

**PRARANCANGAN PABRIK FENOL DARI *CUMYL HYDROPEROXIDE*  
DENGAN KATALIS ASAM SULFAT KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN**

**(Skripsi)**

Oleh:

**MUHAMAD ZAINAL ABIDIN**

**1515041043**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS LAMPUNG**

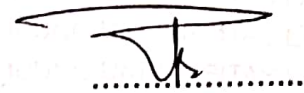
**BANDAR LAMPUNG**

**2022**

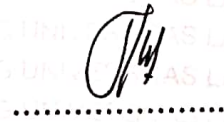
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

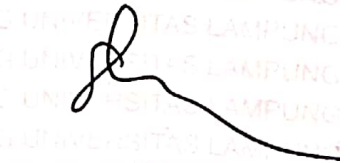
**Ketua : Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.**



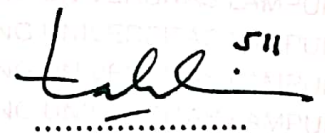
**Sekretaris : Dr. Sri Ismiyati D., S.T., M.Eng.**



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Simparmin Br Ginting, S.T., M.T.**



**Taharuddin, S.T., M.Sc.**



**2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. ✱**  
NIP. 19750928 200112 1 002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 15 Juni 2022**

Judul Skripsi

**: PRARANCANGAN PABRIK FENOL DARI  
CUMYL HYDROPEROXIDE DENGAN ASAM  
SULFAT KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan Reaktor 201  
(RE-201))**

Nama Mahasiswa

**: Muhamad Zainal Abidin**

No. Pokok Mahasiswa

**: 1515041043**

Program Studi

**: Teknik Kimia**

Fakultas

**: Teknik**



**Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.**  
NIP. 19680902 199702 2 005

**Dr. Sri Ismiyati D., S.T., M.Eng.**  
NIP. 19790419 200604 2 001

**Ketua Jurusan Teknik Kimia**

**Yuli Darni, S.T., M.T.**  
NIP. 19740712 200003 2 001

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Belitang, Sumatera Selatan, pada tanggal 08 Juni 1997, sebagai putra bungsu dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Mawardi., S.E dan Ibu Rowiyah., S.Pd.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar Negeri 4 Tulungsari Belitang Mulya pada tahun 2009, Madrasah Tsanawiyah Islamiyah Trimoharjo OKU Timur pada tahun 2012, dan Madrasah Aliyah Negeri 1 Lampung Timur pada tahun 2015.

Pada tahun 2015, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) tahun 2015.

Pada tahun 2020, penulis melakukan Kerja Praktek di P.T. Semen Baturaja (Persero) Tbk dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *Vertical Roller Mill*”. Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Rasio ZAL/WO<sub>3</sub> (Zeolit Alam Lampung/Tungsten Trioksida) Terhadap Degradasi Metilen Biru Menggunakan Metode Fotokatalisis”.

Penulis termasuk mahasiswa yang aktif dalam kegiatan non akademik yang terlibat dalam beberapa organisasi kemahasiswaan. Pada tahun 2015, penulis

menjadi anggota Korps Muda BEM (KMB U) Universitas Lampung Angkatan XI, dan magang di Kementerian Kesejahteraan Mahasiswa (Kesma). Pada tahun 2016/2017 penulis menjadi Staff Departemen Kaderisasi HIMATEMIA FT UNILA. Pada periode berikutnya yaitu 2017/2018 kembali menjadi Staff Departemen Kaderisasi HIMATEMIA FT UNILA. Pada tahun 2016 juga berhasil menjadi Pimpinan Daerah I Badan Koordinasi Kegiatan Mahasiswa Teknik Kimia Indonesia (BKKMTKI) melalui Musyawarah Daerah BKKMTKI Daerah I di Pekanbaru Riau, dan selesai melalui Musyawarah Daerah BKKMTKI Daerah I di Bandar Lampung, Lampung pada tahun 2018. Kemudian pada tahun 2018 juga mengikuti Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas Teknik sebagai Kepala Dinas Sosial dan Politik, dan ditahun yang sama di amanahkan menjadi Plt Wakil Gubernur Mahasiswa Fakultas Teknik.

## **MOTTO**

*Nothing Impossible, Except being a Prophet and God !!!*

*“Tidak Ada yang Tidak Mungkin, Kecuali Menjadi Nabi dan  
Tuhan”*

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Mahakuasa dan Maha Penyayang, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini dengan judul “Prarancangan Pabrik Fenol dari *Cumyl Hydroperoxide* dengan Katalis Asam Sulfat Kapasitas 45.000 ton/tahun” dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Yuli Darni, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
2. Dr. Elida Purba, S.T.,M.Sc., selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan pengarahan, masukan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
3. Dr. Sri Ismiyati D, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II, atas semua ilmu, saran, masukan dan pengertiannya dalam penyelesaian tugas akhir.
4. Simparmin Br Ginting, S.T., M.T. dan Taharuddin, S.T., M.Sc, selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan kritik, juga selaku dosen atas semua ilmu yang telah penulis dapatkan.

5. Ir. Azhar, M.T., selaku mantan Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung dan sebagai orang tua pengganti yang sangat berjasa dalam perjalanan perkuliahan penulis.
6. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
7. Keluargaku tercinta, Bapak dan Ibu, atas pengorbanan, doa, cinta dan kasih sayang yang selalu mengiringi disetiap langkahku. Kakak-kakakku atas kasih sayang, doa, dukungan, kepercayaan, ketulusan, bantuan dan semangat. Terutama Kakak Perempuan yang sudah dipanggil oleh Allah SWT di tahun 2022 ini sebelum menyaksikan wisudaku. Semoga Allah yang Mahakuasa dan Maha Penyayang memberikan perlindungan dan Karunia-Nya.
8. Partner TA terbaik Haradeani Harianja atas kerjasama, dan semangatnya. Terimakasih sudah bermalas-malasan dan bersemangat bareng sampai selesai mendapat gelar S.T.
9. Calon teman hidupku, Chindy Febriana Juwita Sirait yang tidak pernah bosan memberikan semangat dan dukungannya saat saya jenuh hingga akhirnya mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. BFF squad (Madi, Mahes, Septian, Yogbul) yang sudah menjadi penyemangat selama perkuliahan. Terutama untuk Yogbul yang bisa bersaing sampai titik darah penghabisan (7 tahun).
11. Angkatan 2016 terutama Pardo, Ali, Agoy yang sudah menjadi teman dalam kegiatan berdosa bersama sehingga bisa mengisi kejenuhan dimasa penyelesaian Tugas Akhir ini.



12. Adik-adik 2017 (Mabes Squad) atas godaan untuk bermalas-malasan mengerjakan Tugas Akhir ini. Tunggu tanggal mainnya aja kalian berpusing-pusing ria.
13. Adik-adik 2018 (Lapas Squad), 2019 (Saung Squad), dan 2020 (Korem Squad) atas bantuannya selama ini. Semoga kelak akan menjadi mahasiswa dengan masa studi 7 tahun juga ya. Amiin
14. Teman-teman seperjuangan 2015 di Teknik Kimia yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Terimakasih atas bantuannya selama penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
15. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Allah membalas semua kebaikan mereka terhadap penulis dan semoga skripsi ini dapat berguna.

Bandar Lampung, Agustus 2022

Penulis,

Muhamad Zainal Abidin.

**PRARANCANGAN PABRIK FENOL DARI *CUMYL*  
*HYDROPEROXIDE* DENGAN KATALIS ASAM SULFAT  
KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE - 201))**

Oleh  
**MUHAMAD ZAINAL ABIDIN**  
**1515041043**

**(Skripsi)**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

## ABSTRAK

### PRARANCANGAN PABRIK FENOL DARI *CUMYL HYDROPEROXIDE* DENGAN KATALIS ASAM SULFAT KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN Tugas Khusus Perancangan Reaktor - 201 (RE-201)

Oleh

MUHAMAD ZAINAL ABIDIN

Fenol merupakan salah satu produk industri kimia yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan Bisphenol-A, Resin Fenolic, Anillin, Karpolaktam, dan Alkil Fenol. Fenol dapat di produksi dengan beberapa proses yaitu 1) proses dekomposisi *Cumyl Hydroperoxide*, 2) Proses dari Toluena-Asam Benzoat, dan 3) Proses *Raschig*. Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air, sistem penyediaan *steam*, *cooling water*, sistem penyediaan udara tekan, dan sistem pembangkit tenaga listrik.

Kapasitas produksi pabrik direncanakan 45.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di daerah Cilegon, Banten. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 131 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi dan Direktur Keuangan dengan struktur organisasi *line and staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 602.891.491.501
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 106.392.616.147
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 709.284.107.648
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 36,49%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 21,08%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) <sub>b</sub>	= 1,26 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sub>a</sub>	= 1,52 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) <sub>b</sub>	= 58,98%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) <sub>a</sub>	= 47,18%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 49,26%

Mempertimbangkan rangkuman di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik Fenol ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai prospek yang baik.

## **ABSTRACT**

### **DESIGN OF PHENOL FACTORY FROM CUMYL HYDROPEROXIDE WITH SULPHIC ACID CATALYST CAPACITY 45,000 TON/YEAR Reactor Design Special Task - 201 (RE-201)**

**By**

**MUHAMAD ZAINAL ABIDIN**

*Phenol is one of the chemical industry products that is used as raw material for the manufacture of Bisphenol-A, Phenolic Resin, Anillin, Carpolactam, and Alkyl Phenol. Phenol can be produced by several processes, namely 1) Cumyl Hydroperoxide decomposition process, 2) Toluene-Benzoic Acid process, and 3) Raschig process. Provision of factory utility needs in the form of water treatment and supply systems, steam supply systems, cooling water, compressed air supply systems, and power generation systems.*

*The planned production capacity of the factory is 45,000 tons/year with 330 working days in 1 year. The factory location is planned to be established in the Cilegon area, Banten. The workforce needed is 131 people in the form of a Limited Liability Company (PT) led by a President Director who is assisted by a Production Director and a Finance Director with a line and staff organizational structure.*

*From the economic analysis obtained:*

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 602.891.491.501
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 106.392.616.147
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 709.284.107.648
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 36,49%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 21,08%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) <sub>b</sub>	= 1,26 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sub>a</sub>	= 1,52 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) <sub>b</sub>	= 58,98%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) <sub>a</sub>	= 47,18%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 49,26%

*Considering the above summary, it is appropriate that the establishment of this phenol plant should be studied further, because it is a profitable factory and has good prospects.*

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Kegunaan Produk .....	2
C. Ketersediaan Bahan Baku .....	4
D. Analisis Pasar .....	4
E. Kapasitas Rancangan .....	6
F. Lokasi Pabrik .....	7
<b>BAB II DESKRIPSI PROSES</b>	
A. Jenis-jenis Proses Pembuatan Fenol .....	10
B. Pemilihan Proses .....	13
1. Pembuatan Fenol dari <i>Cumene Hydroperoxide</i> .....	13
2. Pembuatan Fenol dari Toluena-Asam Benzoat .....	18
3. Pembuatan Fenol melalui Proses <i>Raschig</i> .....	24

C. Uraian Proses <i>Cumyl Hydroperoxide</i> .....	31
1. Dekomposisi <i>Cumene Hidroperoxide</i> .....	31
2. Pemurnian Produk .....	31

### **BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK**

A. Spesifikasi Bahan Baku Utama .....	34
B. Spesifikasi Bahan Baku Penunjang .....	36
C. Spesifikasi Produk Utama .....	39
D. Spesifikasi Produk Samping .....	41

### **BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS**

A. Neraca Massa .....	45
B. Neraca Panas .....	48

### **BAB V SPESIFIKASI PERALATAN PROSES DAN UTILITAS**

A. Peralatan Proses .....	52
B. Peralatan Utilitas .....	69

### **BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH**

A. Unit Pendukung Proses .....	93
1. Unit Penyediaan Air .....	93
2. Unit Penyediaan <i>Steam</i> .....	106
3. Sistem Pembangkit Tenaga Listrik .....	106
4. Sistem Penyediaan Bahan Bakar .....	107
5. Unit Penyediaan Udara Tekan .....	107
B. Pengolahan Limbah .....	107
C. Laboratorium .....	108

D. Instrumentasi dan Pengendalian Proses .....	111
--	-----

## **BAB VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK**

A. Lokasi Pabrik .....	113
1. Bahan Baku .....	114
2. Tenaga Kerja .....	114
3. Utilitas .....	115
4. Pemasaran .....	115
5. Transportasi .....	115
6. Keadaan Iklim dan Tanah .....	115
7. Perizinan .....	116
B. Tata Letak Pabrik .....	116
1. Area Proses .....	117
2. Area Penyimpanan .....	117
3. Area Laboratorium .....	118
4. Area Utilitas .....	118
5. Area Perkantoran .....	118
6. Area Fasilitas Umum .....	118
7. Area Pengembangan .....	118
8. Pos Keamanan .....	119
C. Estimasi Area Pabrik .....	119

## **BAB VIII MANAGEMEN DAN ORGANISASI**

A. Bentuk Perusahaan .....	122
1. Perusahaan Perseorangan .....	122
2. Perusahaan Firma .....	123

3. Perusahaan Komanditer .....	123
4. Perseroan Terbatas (PT) .....	123
B. Struktur Organisasi Perusahaan .....	125
C. Tugas dan Wewenang .....	128
1. Pemegang Saham .....	128
2. Dewan Komisaris .....	128
3. Dewan Direktur .....	129
4. Kepala Bagian .....	130
5. Kepala Seksi .....	135
D. Status Karyawan dan Sistem Penggajian .....	136
1. Status Karyawan .....	136
2. Penggolongan Gaji .....	136
E. Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	137
1. Karyawan <i>Reguler</i> .....	137
2. Karyawan <i>Shift</i> .....	137
F. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan .....	139
1. Penggolongan Jabatan .....	139
2. Perincian Jumlah Karyawan .....	140
G. Kesejahteraan Karyawan .....	142
1. Gaji Pokok .....	143
2. Tunjangan .....	143
3. Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	144



## **BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI**

A. Investasi .....	147
1. <i>Fixed Capital Investment</i> .....	147
2. <i>Working Capital Investment</i> (Modal Kerja) .....	148
3. <i>Total Production Cost</i> (TPC) .....	148
B. Evaluasi Ekonomi .....	151
1. <i>Return On Investment</i> (ROI) .....	151
2. <i>Pay Out Time</i> (POT) .....	152
3. <i>Break Evan Point</i> (BEP) .....	152
4. <i>Shut Down Point</i> (SDP) .....	153
C. Angsuran Pinjaman .....	153
D. <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF) .....	154

## **BAB X SIMPULAN DAN SARAN**

A. Simpulan .....	155
B. Saran .....	155

## **DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN A**

**LAMPIRAN B**

**LAMPIRAN C**

**LAMPIRAN D**

**LAMPIRAN E**

**LAMPIRAN F**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1. Data Konsumsi Fenol di Indonesia.....	4
1.2. Produksi Fenol di Indonesia .....	6
2.1. Data Entalpi Pembentukan Standar Masing-masing Senyawa.....	14
2.2. Data Konstanta Masing-masing Komponen.....	14
2.3. Data Energi Bebas Gibbs Standar tiap Komponen.....	15
2.4. Mol dan harga bahan baku dan produk proses <i>Cumyl Hydroperoxide</i> .....	18
2.5. Data Entalpi Pembentukan Standar Masing-masing Senyawa.....	19
2.6. Data Konstanta Masing-masing Komponen.....	20
2.7. Data Energi Bebas Gibbs Standar tiap Komponen.....	21
2.8. Mol dan harga bahan baku dan produk proses Toluena-Asam Benzoat .....	24
2.9. Data Entalpi Pembentukan Standar Masing-masing Senyawa.....	25
2.10. Data Konstanta Masing-masing Komponen.....	26
2.11. Data Energi Bebas Gibbs Standar tiap Komponen.....	27
2.12. Mol dan harga bahan baku dan produk proses <i>Raschig</i> .....	29
2.13. Perbandingan Proses.....	30
4.1. Neraca Massa Reaktor (RE-201).....	45
4.2. Neraca Massa <i>Neutralizer</i> (NE-201) .....	45
4.3. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-301).....	46
4.4. Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-301).....	46
4.5. Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-301).....	46
4.6. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-302).....	47
4.7. Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-302).....	47
4.8. Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-302).....	47
4.9. Neraca Massa <i>Decanter</i> (DC-301) .....	48
4.10. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-101).....	48

4.11. Neraca Panas Reaktor (RE-201).....	49
4.12. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-201).....	49
4.13. Neraca Panas Neutralizer (NE-201).....	49
4.14. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-301).....	50
4.15. Neraca Panas Menara Distilasi (MD-301).....	50
4.16. Neraca Panas Menara Distilasi (MD-302).....	50
4.17. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-301).....	51
4.18. Neraca Panas <i>Decanter</i> (DC-301).....	51
4.19. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-302).....	51
5.1. Spesifikasi Tangki $C_9H_{12}O_2$ (ST-101).....	52
5.2. Spesifikasi Tangki $H_2SO_4$ (ST-102).....	53
5.3. Spesifikasi Tangki $NH_4OH$ (ST-103).....	53
5.4. Spesifikasi Tangki $C_6H_5OH$ (ST-301).....	54
5.5. Spesifikasi Tangki $C_3H_6O$ (ST-302).....	55
5.6. Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	55
5.7. Spesifikasi Netralizer (NE-201).....	56
5.8. Spesifikasi Menara Distilasi (MD-301).....	56
5.9. Spesifikasi Menara Distilasi (MD-302).....	57
5.10. Spesifikasi <i>Decanter</i> (DC-301).....	58
5.11. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301).....	58
5.12. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-302).....	59
5.13. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301).....	59
5.14. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-302).....	60
5.15. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-101).....	60
5.16. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-301).....	61
5.17. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-201).....	62
5.18. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301).....	62
5.19. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-302).....	63
5.20. Spesifikasi Pompa Proses (PP-102).....	63
5.21. Spesifikasi Pompa Proses (PP-101).....	64
5.22. Spesifikasi Pompa Proses (PP-103).....	64
5.23. Spesifikasi Pompa Proses (PP-201).....	65

5.24. Spesifikasi Pompa Proses (PP-202).....	66
5.25. Spesifikasi Pompa Proses (PP-203).....	66
5.26. Spesifikasi Pompa Proses (PP-301).....	67
5.27. Spesifikasi Pompa Proses (PP-302).....	67
5.28. Spesifikasi Pompa Proses (PP-303).....	68
5.29. Spesifikasi Pompa Proses (PP-304).....	68
5.30. Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401).....	69
5.31. Spesifikasi Tangki Alum (ST-401).....	69
5.32. Spesifikasi Tangki Kaporit (ST-402).....	70
5.33. Spesifikasi Tangki Soda Kaustik (ST-403) .....	71
5.34. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CF-401).....	71
5.35. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401) .....	72
5.36. Spesifikasi Tangki Air Filter (ST-404).....	72
5.37. Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB-401).....	73
5.38. Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-405).....	73
5.39. Spesifikasi Tangki Dispersan (ST-406).....	74
5.40. Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST-407).....	75
5.41. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401) .....	75
5.42. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401) .....	76
5.43. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401) .....	76
5.44. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401) .....	77
5.45. Spesifikasi <i>Demin Water Tank</i> (ST-408).....	77
5.46. Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DE-401).....	78
5.47. Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-409).....	79
5.48. Spesifikasi <i>Boiler</i> (B-401) .....	79
5.49. Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-410).....	80
5.50. Spesifikasi <i>Blower Steam</i> (BS-401).....	80
5.51. Spesifikasi Generator Listrik (GS-401).....	81
5.52. Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-401) .....	81
5.53. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401).....	81
5.54. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402).....	82
5.55. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403).....	82

5.56. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404).....	83
5.57. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405).....	83
5.58. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406).....	84
5.59. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407).....	84
5.60. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408).....	85
5.61. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409).....	85
5.62. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410).....	86
5.63. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411).....	86
5.64. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412).....	87
5.65. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-413).....	87
5.66. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-414).....	88
5.67. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-415).....	88
5.68. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416).....	89
5.69. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-417).....	89
5.70. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418).....	90
5.71. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-419).....	90
5.72. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-420).....	91
5.73. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-421).....	92
5.74. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-422).....	92
6.1. Kebutuhan Air Pendingin .....	95
6.2. Kebutuhan Air Umpan Boiler.....	98
6.3. Kebutuhan Air Pabrik .....	100
6.4. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian.....	112
6.5. Pengendalian Variabel Utama Proses.....	112
7.1. Perincian luas area Pabrik Fenol.....	119
8.1. Jadwal Kerja Masing-masing Regu .....	139
8.2. Perincian Tingkat Pendidikan.....	140
8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat.....	141
8.4. Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan .....	141
9.1. <i>Fixed Capital Investment</i> .....	147
9.2. <i>Manufacturing Cost</i> .....	149
9.3. <i>General Expenses</i> .....	150

9.4. Biaya Administrasi .....	150
9.5. <i>Minimum Acceptable Percent Return on Investment</i> .....	152
9.6. <i>Acceptable Payout Time</i> untuk Tingkat Resiko Pabrik .....	152
9.7. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi .....	154

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1. Lokasi Pabrik .....	8
2.1. Diagram Alir Proses .....	33
6.1. <i>Cooling Tower</i> .....	97
6.2. Diagram <i>Cooling Water System</i> .....	98
6.3. <i>Deaerator</i> .....	99
6.4. Diagram Alir Pengolahan Air.....	100
7.1. Peta Provinsi Banten.....	120
7.2. Area Sungai Cidanau – Banten.....	120
7.3. Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung.....	121
7.4. Tata Letak Peralatan Proses.....	121
8.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	127
9.1. Grafik Analisa Ekonomi.....	153
9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> .....	154

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Pabrik merupakan sarana pengolahan bahan mentah menjadi produk yang memiliki nilai ekonomis lebih tinggi. Tujuan didirikannya pabrik adalah untuk meningkatkan nilai ekonomis bahan baku sehingga harga bahan baku jadi atau setengah jadi akan meningkat. Selain itu, pendirian pabrik industri juga dapat meningkatkan produksi dalam negeri, menyeimbangkan struktur perekonomian Indonesia, menambah devisa negara dan memperluas lapangan kerja bagi masyarakat Indonesia.

Fenol atau asam karbolat atau benzenol adalah zat tidak berwarna dengan bau yang khas. Rumus kimianya adalah  $C_6H_5OH$ , dan strukturnya memiliki gugus hidroksil (-OH) yang berikatan pada cincin fenil. Nama lain dari fenol adalah karbolik atau asam *phenic*. Aromanya yang khas menandakan bahwa fenol merupakan senyawa aromatik. (Kirk & Othmer, 1996)

Fenol sintetis pertama kali diproduksi dengan sulfonasi benzen dan hidrolisa sulfonat. Sejak itu, metode lain untuk sintesis fenol telah dikembangkan, termasuk klorinasi benzen dalam fase liquid dan kemudian hidrolisa fase uap pada suhu tinggi. Tetapi tidak satupun yang sangat menarik karena semuanya melibatkan bahan baku kimia yang mahal, ada risiko korosi, dan umumnya tidak ekonomis untuk industri skala besar. (Mc Ketta, 1987)

Fenol sintetis yang diproduksi secara komersial ditemukan oleh Dr. Heinrich Hock dan rekannya Shon Lang pada tahun 1949 tentang auto oksidasi



senyawa organik. Laporan tersebut menunjukkan bahwa dalam kondisi yang telah ditentukan, *cumyl* akan dioksidasi menjadi *cumyl hydroperoxide* dan kemudian terurai menjadi fenol dan aseton. (Mc Ketta, 1987)

Di Indonesia senyawa fenol memiliki prospek perkembangan yang baik. Hal ini dilihat dari potensi permintaan senyawa ini di industri lain. Namun, sejauh ini, meski permintaan cenderung meningkat, sektor produksi fenol tersebut belum mampu memenuhi seluruh kebutuhan fenol dalam negeri. Untuk mencukupi kebutuhan fenol di Indonesia, pelaku industri yang membutuhkan fenol masih melakukan impor dari luar negeri. Oleh karena itu, pendirian pabrik fenol sangat diperlukan guna memenuhi kebutuhan fenol dalam negeri.

## **B. Kegunaan Produk**

Menurut Kirk & Othmer (1996) dan Mc. Ketta & Cunningham (1987), kegunaan produk fenol antara lain:

1. Pembuatan Bisphenol-A



Bisphenol-A banyak digunakan dalam industri plastik.

2. Pembuatan Fenolat Resin

Fenolat resin merupakan hasil reaksi antara fenol dan formaldehid. Fenolat resin banyak digunakan pada bahan isolasi atap, dinding (*fiberglass*) dan pelapis pipa. Dalam industri amplas, digunakan untuk menempelkan partikel amplas pada tempatnya. Dalam industri kayu, itu digunakan sebagai perekat untuk pembuatan triplek.

3. Pembuatan Kaprolaktam

Hidrogenasi fenol dengan katalis palladium dapat menghasilkan kaprolaktam sebagai bahan baku nilon.

4. Pembuatan Anilin

Anilin biasanya digunakan sebagai bahan bakar roket, untuk menghasilkan pewarna diazo, bahan peledak dan obat-obatan. Dalam industri farmasi, fenol digunakan sebagai bahan baku pembuatan obat-obatan, seperti asam salisilat dan asam pikrat. Dan sebagai antiseptik. Ini karena sifat fenol yang dapat mengkoagulasi protein.

5. Pembuatan Alkil Fenol

**C. Ketersediaan Bahan Baku**

Bahan baku berupa isopropil benzena hidroperoksida (*cumyl hydroperoxide*) bisa didapatkan dari produsen luar negeri. Pabrik industri kimia yang memproduksi isopropil benzena hidroperoksida (*cumyl hydroperoxide*) diimpor oleh PT. Haihang Industry Company dari China.

**D. Analisa Pasar**

Analisis pasar merupakan langkah untuk mengetahui minat produk di pasar. Analisis pasar meliputi data konsumsi dan data produksi fenol.

1. Data Konsumsi

Fenol digunakan untuk pembuatan Bisphenol-A sebanyak 30%, Resin Fenolik 35%, Kaprolaktam 15%, Anilin 5% dan Alkil Fenol 7% (Kirk & Othmer, 1996). Namun di Indonesia konsumsi fenol hanya digunakan untuk pembuatan Bisphenol-A, Fenolik Resin, dan Anilin. Kemudian data konsumsi fenol ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Data Konsumsi Fenol di Indonesia

No.	Nama Pabrik	Produk	Alamat	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
1	PT. Indopherin Jaya	Resin Fenolic	Jln. Brantas Km. 1, Kademangan, Probolinggo, Jawa Timur	14.228
2	PT. Dynea Mugi Indonesia	Resin Fenolic	Kawasan Industri Medan (KIM), Jln. Yos Sudarso Km. 10.5, Mabar, Medan, Sumatera Utara	14.000
3	PT. Intan Wijaya Internasional	Resin Fenolic	Jln. Yos Sudarso, Banjarmasin, Kalimantan Selatan	75.400
4	PT. Susel Prima Permai	Resin Fenolic	Jln. Lingkaran I Dempo Dalam No. 304-DEF 15 Ilir, Palembang, Sumatera Selatan	17.600
5	PT. Superin Utama Adhesive	Resin Fenolic		16.000
6	PT. Binajaya Rodakarya	Resin Fenolic	Jln. Letjen. S. Parman Kav. 62-63, Slipi, Jakarta Barat	15.600
7	PT. Perawang Perkasa Industri	Resin Fenolic	Jln. Raya Perawang, Desa Perawang, Siak, Bengkalis, Pekanbaru, Riau	25.000
8	PT. Lakosta Indah	Resin Fenolic	Mangkujenang, Palaran, Samarinda, Kalimantan Timur	43.600
9	PT. Korindo Abadi	Resin Fenolic	Jln. Sungai Lekop Km. 23 Kijang, Tanjung Pinang, Riau	44.000
10	PT. Meranti Mustika	Resin Fenolic	Jln. Ade Irma Suryani (AIS) Nasution No. 33, Sampit, Kalimantan Tengah	26.000
11	PT. Continental Solvido	Resin Fenolic		18.300
12	PT. Duta Pertiwi Nusantara	Resin Fenolic	Jln. Laksda Adi Sucipto Km. 10.06, Pontianak, Kalimantan Barat	21.600
13	PT. Arjuna Utama Kimia	Resin Fenolic	Jln. Rungkut Industri I No. 18-22, Surabaya, Jawa Timur	47.000
14	PT. Sabak Indah	Resin Fenolic	Jln. Kol. Abunjani No. 168, Jambi	63.600
Total				441.928
Total Kebutuhan Resin Fenolic 35% dari Fenol				<b>154.675</b>

Tabel 1.1. (Lanjutan)

No.	Nama Pabrik	Produk	Alamat	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
1	PT. Inti Everspring Indonesia	Anilin	Jln. Raya Selira Km. 12, Banten	1.975
2	PT. Clariant Indonesia	Anilin	Jln. Gatot Subroto Km. 4 Kali Sabi No. 1, Kec. Jati Uwung, Tangerang, Banten	22.202
3	PT. Dystar Colour Indonesia	Anilin	Krakatau Industrial Estate Cilegon, Cilegon, Banten	3.300
4	PT. Multikimia Intipelangi	Anilin	Desa Ganda Mekar, Kec. Cibitung, Bekasi, Jawa Barat	750
Total				28.227
Total Kebutuhan Anilin 5% dari Fenol				<b>1.411</b>
1	PT. Indo Nan Pao Resin Chemical	Bisphenol-A	Desa Gandasari, Jati Uwung, Tangerang, Banten	12.000
2	PT. Phodia	Bisphenol-A		20.000
Total				32.000
Total Kebutuhan Bisphenol-A 30% Fenol				<b>9.600</b>

Sumber : <http://daftarperusahaanindonesia.com/>

Jadi, jumlah kebutuhan fenol di Indonesia berjumlah 165.686 ton/tahun.

## 2. Data Produksi

Pabrik fenol sudah banyak beroperasi di Indonesia. Hanya ada 4 pabrik fenol yang beroperasi dengan kemampuannya masing-masing:

Tabel 1.2. Produksi Fenol di Indonesia

No.	Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
1.	PT. Metropolitan Phenol Pratama	Serang, Banten	40.000
2.	PT. Lambang Tri Usaha	Cibitung, Bekasi, Jawa Barat	45.000
3.	PT. Batu Penggal Chemical Industri	Samarinda, Kalimantan Timur	35.000
4.	PT. Bumi Banjar Utama Sakti	Barito Kuala, Kalimantan Selatan	5.250

Sumber : <http://bppt.go.id>

Jadi, jumlah produksi fenol di Indonesia berjumlah 125.250 ton/tahun.

### E. Kapasitas Rancangan

Jumlah produksi fenol saat ini masih belum mampu memenuhi kebutuhan konsumsi fenol dalam negeri. Dimana jumlah produksi fenol saat ini adalah 125.250 ton/tahun, sedangkan konsumsi fenol yang dibutuhkan adalah 165.686 ton/tahun. Jadi ketersediaan fenol masih kurang untuk memenuhi konsumsi yang dibutuhkan. Untuk itu akan dirancang kapasitas pabrik fenol sebesar 45.000 ton/tahun dan diharapkan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan fenol dalam negeri.
2. Pabrik dapat dijalankan karena kapasitas rancangan berada di atas kapasitas minimum pabrik fenol yang sudah ada di Indonesia.

## **F. Lokasi Pabrik**

Untuk menentukan lokasi pabrik, perlu mempertimbangkan beberapa faktor yang menentukan keberhasilan dan kelangsungan kegiatan industri pabrik (termasuk produksi dan distribusi). Oleh karena itu dalam memilih lokasi pabrik harus diperhatikan biaya distribusi dan biaya produksi yang minimum agar pabrik dapat tetap beroperasi dengan keuntungan yang maksimal. Selain biaya yang perlu diperhatikan saat menentukan lokasi pabrik, faktor lainnya antara lain ketersediaan bahan baku, transportasi, utilitas, lahan dan tenaga kerja. Berdasarkan pertimbangan di atas, maka dipilih lokasi pabrik fenol di Cilegon, Provinsi Banten.

Untuk prarancangan pabrik fenol, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.3, dipilih lokasi Jl Raya Bojonegara Kav 162, Cilegon, 42454, Indonesia (Provinsi Banten). Kawasan ini merupakan kawasan yang biasa digunakan sebagai lokasi pabrik, dan banyak pabrik industri telah didirikan di kawasan ini. Selain dekat dengan bahan baku yang diperoleh dari pabrik, alamat pemasok bahan baku sebagian besar berasal dari Provinsi Banten dan sekitar Jakarta. Oleh karena itu, Jl Raya Bojonegara Kav 162, Cilegon, 42454, Indonesia (Provinsi Banten) merupakan lokasi yang strategis untuk pendirian pabrik fenol. Selain itu, akan dibahas pada sub bab selanjutnya bahwa lokasi ini memiliki potensi pasar yang besar untuk penggunaan fenol.



Gambar 1.1. Lokasi Pabrik  
Google Maps – ©2021 Google

Lokasi ini dipilih dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Penyediaan Bahan Baku

Jika bahan baku yang dikonsumsi banyak, sumber bahan baku merupakan salah satu faktor terpenting dalam memilih lokasi pabrik, karena sumber bahan baku yang dekat dengan lokasi pabrik dapat memperkecil biaya transportasi atau pengangkutan bahan. Bahan baku utama pabrik fenol berupa *cumyl hydroperoxide* diimpor PT. Haihang Industry Company dari China. Bahan-bahan seperti  $H_2SO_4$  dapat diperoleh dari PT. *Indonesian Acid Industry* yang memproduksi  $H_2SO_4$  hingga 82.500 ton/tahun.

2. Fasilitas Transportasi

Pengaruh faktor transportasi terhadap lokasi pabrik meliputi pengangkutan bahan baku, bahan bakar, bahan pendukung, dan penjualan produk yang dihasilkan. Untuk memudahkan pengangkutan bahan baku, bahan pendukung dan produk, lokasi pabrik harus terletak di daerah yang mudah dijangkau oleh kendaraan besar, seperti dekat dengan badan jalan utama yang menghubungkan kota-kota besar dan

pelabuhan, sehingga ada tidak perlu membuat jalan khusus. Di Provinsi Banten dilalui jalur darat berupa jalan raya untuk keperluan pemasaran produk fenol.

3. Unit Pendukung

Karena kawasan Merak – Banten merupakan kawasan industri maka fasilitas penunjang berupa air, listrik dan bahan bakar tersedia cukup memadai. Sumber air diperoleh dari DAS Cidanau dengan debit aliran 2.000 liter per detik.

4. Tenaga kerja mudah diperoleh

Tenaga kerja baik yang berpendidikan tinggi, menengah maupun tenaga terampil tersedia cukup di lokasi ini.

5. Keadaan lingkungan masyarakat yang mudah beradaptasi

Pemerintah telah menetapkan lokasi Merak (Banten) sebagai kawasan industri. Oleh karena itu, pendirian pabrik di kawasan ini tidak akan menimbulkan masalah lingkungan, juga tidak sulit bagi masyarakat yang tinggal di sekitar lokasi pabrik untuk beradaptasi.



## BAB X

### SIMPULAN DAN SARAN

#### A. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Fenol dari *Cumyl Hydroperoxide* dengan Katalis Asam Sulfat Kapasitas 45.000 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment (ROI)* sesudah pajak adalah 47,18%.
2. *Pay Out Time (POT)* sesudah pajak adalah 1,52 tahun.
3. *Break Even Point (BEP)* sebesar 36,49% dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30 – 60% kapasitas produksi. *Shut Down Point (SDP)* sebesar 21,08%, yakni batasan kapasitas produksi 20 – 30% sehingga pabrik masih dapat berproduksi karena mendapat keuntungan.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF)* sebesar 49,26%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

#### B. Saran

Pabrik Fenol dari *Cumyl Hydroperoxide* dengan Katalis Asam Sulfat Kapasitas Empat Puluh Lima Ribu Ton per Tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun ekonominya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2021. Peta Provinsi Banten. <https://www.google.co.id/maps,2016>.  
Diakses pada 20 November 2021.
- Anonim. 2021. Data Hidrologi, DAS Aliran Sungai Cidanau dan Ciujung. <https://www.dsdap.bantenprov.go.id>. Diakses pada 15 Desember 2021.
- Bachus, L and Custodio, A. 2003. *Know and Understand Centrifugal Pumps*.  
Bachus Company, Inc. Oxford: UK.
- Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1988. *Introduction to Chemical Engineering*. McGraw Hill : New York.
- Bank Indonesia. 2022. *Nilai Kurs*. [www.bi.go.id](http://www.bi.go.id). Diakses 4 Maret 2022
- Brown. G. George., 1950, *Unit Operation 6<sup>ed</sup>*, Wiley&Sons, USA.
- Brownell. L. E. and Young. E. H., 1959, *Process Equipment Design 3<sup>ed</sup>*, John Wiley & Sons, New York.
- Coulson. J. M. and Ricardson. J. F., 1983, *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon Press Inc, New York.
- Coulson J.M., and J. F. Richardson. 2005. *Chemical Engineering 4<sup>th</sup> edition*.  
Butterworth-Heinemann : Washington.

Duh, Y.S., Hsu, C.C., Kao, C.S. and Yu, S.W., 1996, *Applications of reaction calorimetry in reaction kinetics and assessment of thermal hazards*, *Thermochim Acta*, 285: 67±79.

Fogler, H. Scott. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering 4<sup>th</sup> edition*. Prentice Hall International Inc. : United States of America.

Geankoplis. Christie. J., 1993, *Transport Processes and unit Operation 3<sup>th</sup> ed*, Allyn & Bacon Inc, New Jersey.

Google Map. 2021. Area Sungai Cidanau – Banten. Diakses pada 20 Desember 2021.

Himmeblau. David., 1996, *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*, Prentice Hall Inc, New Jersey.

Hugot, E. 1986. *Handbook of Cane Sugar Engineering*. New York: Elsevier Science Publishing Company INC.

Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Mcgraw-Hill Co.: New York.

Kirk, R.E and Othmer, D.F., 2006, “Encyclopedia of Chemical Technology”, 4<sup>nd</sup> ed., vol. 17., John Wiley and Sons Inc., New York.

Levenspiel. O., 1972, *Chemical Reaction Engineering 2<sup>nd</sup> edition*, John Wiley and Sons Inc, New York.

McCabe. W. L. and Smith. J. C., 1985, *Operasi Teknik Kimia*, Erlangga, Jakarta.

Megyesy. E. F., 1983, *Pressure Vessel Handbook*, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.

Metcalf and Eddy, 1991, *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*, Mc Graw-Hill Book Company, New York.

MSDS Cumene Hydroperoxide.Science Lab.com, Diakses pada 21 September 2021

MSDS Phenol.Science Lab.com, Diakses pada 21 September 2021

MSDS Acetone.Science Lab.com, Diakses pada 21 September 2021

MSDS Amonium Bisulfate.Science Lab.com, Diakses pada 21 September 2021

Perry, Robert H., and Don W. Green. 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill : New York.

Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill : New York.

Peter. M. S. and Timmerhause. K. D., 1991, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3<sup>ed</sup>*, Mc Graww-Hill Book Company, New York.

Powell, S. T., 1954, "Water Conditioning for Industry", Mc Graw Hill Book Company, New York.

Rase.1977.*Chemical Reactor Design for Process Plant, Vol. 1<sup>st</sup>, Principles and Techniques*.John Wiley and Sons : New York

Santosa, Galih. 2022. *Hydrant Water*. GalihSantosa.adhiatma.blog. Diakses pada 26 Maret 2022.

Smith. J. M. and Van Ness. H. C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 3<sup>ed</sup>*, McGraww-Hill Inc, New York.

Smith, J.M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill : New York.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 1991. *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3<sup>th</sup> edition*. McGraww-Hill Book Company: New York.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 2002. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5<sup>th</sup> edition*. McGraw-Hill : New York.

Treyball. R. E., 1983, *Mass Transfer Operation 3<sup>ed</sup>*, McGraw-Hill Book Company, New York.

Ulrich. G. D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.

US Patent Office, No. 4.870.217 “ *Method Production of Phenol/Acetone from Cumene Hydorperoxide*”

Wallas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann : Washington.

Wallas. S. M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers,  
Stoneham USA.

Wang, L, K.2008. *Gravity Thickener, Handbook of Enviromental Engineering,*  
*Vol. 6<sup>th</sup>*. The Humana Press Inc. : New Jersey

Waryono. 2014. *DAS Cidanau*. <https://staff.blog.ui.ac.id/tarsoen.waryono>, diakses  
pada 20 Agustus 2016

Wilson, E. T.2005.*Clarifier Design*. Mc Graw Hill Book Company : London

Yaws, C. L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, Mc Graw Hill Book Co.,  
New York

[www.indoacid.com/asam\\_sulfat.htm](http://www.indoacid.com/asam_sulfat.htm), Diakses pada 01 Agustus 2021

[www.daftarperusahaanindonesia.com](http://www.daftarperusahaanindonesia.com), Diakses pada 12 Juli 2021

[www.insoclay.com/ammonium\\_hidroksida.htm](http://www.insoclay.com/ammonium_hidroksida.htm), Diakses pada 01 Agustus 2021

[www.water.me.vccs.edu](http://www.water.me.vccs.edu). Diakses pada 20 Maret 2022.

[www.icis.com](http://www.icis.com)., Diakses pada 15 Juli 2021