

**PRA RENCANA
PABRIK PEMBUATAN NITROBENZENE
KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti Ujian Sarjana
pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

OLEH :

FERDIAWATI CHANDRA

03111003043

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDERALAYA**

2016

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi :

**“PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN NITROBENZENE
KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN”**

Oleh :

FERDIAWATI CHANDRA

03111003043

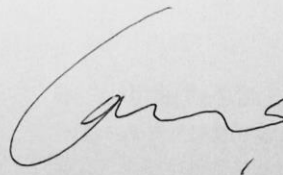
**Telah disidangkan pada tanggal 23 April 2016 di Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia,**

**Inderalaya, 30 April 2016
Dosen Pembimbing**

**Dr. Ir. Hj. Susila Arita R, DEA
NIP. 196010111985032002**

**Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T, M.T.
NIP. 197503261999032002**



LEMBAR PERBAIKAN

Nama Mahasiswa/NIM:

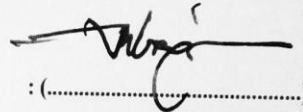
Ferdiawati Chandra / 03111003043

Judul Tugas Akhir:

**Pra Rencana Pabrik Pembuatan Nitrobenzene
Kapasitas 80.000 Ton/Tahun**

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada Sidang Sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 23 April 2016 oleh dosen penguji :

1. Prof. Dr. Ir. Subriyer Nasir, M.S.
NIP. 196009091987031004


: (.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia

Dr. Ir. Hj. Susila Arita R, DEA
NIP. 196010111985032002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat yang diberikan, penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pra Rencana Pabrik Pembuatan Nitrobenzene dengan Kapasitas 80.000 Ton/Tahun”**. Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan mengikuti ujian akhir tingkat sarjana pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir, penulis banyak mengalami kesulitan namun berkat bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam Tugas Akhir ini, antara lain:

- 1) Orang tua dan keluarga yang telah membantu dan mendukung pelaksanaan Tugas Akhir ini.
- 2) Ibu Dr. Ir. Hj. Susila Arita Rachman, DEA selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Ibu Dr. Novia, S.T, M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 4) Ibu Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
- 5) Semua pihak yang turut membantu penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis memohon maaf apabila terdapat kekurangan dalam penyelesaian Tugas Akhir dan penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat terutama bagi semua pihak

Inderalaya, November 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERBAIKAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
INTISARI	x
BAB I PEMBAHASAN UMUM	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	1
1.3. Macam-Macam Proses.....	2
1.4. Sifat-Sifat Fisika dan Kimia	3
BAB II PERENCANAAN PABRIK	9
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	9
2.2. Pemilihan Kapasitas Produksi	9
2.3. Pemilihan Bahan Baku.....	11
2.4. Pemilihan Proses	11
2.5. Uraian proses	13
BAB III LOKASI DAN LETAK PABRIK	16
3.1. Lokasi Pabrik	16
3.2. Tata Letak Pabrik	17
3.3. Luas Area	18

BAB IV	NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	21
	4.1. Neraca Massa	21
	4.2. Neraca Panas	25
BAB V	UTILITAS	30
	5.1. Unit Pengadaan Steam	30
	5.2. Unit Pengadaan Air.....	30
	5.3. Unit Pengadaan Listrik	34
	5.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	36
BAB VI	SPESIFIKASI PERALATAN	38
BAB VII	ORGANISASI PERUSAHAAN	62
	7.1. Bentuk Perusahaan	62
	7.2. Struktur Organisasi	63
	7.3. Tugas dan Wewenang	63
	7.4. Sistem Kerja	65
	7.5. Penentuan Jumlah Buruh	66
BAB VIII	ANALISA EKONOMI	71
	8.1. Keuntungan (Profitability)	71
	8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal.....	72
	8.3. Total Modal Akhir	74
	8.5. Laju Pengembalian Modal	76
	8.6. Break Even Point (BEP)	77
BAB IX	KESIMPULAN	80
BAB X	TUGAS KHUSUS	81
	DAFTAR NOTASI	97
	DAFTAR PUSTAKA	105
	LAMPIRAN	107

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Kebutuhan nitrobenzene di Indonesia	10
Tabel 2.2. Perbandingan teknologi proses pembuatan nitrobenzene	12
Tabel 7.1. Perincian jumlah karyawan.....	69
Tabel 8.1. Angsuran pengembalian modal	73
Tabel 8.2. Kesimpulan analisa ekonomi	79
Tabel 10.1. Perbandingan kinerja Plate Column dan Packed Column	96

DAFTAR GAMBAR

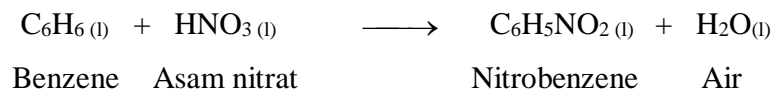
	Halaman
Gambar 2.1. Kebutuhan nitrobenzene di Indonesia.....	10
Gambar 2.2. Diagram alir pra rencana pabrik pembuatan nitrobenzene kapasitas 80.000 ton/tahun	15
Gambar 3.1. Layout pabrik pembuatan nitrobenzene	19
Gambar 3.2. Peta lokasi pabrik pembuatan nitrobenzene di Cilacap	20
Gambar 3.3. Tata letak alat dalam pabrik nitrobenzene	20
Gambar 7.1. Struktur organisasi perusahaan	70
Gambar 8.1. Grafik Break Event Point	71
Gambar 10.1. Proses Distilasi Crude Distilling Unit	83
Gambar 10.2. Skema Distilasi Sederhana	84
Gambar 10.3. Kolom Distilasi	87
Gambar 10.4. Bottom Distilasi	87
Gambar 10.5. Top Distilasi	87
Gambar 10.6. Perforated Tray.....	88
Gambar 10.7. Diagram karakteristik geometri plate	89
Gambar 10.8. Bubble Cap Tray	90
Gambar 10.9. Equilateral triangular pitch	90
Gambar 10.10. Valve Tray tipe Flexitray produksi Koch-Glitsch	91
Gambar 10.11. Sieve Plate	92
Gambar 10.12. Aliran liquid dan vapor	95
Gambar 10.13. Aliran pada tiap plate	95

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Perhitungan Neraca Massa	107
Lampiran 2. Perhitungan Neraca Panas	134
Lampiran 3. Perhitungan Spesifikasi Peralatan	177
Lampiran 4. Perhitungan Analisa Ekonomi	438

INTISARI

Pabrik pembuatan *nitrobenzene* ini direncanakan berlokasi di Jalan Nusantara, daerah Cilacap, Jawa Tengah, memiliki area seluas 3,5 ha dengan kapasitas 80.000 ton/tahun. Proses pembuatan *nitrobenzene* ini menggunakan bahan baku *benzene* dan asam nitrat dengan bantuan katalis asam sulfat. Reaksi berlangsung pada tekanan 4 atm dan temperatur 90°C. Reaksi yang terjadi adalah :



Perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *line and staff*, dimana pelaksana harian dipimpin oleh direktur utama dengan karyawan pabrik sebanyak 86 orang.

Hasil analisa ekonomi dari pra rencana pabrik pembuatan *nitrobenzene* dengan kapasitas 80.000 ton/tahun ini adalah sebagai berikut.

- a) *Annual Cash Flow* = US \$ 10,946,024.7920
- b) *Total Capital Investment* = US \$ 13,327,194.5602
- c) *Total Production Cost* = US \$ 88,426,867.3666
- d) *Selling Price* = US \$ 101,599,999.6696
- e) *Pay Out time* = 2 tahun
- f) *Rate of Return on Investment (ROR)* = 74,1330 %
- g) *Discounted Cash Flow-ROR* = 82,0427 %
- h) *Break Even Point* = 30,7657 %
- i) *Service Life* = 11 tahun

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia,

Inderalaya, Mei 2016
Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Hj. Susila Arita R, DEA
NIP. 196010111985032002

Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T, M.T.
NIP. 197503261999032002

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1. Pendahuluan

Nitrobenzene ($C_6H_5NO_2$) merupakan senyawa turunan aromatik yang memiliki nama lain *nitrobenzol*, *mononitrobenzol*, *essence of mirbane* dan *oil of mirbane*. *Nitrobenzene* biasa digunakan sebagai bahan baku pembuatan anilin, senyawa *intermediate* dalam industri *polyurethane*, pelarut dalam *petroleum refining*, industri selulosa eter dan asetat, *dinitrobenzene* dan dikloroanilin, serta sintesis senyawa organik *acetaminophen*. Kegunaan *nitrobenzene* lainnya sebagai *flavouring agent*, pelarut dalam *marking ink* dan *metal, furniture, shoe polishes*, parfum termasuk parfum sabun, *dye intermediate*, disinfektan, serta *refining lubricating oil* (Davies dkk, 2003).

Kebutuhan *nitrobenzene* di Indonesia dipenuhi melalui impor dari beberapa negara, seperti Jepang, Amerika Serikat, Malaysia, India, Rusia, China, Inggris, Taiwan, dan sebagainya. Oleh karena itu, Indonesia harus mendirikan pabrik *nitrobenzene* untuk memenuhi kebutuhan produsen, mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri, dan apabila memungkinkan dapat diekspor untuk menambah devisa negara. Dengan berdirinya pabrik pembuatan *nitrobenzene* ini, diharapkan dapat menghemat devisa negara dan membuka lapangan kerja baru, sehingga mengurangi angka pengangguran dan kemiskinan yang terjadi di Indonesia.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Pembuatan komponen nitro aromatik diawali pada tahun 1834 oleh German Mitscherlich Eilhardt yang melakukan proses pengolahan turunan hidrokarbon dari tar batubara dengan *fuming* asam nitrat. Pada tahun 1835, Laurent memproduksi naftalen melalui proses nitrasi dari hidrokarbon aromatik murni. Dale melaporkan mengenai komponen turunan campuran nitro yang berasal dari *crude benzene* pada tahun 1838 pada British Association for the Advancement of Science. Hofmann dan Muspratt juga melaporkan penemuannya mengenai nitrasi *benzene* untuk menghasilkan *mononitrobenzene* dan

dinitrobenzene dengan mencampurkan asam nitrat dan asam sulfat. Pada produksi skala kecil, *nitrobenzene* didestilasi untuk menghasilkan cairan berwarna kuning dengan aroma *almond* yang digunakan untuk industri sabun dan parfum sebagai *essence of mirbane* (Ullmann, 2005).

Industri pertama yang memproduksi *nitrobenzene* pada tahun 1847 berada di Mansfield, Inggris. Pada tahun 1999, produksi dunia *nitrobenzene* di Amerika Serikat sebesar 2.133.800 ton. Produksi *nitrobenzene* mengalami peningkatan secara bertahap dalam ribuan ton di Amerika Serikat, yaitu 73 ton (1960), 249 ton (1970), 277 ton (1980), 533 ton (1990) dan 740 ton (1994). Produksi *nitrobenzene* di Jepang berkisar 70.000 ton pada tahun 1980 dan 135.000 ton pada tahun 1990. Patil dan Shinde (1989) menyatakan bahwa produksi *nitrobenzene* di India sebesar 22.000 ton per tahun. *Nitrobenzene* diproduksi pada dua tempat di Inggris dengan kapasitas total 167.000 ton per tahun. Hal ini diperkirakan bahwa produksi anilin maksimum 115.400 ton. Bila diasumsikan 98% *nitrobenzene* di Inggris digunakan untuk menghasilkan anilin, maka total *nitrobenzene* di Inggris berkisar 155.600 ton per tahun (Davies dkk, 2003).

1.3. Macam – Macam Proses

1.3.1 Proses Batch Nitration Benzene dan Campuran Asam

Proses *batch* ini menghabiskan waktu reaksi berkisar antara 2-4 jam dengan rasio komposisi campuran asam sebesar 56-60% asam sulfat, 27-32% asam nitrat dan 8-17% air. Proses ini berlangsung pada temperatur reaksi 50-55°C. Setelah disintesa, produk yang terbentuk dipisahkan dalam *Separator*, lalu dinetralisasi menggunakan larutan basa natrium hidroksida. Proses purifikasi produk ini dilakukan dengan menggunakan kolom destilasi, sehingga diperoleh *yield* produk dengan nilai 95-98% (Othmer, 1967).

1.3.2. Proses Kontinu Nitration Benzene dengan Campuran Asam

Proses kontinu merupakan proses Beazzi yang memiliki prinsip sama dengan proses *batch*. Proses *batch* memerlukan waktu untuk bereaksi selama 2-4 jam, sedangkan proses kontinu memerlukan waktu reaksi yang lebih cepat, yaitu berkisar antara 10-30 menit. Selain itu, konsentrasi asam nitrat pada proses *batch* berkisar 27-32%, sedangkan pada keadaan kontinu memiliki konsentrasi asam

nitrat sebesar 20-26%. Reaktor yang digunakan untuk proses kontinu lebih kecil, dimana kecepatan reaksi lebih tinggi, sehingga pengadukan lebih efisien (Faith dkk, 1975).

1.3.3. Proses Nitration Benzene dan Asam Nitrat

Pada proses ini, fungsi campuran asam (asam sulfat dan asam nitrat) sebagai asam penitrasi digantikan dengan asam nitrat dan air. Proses ini kurang menguntungkan karena diperlukan asam nitrat yang berlebihan untuk menghasilkan *nitrobenzene* dalam jumlah yang sama dan waktu reaksi berlangsung sangat lama. Proses ini juga memerlukan bahan baku yang lebih banyak dengan ukuran alat yang diperlukan jauh lebih besar, sehingga dari segi ekonomi kurang menguntungkan (Ross dkk, 1956).

1.4. Sifat-sifat Fisika dan Kimia

1.4.1. Bahan Baku

1) *Benzene*

Rumus kimia	: C_6H_6
Berat molekul (gram/mol)	: 78,1134
Titik beku ($^{\circ}C$)	: 5,530
Titik didih ($^{\circ}C$)	: 80,09
Temperature kritis ($^{\circ}C$)	: 288,90
Tekanan kritis (bar)	: 48,95
Volume kritis (ml/mol)	: 256,00
Densitas kritis (gram/ml)	: 0,3051
Faktor kompresibilitas kritis (Z_c)	: 0,2680
Faktor asentrik (ω)	: 0,2100
Densitas (gram/ml) pada $T = 298,15^{\circ}K$: 0,8730
Entalpi penguapan (kJ/mol) pada $T = 353,24^{\circ}K$: 30,746

(Yaws, 2008)

2) Asam nitrat

Rumus kimia	: HNO_3
Berat molekul (gram/mol)	: 63,0119
Titik beku ($^{\circ}C$)	: -41,60

Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	: 83,00
Temperature kritis ($^{\circ}\text{C}$)	: 246,85
Tekanan kritis (bar)	: 68,90
Volume kritis (ml/mol)	: 145,00
Densitas kritis (gram/ml)	: 0,4346
Faktor kompresibilitas kritis (Z_c)	: 0,2310
Faktor asentrik (ω)	: 0,7144
Densitas (gram/ml) pada $T = 231,55^{\circ}\text{K}$: 1,6110
Entalpi penguapan (kJ/mol) pada $T = 356,15^{\circ}\text{K}$: 31,721

(Yaws, 2008)

2.1. Nitrogen dioksida

Rumus kimia	: NO_2
Berat molekul (gram/mol)	: 46,0050
Titik beku ($^{\circ}\text{C}$)	: -11,25
Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	: 21,00
Temperature kritis ($^{\circ}\text{C}$)	: 158,00
Tekanan kritis (bar)	: 101,33
Volume kritis (ml/mol)	: 82,49
Densitas kritis (gram/ml)	: 0,5577
Faktor kompresibilitas kritis (Z_c)	: 0,2330
Faktor asentrik (ω)	: 0,8511
Densitas (gram/ml) pada $T = 261,90^{\circ}\text{K}$: 1,5214
Entalpi penguapan (kJ/mol) pada $T = 294,15^{\circ}\text{K}$: 24,664

(Yaws, 2008)

3) Asam sulfat

Rumus kimia	: H_2SO_4
Berat molekul (gram/mol)	: 98,0718
Titik beku ($^{\circ}\text{C}$)	: 10,31
Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	: 336,85
Temperature kritis ($^{\circ}\text{C}$)	: 650,85
Tekanan kritis (bar)	: 64,00

Volume kritis (ml/mol)	: 177,70
Densitas kritis (gram/ml)	: 0,5519
Faktor kompresibilitas kritis (Z_c)	: 0,1480
Faktor asentrik (ω)	: 0,4940
Densitas (gram/ml) pada $T = 283,46^0\text{K}$: 1,8424
Entalpi penguapan (kJ/mol) pada $T = 610,00^0\text{K}$: 50,200

(Yaws, 2008)

4) Natrium hidroksida

Rumus kimia	: NaOH
Berat molekul (gram/mol)	: 39,9959
Titik beku (^0C)	: 322,85
Titik didih (^0C)	: 1556,85
Temperature kritis (^0C)	: 2546,85
Tekanan kritis (bar)	: 250,00
Volume kritis (ml/mol)	: 200,00
Densitas kritis (gram/ml)	: 0,20
Faktor kompresibilitas kritis (Z_c)	: 0,2130
Faktor asentrik (ω)	: 0,4770
Densitas (gram/ml) pada $T = 600,00^0\text{K}$: 1,7810
Entalpi penguapan (kJ/mol) pada $T = 1830,00^0\text{K}$: 164,835

(Yaws, 2008)

5) Air

Rumus kimia	: H_2O
Berat molekul (gram/mol)	: 18,0148
Titik beku (^0C)	: 0,00
Titik didih (^0C)	: 100,00
Temperature kritis (^0C)	: 373,98
Tekanan kritis (bar)	: 220,55
Volume kritis (ml/mol)	: 55,950
Densitas kritis (gram/ml)	: 0,3220
Faktor kompresibilitas kritis (Z_c)	: 0,2290

Faktor asentrik (ω)	: 0,3449
Densitas (gram/ml) pada $T = 290,00^{\circ}\text{K}$: 0,9990
Entalpi penguapan (kJ/mol) pada $T = 373,15^{\circ}\text{K}$: 40,316

(Yaws, 2008)

1.4.2. Produk

1.4.2.1. Produk Utama

1) Nitrobenzene

Rumus kimia	: $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$
Berat molekul (gram/mol)	: 123,1105
Titik beku ($^{\circ}\text{C}$)	: 5,760
Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	: 210,80
Temperature kritis ($^{\circ}\text{C}$)	: 445,85
Tekanan kritis (bar)	: 44,00
Volume kritis (ml/mol)	: 349,00
Densitas kritis (gram/ml)	: 0,3528
Faktor kompresibilitas kritis (Z_c)	: 0,2570
Faktor asentrik (ω)	: 0,4490
Densitas (gram/ml) pada $T = 298,15^{\circ}\text{K}$: 1,1990
Entalpi penguapan (kJ/mol) pada $T = 483,95^{\circ}\text{K}$: 44,079

(Yaws, 2008)

1.4.2.2. Produk Samping

1) Dinitrobenzene

Rumus kimia	: $\text{C}_6\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_4$
Berat molekul (gram/mol)	: 168,1076
Titik beku ($^{\circ}\text{C}$)	: 90,08
Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	: 302,35
Temperature kritis ($^{\circ}\text{C}$)	: 534,85
Tekanan kritis (bar)	: 38,50
Volume kritis (ml/mol)	: 434,00
Densitas kritis (gram/ml)	: 0,3873
Faktor kompresibilitas kritis (Z_c)	: 0,2490

Faktor asentrik (ω) : 0,6670
 Densitas (gram/ml) pada $T = 573,00^0\text{K}$: 1,2492
 Entalpi penguapan (kJ/mol) pada $T = 573,00^0\text{K}$: 61,673
 (Yaws, 2008)

2) Nitrofenol

Rumus kimia : $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_3$
 Berat molekul (gram/mol) : 139,1095
 Titik didih (^0C) : 216,00
 Temperature kritis (^0C) : 432,4239
 Tekanan kritis (bar) : 48,3646
 Volume kritis (ml/mol) : 317,03
 Faktor kompresibilitas kritis (Z_c) : 0,2614
 Faktor asentrik (ω) : 0,6708
 Densitas (gram/ml) pada $T = 489,15^0\text{K}$: 1,0778
 Entalpi penguapan (kJ/mol) pada $T = 489,15^0\text{K}$: 42,8430
 (Yaws, 2008)

3) Trinitrofenol

Rumus kimia : $\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7$
 Berat molekul (gram/mol) : 229,1037
 Titik didih (^0C) : 289,2128
 Temperature kritis (^0C) : 505,3556
 Tekanan kritis (bar) : 23,6222
 Volume kritis (ml/mol) : 518,34
 Faktor kompresibilitas kritis (Z_c) : 0,1892
 Faktor asentrik (ω) : 0,9954
 Densitas (gram/ml) pada $T = 562,3628^0\text{K}$: 1,4016
 Entalpi penguapan (kJ/mol) pada $T = 562,3628^0\text{K}$: 69,568
 (Yaws, 2008)

4) Nitrogen oksida

Rumus kimia : NO
 Berat molekul (gram/mol) : 30,0060

Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	: -161,00
Temperature kritis ($^{\circ}\text{C}$)	: -93,00
Tekanan kritis (bar)	: 64,80
Volume kritis (ml/mol)	: 58,00
Densitas kritis (gram/ml)	: 0,5173
Faktor kompresibilitas kritis (Z_c)	: 0,2510
Faktor asentrik (ω)	: 0,5829
Densitas (gram/ml) pada $T = 109,50^{\circ}\text{K}$: 1,3349
Entalpi penguapan (kJ/mol) pada $T = 121,38^{\circ}\text{K}$: 13,529

(Yaws, 2008)

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2000). *Konservasi energi pada sistem pencahayaan*. Dewan Standarisasi Nasional, SNI-03-6397-2000.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). *Spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan*. Dewan Standarisasi Nasional, SNI-7391:2008.
- Bonnington, S. T., King, A. L. (1976). *Jet pump and ejectors: a state of the art review*. United Kingdom: BHRA Fluid Engineering.
- Chauvel, A. dan Lefebvre, G. (1989). *Petrochemical processes technical and economic characteristic major oxygenated, chlorinated, and nitrated derivatives 2nd Edition*. Paris: Imprimerie Nouvelle.
- Davies, L. (2003). *Environmental health criteria 230 nitrobenzene*. Australia: World Health Organization Geneva.
- Felder, Richard M. dan Rousseau, Ronald W. (2005). *Elementary principles of chemical processes 3rd edition*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Fogler, H. Scott. (1999). *Elements of chemical reaction engineering 3rd edition*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Franck, H. G. Dan Stadelhofer, J. W. (2001). *Industrial aromatic chemistry raw material processes and products*. Jerman: Springer Verlag.
- Green D. W., Perry, R. H. (2008). *Perry's chemical engineer's handbook 8th edition*. New York: Mc Graw Hill Book Company.
- Kern, Donald Q. (1950). *Process heat transfer*. New York: Mc-Graw-Hill Book Company, Inc.
- Levenspiel, O. (1999). *Chemical reaction engineering 3rd edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Lowenheim, Moran, M. K. (1975). *Faith, keyes, and clark's industrial chemical*. New York: John Wiley and Sons.
- Maxwell, G. R. (2004). *Synthetic nitrogen products a practical guide to the products and processes*. New York: Kluwer Academic Publisher.

- McCabe, W. L., Smith, J. C., Harriott P. (1993). *Unit operations of chemical engineering 5th edition*. Singapore: Mc-Graw-Hill Book Company, Inc.
- Othmer, K. (1967). *Encyclopedia of chemical technology 4th edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Peters, Max S. (1991). *Plant design economics for chemical engineers 4th edition*. Singapore: Mc-Graw-Hill Book Company, Inc.
- Reid, R.C., Prausnitz, J. M., Poling, B. E. (1987). *The Properties of Gases and Liquids 4th Edition*. New York: Mc-Graw-Hill Book Company, Inc.
- Sinnott, R. K. (2003). *Coulson and richardson's chemical engineering 6th edition*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Smith, J. M., Van Ness, H.C., Abbott, M. M. (2001). *Introduction to chemical engineering thermodynamics 6th edition*. New York: Mc Graw Hill Book Company.
- Treybal, Robert E. (1981). *Mass transfer operation 3rd edition*. Singapore: Mc-Graw-Hill Book Company, Inc.
- Vilbrandt, F. C., Dryden, C. E. (1959). *Chemical engineering series 4th edition*. New York: Mc-Graw-Hill Book Company, Inc.
- Walas, Stanley M. (1990). *Chemical process equipment selection and design*. Newton: Butterworth-Heinemann.
- Weissermel, K. Dan Arpe, H. J. (2010). *Industrial organic chemistry 4th edition*. Jerman: Wiley-VCH
- Welty, James R., dkk. (2000). *Fundamentals of momentum, heat, and mass transfer 5th edition*. Oregon: John Wiley & Sons, Inc.
- Yaws, C. L. (2008). *Thermophysical properties of chemicals and hydrocarbons*. Texas: William Andrew.