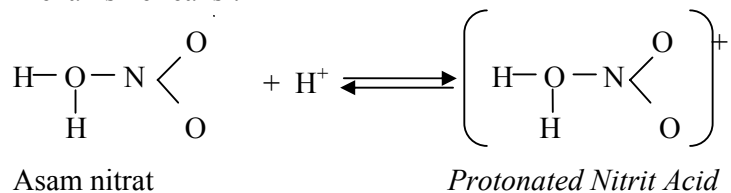
II. Nitration

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

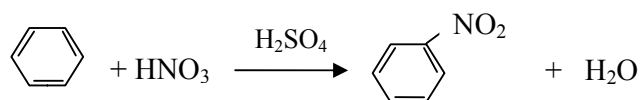
a. Dengan asam nitrat



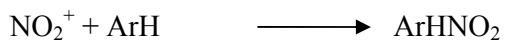
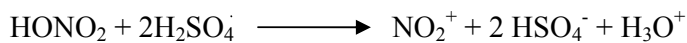
Mekanisme reaksi:



b. Dengan asam campuran (HNO₃ + H₂SO₄)

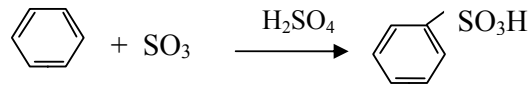


Mekanisme:



III. Sulfonasi

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



2. Asam Nitrat

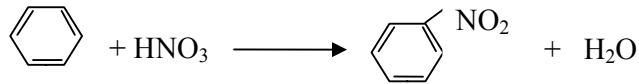
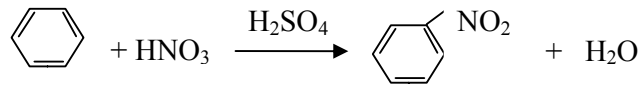
a. Sifat fisis :

Rumus Kimia	: HNO_3
Berat molekul (g/mol)	: 63,012
Bentuk (30°C, 1 atm)	: cair
Titik didih 1 atm, °C	: 83,4
Titik lebur, °C	: -41,59
Densitas (20°C), g/ml	: 1,502
Kelarutan (dalam 100 bagian)	
- air dingin	: ∞ (tak terhingga)
- air panas	: ∞ (tak terhingga)
Meledak dalam <i>solvent</i> etanol	
Viskositas (25°C), cP	: 0,761
Panas peleburan (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
Entropy (25°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:



3. Asam Sulfat

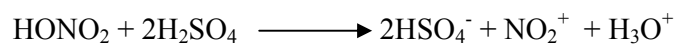
a. Sifat fisis :

Rumus Kimia	: H ₂ SO ₄
Berat molekul (g/mol)	: 98,078
Bentuk (30°C, 1 atm)	: cair
Titik didih 1 atm, °C	: 340
Titik leleh, °C	: 10,49
Kelarutan (dalam 100 bagian)	
- air dingin	: ∞ (tak terhingga)
- air panas	: ∞ (tak terhingga)
Densitas (20°C), g/ml	: 1,84

(Perry, 1999)

b. Sifat Kimia

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



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

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

4. Natrium Hidroksida

a. Sifat fisis :

Rumus Kimia	: NaOH
Berat molekul (g/mol)	: 39,997
Bentuk (30°C, 1 atm)	: cair
Titik didih 1 atm, °C	: 1388
Titik leleh, °C	: 318
Densitas (20°C), g/ml	: 2,13
Panas laten pencampuran, kJ/mol	: 167,4
Energi bebas pembentukan, kJ/mol	: -397,5

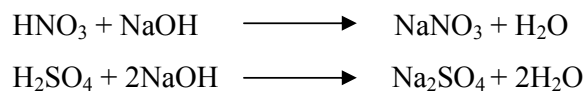
(Kirk Othmer, 1996)

Panas pembentukan (H_f), kJ/kmol	: -102
Panas pelarutan, kkal/gmol	: -10,2
Kelarutan (dalam 100 bagian)	
- air dingin 0°C	: 71
- air panas 100°C	: 163,2

b. Sifat Kimia

Dalam proses ini NaOH sebagai penetral asam campuran.

Reaksi:



(Fessenden, 1997)

B. Produk

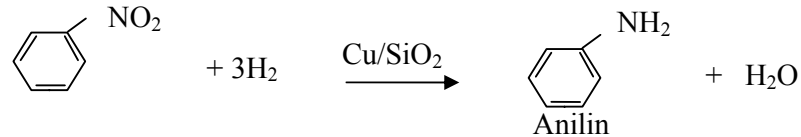
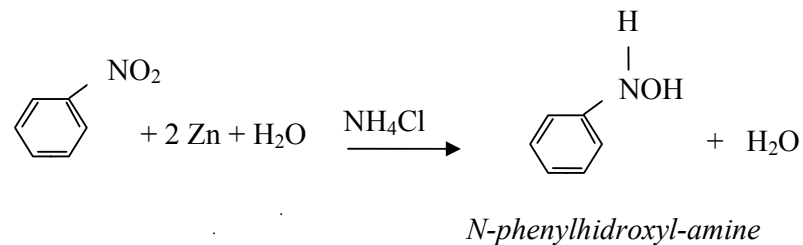
1. Nitrobenzen

a. Sifat fisis :

Rumus Kimia	: C ₆ H ₅ NO ₂
Berat molekul (kg/kmol)	: 123
Bentuk (30°C, 1 atm)	: cair
<i>Specific gravity</i> (25°C / 4°C air), g/ml	: 1,199
Viskositas (15°C), mPa's (cP)	: 2,17

Titik didih 1 atm, °C	: 210,9
Titik leleh, °C	: 5,85
Panas spesifik (30°C), J/g	: 1,509
Panas laten penguapan, J/g	: 331
Panas peleburan (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
Titik nyala, °C	: 88
<i>Autoignition temperature</i> , °C	: 482
<i>Explosive limit</i> (93°C), % vol di udara	: 1,8
<i>Vapor density</i> (udara = 1)	: 4,1
	(Kirk Othmer, 1996)
Suhu kritis (T_c), °C	: 438,85
Tekanan kritis (P_c), kPa	: 3500
Volume kritis (V_c), m ³ /kgmol	: 0,38080
	(Hysis 3.2)
Panas pembakaran (H_c), kkal/mol	: 739
Panas penguapan (210°C), kal/g	: 79,1
Panas pencampuran, kkal/mol	: 2,78
Kelarutan nitrobenzen dalam air	
Suhu, °C	: 8,8 ; 14,7 ; 30,8
Persen nitrobenzen	: 0,19 ; 0,22 ; 0,27
Kelarutan air dalam nitrobenzen	
Suhu, °C	: 8,8 ; 38,0 ; 58,8 ; 65,2 ; 65,3
Persen air	: 0,174 ; 0,194 ; 0,4 ; 0,71 ; 1,5
	(Mc. Ketta, 1983)

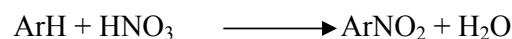
b. Sifat kimia

I. Reduksi nitrobenzen dengan pereduksi Cu dan SiO₂II. Reduksi nitrobenzen dengan Zn dan katalis NH₄Cl**1.4.4. Tinjauan Proses Secara Umum**

Reaksi nitration adalah proses dimana terjadi reaksi kimia yang menjamin masuknya satu atau lebih gugus (-NO₂) ke dalam suatu molekul, dimana molekul reaktannya merupakan senyawa-senyawa organik. Reaksi nitration merupakan reaksi yang penting dalam industri kimia organik sintesis. Selain menghasilkan produk semacam pelarut, zat warna, zat yang mudah meledak, juga menghasilkan produk menengah yang berguna bagi penyediaan atau pembuatan senyawa lain seperti amin.

Reaksi nitration berlangsung dengan penggantian satu atau lebih gugus nitro (-NO₂) 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 (-NO₂) ke dalam senyawa dapat terjadi dengan menggantikan kedudukan beberapa atom atau gugus yang ada dalam senyawa. Umumnya nitration yang banyak dijumpai adalah nitration -NO₂ 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 kepadatan elektron terbesar. Gugus NO_2 yang masuk dapat membentuk posisi ortho, para, dan meta. Jumlah isomer pada produk tergantung pada *substituent* ini. *Substituent* meta menyebabkan kepadatan elektron menjadi lebih besar dibandingkan *substituent* ortho dan para, sehingga *yield* produk nitration akan didominasi isomer meta.