

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN MESITYLENE KAPASITAS PRODUKSI 222.000 TON PER TAHUN

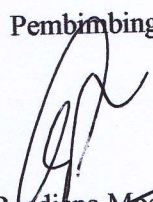
SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana

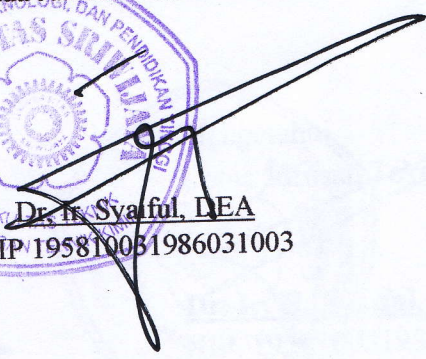
Oleh:

Ade Selpiani
NIM 03121403036
Arista Khanza Septiani
NIM 03121403040

Pembimbing,


Ir. Hj. Rosdiana Moeksin, M.T.
NIP. 195608311984032002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia


Dr. Ir. Syaiful, DEA
NIP. 195810031986031003




HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Pra Rencana Pabrik Pembuatan Mesitylene kapasitas 222.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan Ade Selpiani dan Arista Khanza Septiani di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara pada Tanggal 19 Desember 2018.

Disetujui pada tanggal April 2019

Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Dr. Fitri Hadiyah, ST, MT.
NIP.197808222002122001

()

2. Dr. Ir. H. Faizal, DEA
NIP.195805141984031001

()

3. Dr. David Bahrin, ST, MT
NIP.198010312005011003


()

4. Ir. H. Abdullah Saleh, MS, M.Eng
NIP.195304261984031001

()

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia




Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
NIP. 195810031986031003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ade Selpiani

NIM : 03121403036

Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Mesitylene dengan
Kapasitas 222.000 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Arista Khanza Septiani didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, September 2019



NIM. 03121403036

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arista Khanza Septiani

NIM : 03121403040

Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Mesitylene dengan
Kapasitas 222.000 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Ade Selpiani didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, September 2019



Arista Khanza Septiani

NIM. 03121403040

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun ucapkan terima kasih kepada Allah SWT atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul **“Pra Rencana Pabrik Pembuatan Mesitylene dengan Kapasitas 222.000 Ton/Tahun”** tepat pada waktunya. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mengikuti ujian akhir tingkat sarjana pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan selama pengerjaan Tugas Akhir ini, terutama kepada:

- 1) Bapak Dr. Ir. H.Syaiful, DEA selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya
 - 2) Ibu Dr.Hj.Leily Nurul Komariah,S.T,M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya
 - 3) Ibu Ir.Hj.Rosdiana Moeksin, MT selaku Pembimbing Tugas Akhir.
 - 4) Seluruh Dosen dan Staff Administrasi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
 - 5) Kedua Orang Tua dan seluruh keluarga tercinta atas dukungan moril maupun materil.
 - 6) Riski Juniansyah Official Beserta Adik-adik yang telah membantu pengerjaan Tugas Akhir ini, dan Teman-teman lainnya yang sudah membantu secara doa dan tenaganya.
- Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan.

Palembang, Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PERBAIKAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v-vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PEMBAHASAN UMUM	
1.1. Pendahuluan	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Proses Pembuatan Mesitylene.....	2
1.4. Sifat fisik dan sifat kimia	4
BAB II PERENCANAAN PABRIK	
2.1. Alasan Pendirian Pabrik.....	6
2.2. Penentuan Kapasitas.....	6
2.3. Pemilihan Bahan Baku.....	8
2.4. Pemilihan Proses	8
2.5. Uraian Proses	9
BAB III LOKASI DAN LETAK PABRIK	
3.1. Lokasi Pabrik	11
3.2. Letak Peralatan Pabrik	13
3.3. Luas Tanah	13
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	
4.1. Neraca Massa	15
4.2. Neraca Panas	17
BAB V UTILITAS	
5.1. Unit Pengolahan Air (<i>Water Treatment Plant</i>)	22
5.2. Unit Penyediaan <i>Steam</i>	24

5.3. Unit Penyediaan Tenaga Listrik.....	25
5.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar	26
5.5. Unit Pengadaan <i>Refrigerant</i>	28

BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN

6.1. Tangki-01 (T-01).....	29
6.2. Tangki-04 (T-04).....	30
6.3. Tangki-06 (T-06).....	31
6.4. Tangki-02 (T-02).....	32
6.5. Pompa-01 (P-01)	33
6.6. Pompa-02 (P-02)	34
6.7. Pompa-03 (P-03)	35
6.8. Pompa-04 (P-04)	36
6.9. Pompa-05 (P-05).....	37
6.10. Pompa-06 (P-06)	38
6.11. Heater-01 (H-01).....	39
6.12. Heater-02 (H-02).....	40
6.13. Chiller -01 (CH-01).....	41
6.14. Chiller-02 (CH-02).....	42
6.15. Kondensor-03 (CD-03)	43
6.16. Kondensor-04 (CD-04)	44
6.17. Reaktor-01 (R-01)	45
6.18. Reaktor-02 (R-02)	46
6.19. Kolom Distilasi-01 (KD-01)	47
6.20. Condenser-01 (CD-01).....	48
6.21. Akumulator-01 (ACC-01).....	49
6.22. Reboiler-01 (RB-01)	50
6.23. Kolom Distilasi-02 (KD-02)	51
6.24. Condenser-02 (CD-02).....	52
6.25. Akumulator-02 (ACC-02).....	53
6.26. Reboiler-02 (RB-02)	54

BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN

7.1. Struktur Organisasi	55
7.2. Manajemen Perusahaan.....	56
7.3. Tugas dan Wewenang	56
7.4. Sistem Kerja.....	60
7.5. Penentuan Jumlah Buruh.....	61
BAB VIII ANALISA EKONOMI	
8.1. Keuntungan (Profitabilitas).....	68
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal.....	69
8.3. Total Modal Akhir.....	71
8.4. Laju Pengembalian Modal	73
8.5. <i>Break Event Point</i> (BEP)	74
BAB IX KESIMPULAN	77
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Proses Pembuatan Mesitylene	3
Tabel 2.1. Kebutuhan Mesitylene	7
Tabel 4.1. Neraca Massa Reaktor-01 (R-01).....	15
Tabel 4.2. Neraca Massa Condenser-03 (CD-03)	15
Tabel 4.3. Neraca Massa Kolom Distilasi 01 (KD-01)	16
Tabel 4.4. Neraca Massa Reaktor-02 (R-02).....	16
Tabel 4.5. Neraca Massa Condenser 04 (CD-04).....	16
Tabel 4.6. Neraca Massa Kolom Distilasi 02 (KD-02)	17
Tabel 4.7. Neraca Panas Heater 01 (H-01).....	17
Tabel 4.8. Neraca Panas Reaktor 01 (R-01).....	17
Tabel 4.9. Neraca Panas Kondensor 03 (CD-03)	18
Tabel 4.10. Neraca Panas Kolom Distilasi 01 (KD-01)	18
Tabel 4.11. Neraca Panas Reboiler 01 (RB-01)	18
Tabel 4.12. Neraca Panas Condenser 01 (CD-01).....	19
Tabel 4.13. Neraca Massa Heater 02 (H-02).....	19
Tabel 4.14. Neraca Massa Heater 02 (H-02).....	19
Tabel 4.15. Neraca Massa Reaktor 02 (R-02)	20
Tabel 4.16. Neraca Massa Condenser 04 (CD-04).....	20
Tabel 4.17. Neraca Panas Chiller 02 (CH-02).....	20
Tabel 4.18. Neraca Panas Kolom Distilasi 02 (KD-02)	21
Tabel 4.19. Neraca Panas Reboiler 02 (RB-02)	21
Tabel 4.20. Neraca Panas Condenser 02 (CD-02).....	21
Tabel 5.1. Data Kebutuhan Air Pendingin Peralatan	22
Tabel 6.1. Spesifikasi Alat Tangki Asam Asetat (T-01)	29
Tabel 6.2. Spesifikasi Alat Tangki CaO 36,4% (T-04)	30
Tabel 6.3. Spesifikasi Alat Tangki Mesitylene (T-06).....	31
Tabel 6.4. Spesifikasi Alat Tangki kalsium oksida (T-02).....	32
Tabel 6.5. Spesifikasi Alat Pompa 01 (P-01)	33

Tabel 6.6. Spesifikasi Alat Pompa 02 (P-02)	34
Tabel 6.7. Spesifikasi Alat Pompa-03 (P-03).....	35
Tabel 6.8. Spesifikasi Alat Pompa-04 (P-04).....	36
Tabel 6.9. Spesifikasi Alat Pompa-05 (P-05).....	37
Tabel 6.10. Spesifikasi Alat Pompa 6 (P-06)	38
Tabel 6.11. Spesifikasi Alat Heater-01 (H-01).....	39
Tabel 6.12. Spesifikasi Alat Heater-02 (H-02).....	40
Tabel 6.13. Spesifikasi Alat Chiller-01 (CH-01)-	41
Tabel 6.14. Spesifikasi Alat Chiller-02 (CH-02).....	42
Tabel 6.15. Spesifikasi Alat Condenser-03 (CD-03).....	43
Tabel 6.16. Spesifikasi Alat Condenser-04 (CD-04).....	44
Tabel 6.17. Spesifikasi Alat Reaktor-01 (R-01).....	45
Tabel 6.18. Spesifikasi Alat Reaktor-02 (R-02).....	46
Tabel 6.19. Spesifikasi Alat Kolom Distilasi-01 (KD-01)	47
Tabel 6.20. Spesifikasi Alat Condenser-01 (CD-01).....	48
Tabel 6.21. Spesifikasi Alat Akumulator-01 (ACC-01).....	49
Tabel 6.22. Spesifikasi Alat Reboiler-01 (RB-01)	50
Tabel 6.23. Spesifikasi Alat Kolom Distilasi-02 (KD-02)	51
Tabel 6.24. Spesifikasi Alat Condenser-02 (CD-02).....	52
Tabel 6.25. Spesifikasi Alat Akumulator-02 (ACC-02).....	53
Tabel 6.26. Spesifikasi Alat Reboiler-02 (RB-02)	54
Tabel 7.1. Perincian Jumlah Karyawan	63
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Modal	70
Tabel 8.2. Kesimpulan Analisa Ekonomi	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kebutuhan Mesitylene di Indonesia.....	7
Gambar 3.1. Lokasi Pendirian Pabrik	13
Gambar 3.2. Tata Letak Pabrik	14
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan	66
Gambar 8.1. <i>Break Even Point</i>	75

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Neraca Massa	78
LAMPIRAN 2 Neraca Panas	95
LAMPIRAN 3 Spesifikasi Alat	130
LAMPIRAN 4 Analisa Ekonomi.....	

ABSTRAK

RENCANA PABRIK PEMBUATAN MESITYLENE KAPASITAS PRODUKSI 222.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, 19 Desember 2018

Penulis: Septiani dan Arista Khanza Septiani; Dibimbing oleh Ir. Hj. Rosdiana Moeksin, M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

vi + 204 halaman, 8 tabel, 6 gambar, 4 lampiran

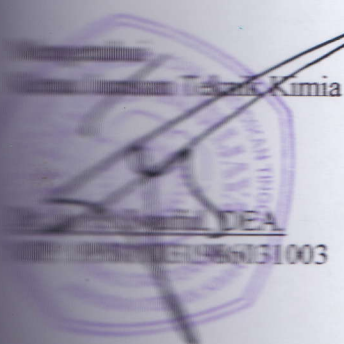
ABSTRAK

Pabrik pembuatan mesitylene dengan kapasitas 222.000 Ton/tahun direncanakan berdiri pada tahun 2022 yang terletak di Solo, Kabupaten Karanganyer dengan luas area 7 ha. Proses pembuatan mesitylene sebagai bahan baku pelarut untuk dikalangan penelitian dan industri serta digunakan sebagai larutan pengembang photopatternable silikon biasanya digunakan dalam industri elektronika, ini mengacu pada US Patent No. 4574207 B2. Bahan baku dari pembuatan mesitylene ini adalah asam asetat dan kalsium oksida. Reaksi berlangsung pada reaktor *Continuous Stirred Tank Reactor* dengan menggunakan katalis Asam Sulfat pada temperatur 350°C dan tekanan 6 atm

Pabrik ini akan didirikan perusahaan berbentuk perseroan terbatas (PT) dengan sistem organisasi *Line and Staff*, yang dipimpin oleh seorang Direktur dengan total karyawan 506 orang. Berdasarkan hasil analisa ekonomi pabrik mesitylene ini layak dibangun karena telah memenuhi persyaratan parameter ekonomi sebagai berikut

• Total Capital Investment (TCI)	: US\$ 18.363.552,824
• Total Production Cost (TPC)	: US\$ 815.284.582,966
• Total Penjualan per Tahun (SP)	: US\$ 921.820.834,278
• Annual Cash Flow	: US\$ 17.400.858,508
• Pay Out Time	: 2 Tahun
• Rate of Return	: 72%
• Break Even Point	: 33,27%
• Service Life	: 11 Tahun

Kata Kunci : Mesitylene, Pabrik, Reaktor *Continuous Stirred Tank Reactor*, Analisa Ekonomi



Palembang, September 2019
Menyetujui,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Ir. Hj. Rosdiana Moeksin, M.T.
NIP. 195608311984032002

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1. Latar Belakang

Pembangunan di sektor ekonomi yang sedang giat dikembangkan oleh pemerintah untuk mencapai kemandirian perekonomian nasional adalah pembangunan sektor industri. Industri merupakan elemen penting untuk menggerakkan roda perekonomian dan meningkatkan kemampuan daya saing global. Salah satu sasaran pembangunan ekonomi adalah agar negara Indonesia mempunyai industri yang kuat dan maju sehingga dapat menjamin kelangsungan pembangunan nasional.

Pembangunan industri ini dikembangkan secara bertahap dan terpadu melalui peningkatan keterkaitan antar industri dan sektor ekonomi lainnya. Untuk menunjang pelaksanaan pembangunan industri di dalam negeri dilakukan pengurangan pemakaian bahan-bahan industri yang diproduksi di dalam negeri. Pembangunan ini diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan industri di negara Indonesia.

Pembangunan industri dalam negeri juga dapat mengurangi ketergantungan impor bahan kimia dari negara lain. Dari pertimbangan tersebut, dibuatlah suatu pra rencana pabrik pembuatan mesitylene. Mesitylene adalah turunan dari benzene dengan tiga substituent metil yang diposisikan secara simetris disekitar ring. Mesitylene adalah cairan tak berwarna dengan aroma harum manis. Katalisis (*Catalytic*) dan dehidrasi (*Dehydration*) oleh asam sulfat, trimerisasi aseton melalui kondensasi aldol menghasilkan campuran 1,3,5- dan 1,2,4-trimetilbenzena. Aldol kondensasi adalah reaksi organik antara ion enolat dengan senyawa karbonil, membentuk β -hidroksialdehida atau β -hidroksiseton dengan diikuti dehidrasi, menghasilkan enon terkonjugasi. Kegunaan daripada mesitylene sebagai pelarut.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Mesitylene pertama kali disiapkan pada tahun 1837 oleh Robert Kane, seorang ahli kimia Irlandia, dengan memanaskan aseton dengan asam sulfat pekat. Ia menamai zat barunya "Mesitylene" karena kimiawan Jerman, Carl Reichenbach telah menamai aseton "mesit" (dari Bahasa Yunani mediator), Kane percaya bahwa reaksinya mengalami dehidrasi mesit, mengubahnya menjadi alkena, "mesitylene". Namun, penentuan Kane tentang komposisi kimia (rumus empiris) mesitylene. Rumus empiris yang benar diberikan oleh August W. Von Hofmann pada tahun 1849. Pada tahun 1866 Adolf Von Baeyer menunjukkan bahwa struktur mesitylene konsisten dengan 1,3,5-trimethylbenzene. Namun, bukti konklusif bahwa mesitylene identik dengan 1,3,5-trimethylbenzene diberikan oleh Albert Ladenburg pada 1874.

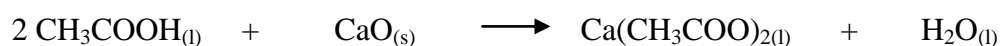
1.3. Proses Pembuatan Mesitylene

Mesitylene dapat dibuat berdasarkan penggunaan bahan baku, katalis, kondisi reaksi dan jenis sebagai berikut :

1.3.1. Proses Dengan Menggunakan Katalis Asam Sulfat (H_2SO_4)

Pada proses ini fase reaksi dalam fasa gas dan terjadi karena adanya kontak dengan katalis. Pada reaksi ini biasanya digunakan reaktor jenis continuous stirred tank reactor (CSTR), diolah dari bahan baku asam asetat dan kalsium oksida untuk menjadi aseton, lalu aliran berupa aseton yang dialirkan menuju reaktor dan berkontak dengan katalis asam sulfat sehingga terjadi reaksi mesitylene. Reaksi yang terjadi pembentukan aseton adalah sebagai berikut:

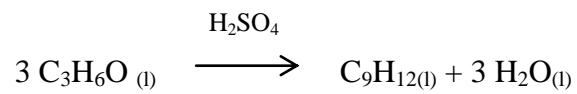
Reaksi 1 :



Reaksi 2 :



Reaksi yang terjadi pembentukan mesitylene adalah sebagai berikut:



Kondisi operasi yang terjadi pada reaksi ini adalah temperatur 400°C dan tekanan diatas atmosfer (atm).

Tabel. 1.1. Proses Pembuatan Mesitylene

Nama proses	Proses <i>Catalytic</i> (Katalisis) dan <i>Dehydration</i> (dehidrasi)
Bahan baku	Asam asetat dan Kalsium oksida
Katalis	Asam Sulfat
Konversi	80%
Kondisi operasi	400°C, 5 atm
Produk samping	Aseton mengandung air
Jenis reaktor	<i>CSTR</i>

1.4. Sifat - Sifat Fisik dan Kimia

1.4.1. Bahan Baku

1) Asam asetat

Rumus Kimia	: $C_2H_4O_2$
Berat Molekul	: 60,05 gr/mol
Densitas	: 0,862 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)
Titik Didih	: 118,1°C (244,6°F)
Titik Lebur	: 16,6°C (61,9°F)
Temperatur Kritis	: 321,67°C (611°F)
Tekanan Kritis	: 70,99 atm
ΔH_f° (kJ/mol)	: 11,72
Kapasitas Panas (J/mol.K)	: $35,720 + 4,29 \times 10^{-1} T - 1,547 \times 10^{-3} T^2 + 2,407 \times 10^{-6} T^3$
Wujud	: cair (sumber :MSDS)

2) Kalsium oksida

Rumus Kimia	: CaO
Berat Molekul	: 17,031 gr/mol
Densitas	: 0,602 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)
Titik Didih	: -33,43°C
Titik Lebur	: -77,74°C
Temperatur Kritis	: 132,5°C
Tekanan Kritis	: 111,30 atm
ΔH_f° (kJ/mol)	: 12,24
Kapasitas Panas (J/mol.K)	: $33,573 - 1,2581 \times 10^{-2} T + 8,8906 \times 10^{-5} T^2 - 7,1783 \times 10^{-8} T^3 + 1,8569 \times 10^{-11} T^4$
Wujud	: padat (sumber :MSDS)

1.4.2. Produk

1) Mesitylene

Rumus Kimia	: C_9H_{12}
Berat Molekul	: 120,2 gr/mol

Densitas	: 4,14 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)
Titik Didih	: 164,7 °C
Titik Lebur	: -44,8°C
Temperatur Kritis	: -
Tekanan Kritis	: atm
ΔH_f° (kJ/mol)	: 6,0
Kapasitas Panas (J/mol.K)	: $23,111 + 1,228 T - 3,122 \cdot 10^{-3} T^2 + 3,071 \cdot 10^{-6} T^3$
Wujud	: cair (sumber : <i>MSDS</i>)

2) Air

Rumus Kimia	: H ₂ O
Berat Molekul	: 18,015 gr/mol
Densitas	: 1,027 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)
Titik Didih	: 100°C
Titik Lebur	: 0°C
Temperatur Kritis	: 373,98°C
Tekanan Kritis	: 217,66 atm
ΔH_f° (kJ/mol)	: 5,69
Kapasitas Panas (J/mol.K)	: $92,053 - 3,995 \times 10^{-2} T - 2,110 \times 10^{-4} T^2 + 3,347 \cdot 10^{-7} T^3$
Wujud	: cair (sumber : <i>MSDS</i>)

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistika. 2014. *Data Ekspor dan Impor Bahan Industri Kimia*. Jakarta: BPS, Departemen Perindustrian dan Perdagangan RI.
- Coulson dan Richardson. 2005. *Chemical Engineering Volume 6 4th Edition*. Elsevier : Buttenworth - Heinemann.
- Felder, R. M. dan Rousseau R. W. 2000. *Elementary Principles of Chemical Process, 3rd Edition*. John Wiley & Sons, Inc : New York.
- Fogler, S. 1992. *Elements of Chemical Reaction Engineering, 2nd Edition*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Hill, Charles G. 1977. *An Introduction to Chemical Engineering Kinetics & Reaction Design*. John Willey & Sons : New York
- Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill International Edition : Auckldan.
- Levenspiel, Octave. 1973. *Chemical Reaction Engineering, 2nd Edition*. John Wiley & Sons, Inc : New York.
- Perry, R.H. dan Green, D. 1997. *Perry's Chemical Engineers Handbook, 8th Edition*. McGraw-Hill Book Company : New York.
- Peter, M. S. dan Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design dan Economic for Chemical Engineering, 4 th Edition*. McGraw-Hill Book Company : New York.
- Smith, J.M. 1981. *Chemical Engineering Kinetics, 3rd Edition*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Speight, James G. 2005. *Lange's Handbook of Chemistry Sixth Edition*.
- Treybal, R.E. 1980. *Mass Transfer Operations, 3rd Edition*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- Wallas, S.M. 1998. *Chemical Process Equipment Selection dan Design*. Butterwoths Publishers : Boston USA.
- Winkle, M.V. 1967. *Distillation*. McGraw - Hill Book Co. New York.
- Yaws, C.L. 1996. *Handbook Of Thermodynamic Diagrams*. Gulf Publishing Company. Texas.