

**PRA-RANCANGAN PABRIK FENOL DARI CUMYL HYDROPEROXIDE
DENGAN KATALIS ASAM SULFAT KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN**
(Perancangan Menara Distilasi (MD-302))

(Skripsi)

Oleh

HARADEANI HARIANJA

1515041044



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 Menara Distilasi (MD-302))

Oleh

HARADEANI HARIANJA

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 137 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) _b	= 1,26 years
<i>Pay Out Time after Taxes</i>	(POT) _a	= 1,52 years
<i>Return on Investment before Taxes</i>	(ROI) _b	= 58,98 %
<i>Return on Investment after Taxes</i>	(ROI) _a	= 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 SULFURIC ACID CATALYST CAPACITY 45,000 TON/YEAR (Distillation Tower Design (MD-302))

By

HARADEANI HARIANJA

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 plant 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 137 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) _b	= 1,26 years
<i>Pay Out Time after Taxes</i>	(POT) _a	= 1,52 years
<i>Return on Investment before Taxes</i>	(ROI) _b	= 58,98 %
<i>Return on Investment after Taxes</i>	(ROI) _a	= 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.

**PRA-RANCANGAN PABRIK FENOL DARI CUMYL HYDOPEROXIDE
DENGAN KATALIS ASAM SULFAT KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN**

(Tugas Khusus Perancangan Menara Distilasi (MD-302))

Oleh
HARADEANI HARIANJA
1515041044

(Skripsi)

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
Sarjana Teknik

Pada
Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Lampung



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

Judul Skripsi

**: PRARANCANGAN PABRIK FENOL DARI
CUMYL HYDROPEROXIDE DENGAN ASAM
SULFAT KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan Menara
Distilasi (MD-302))**

Nama Mahasiswa : **Haradeani Harianja**

No. Pokok Mahasiswa : 1515041044

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

MENGESAHKAN

Tim Pengaji

Ketua

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

Sekretaris

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

Pengaji
Bukan Pembimbing

: Dr. Liliis Hermida, S.T., M.Sc.

Dr. Herti Utami, S.T., M.T.

Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **16 Juni 2022**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagai mana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sangsi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 16 Agustus 2022



Haradeani Harianja
NPM. 1515041044

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta, 14 April 1996, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Imson Harianja dan Ibu Norisda Sidabutar.

Penulis menyelesaikan pendidikan TK Tunas Bangsa Cileungsi, Kab. Bogor pada tahun 2002, Sekolah Dasar Negeri 8 Cileungsi, Kab. Bogor pada tahun 2008, Sekolah Menengah Pertama Puspanegara Citeureup, Kab. Bogor pada tahun 20011, dan Sekolah Menengah Kejuruan Analis Kimia YKPI Kota Bogor 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) 2015. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan, yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung sebagai Staf Departemen Kaderisasi Periode 2016/2017 dan sebagai Sekretaris Departemen Kaderisasi Periode 2017; serta Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Lampung sebagai Eksekutif Muda Dinas Eksternal Periode 2015/2016, Staf Ahli Dinas Kominfo Periode 2016/2017 dan Periode 2017, dan sebagai Kepala Dinas Kominfo Periode 2018.

Pada tahun 2019, penulis melakukan Kerja Praktek di PT. Pertamina (Persero) RU VI Balongan, Indramayu dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *Pre-Heater 16-E-115* pada *Unsaturated Gas Plant*”. Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Desain Material Komposit untuk *Furniture* berbasis Serat Sabut Kelapa”.

MOTTO

“Tetapi Tuhan adalah setia. Ia akan menguatkan hatimu dan
memelihara kamu terhadap yang jahat.”

(2 Tesalonika 3:3)

“Kita boleh saja kecewa dengan apa yang telah terjadi, tetapi jangan
pernah kehilangan harapan untuk masa depan yang lebih baik.”

(Bambang Pamungkas)

“I know the Lord will make a way for me.”

Sebuah Karya

Kupersembahkan Tugas Akhir ini untuk:

Tuhan YME, berkat Rahmat dan Karunia-Nya saya dapat menyelesaikan karya ini.

Keluarga, terima kasih atas doa, kasih sayang, dan pengorbanan yang tak terhitung jumlahnya, terima kasih atas kepercayaan dan dukungannya selama ini.

Teknik Kimia Angkatan 2015, terima kasih telah memberikan warna pada perjalanan hidup saya di kampus.

Dosen Teknik Kimia, terima kasih atas segala ilmu yang telah diberikan.

Keluarga Besar Teknik Kimia Universitas Lampung, terima kasih atas kesempatan mengukir cerita di sini, dan juga terima kasih telah diberi kesempatan untuk menjadi bagian dari kalian.

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Prarancangan Pabrik Fenol dari *Cumyl Hydroperoxide* dengan Katalis Asam Sulfat Kapasitas 45.000 Ton/Tahun”.

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

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak pihak yang telah membantu baik berupa kesempatan, bimbingan, petunjuk, informasi, maupun sarana dan prasarana lainnya. Dalam kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa karena berkah dan rahmat-Nya penulis diberikan kesehatan, kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan studi di Teknik Kimia Universitas Lampung.
2. Mama, Papa, Abang, Dede, dan keluarga lainnya yang telah memberikan semangat serta dorongan baik dari segi materil maupun rohani. Terima kasih atas segala dukungan, doa, cinta, dan kasih sayang yang selalu mengiringi di setiap langkah perjuangan.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
5. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan ilmu, pengarahan, bimbingan, serta saran selama penyelesaian

- tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
6. Ibu Dr. Sri Ismiyati Damayanti, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan ilmu, pengarahan, bimbingan, serta saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
 7. Ibu Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan kritik dan saran atas penyelesaian tugas akhir ini.
 8. Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran atas penyelesaian tugas akhir ini.
 9. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas segala ilmu yang diberikan selama menjalani proses perkuliahan.
 10. Muhamad Zainal Abidin selaku rekan seperjuangan selama penyelesaian Tugas Akhir ini. Terima kasih atas dedikasi waktu, pikiran serta morilnya selama ini. Walau terkadang sesuatu tidak seperti yang kita harapkan, tetapi saya bangga atas hasil yang kita kerjakan bersama ini.
 11. Abil, Kibo, Monic, Rindi, Pia, Itin, Eyi, Mahes, Septian, dan Madi yang selalu membantu, memberikan semangat dan motivasi. Semoga kita semua menjadi orang yang sukses.
 12. Kakak-kakak, adik-adik, dan semua member *Chindo Brothers*. Terima kasih sudah selalu menemani dan menghibur selama penyelesaian Tugas Akhir ini.
 13. Teman-teman seperjuangan angkatan 2015, terima kasih atas segala bantuan mereka selama menyelesaikan studi dan kepengurusan di Teknik Kimia Universitas Lampung

Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan mereka terhadap penulis dan semoga skripsi ini berguna di kemudian hari.

Bandar Lampung, 16 Agustus 2022

Haradeani Harianja

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xxii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Kegunaan Produk.....	2
C. Ketersediaan Bahan Baku.....	3
D. Analisa Pasar	3
E. Kapasitas Rancangan	6
F. Lokasi Pabrik	7
BAB II DESKRIPSI PROSES	
A. Jenis-jenis Proses Pembuatan Fenol	10
B. Pemilihan Proses.....	13
1. Pembuatan Fenol dari <i>Cumyl Hydroperoxide</i>	13
2. Pembuatan Fenol dari Toluena-Asam Benzoat.....	18
3. Pembuatan Fenol dari Oksiklorinasi Benzen (Proses <i>Raschig</i>).....	24
C. Uraian Proses <i>Cumyl Hydroperoxide</i>	31
1. Dekomposisi <i>Cumyl Hydroperoxide</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.....	67
BAB VI	UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH	
A.	Unit Pendukung Proses	89
1.	Unit Penyediaan Air	89
2.	Unit Penyediaan <i>Steam</i>	104
3.	Sistem Pembangkit Tenaga Listrik	104
4.	Sistem Penyediaan Bahan Bakar.....	105
5.	Unit Penyediaan Udara Tekan.....	105
B.	Pengolahan Limbah	105
C.	Laboratorium	106
D.	Instrumentasi dan Pengendalian Proses	109
BAB VII	TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK	
A.	Lokasi Pabrik	112
1.	Bahan Baku	112
2.	Tenaga Kerja	113
3.	Utilitas	113
4.	Pemasaran.....	113
5.	Transportasi	114
6.	Keadaan Iklim dan Tanah	114
7.	Perizinan.....	114
B.	Tata Letak Pabrik.....	115
1.	Area Proses.....	115

2.	Area Penyimpanan	116
3.	Area Laboratorium	116
4.	Area Utilitas	116
5.	Area Perkantoran	116
6.	Area Fasilitas Umum.....	116
7.	Area Pengembangan.....	116
8.	Pos Keamanan	117
C.	Estimasi Area Pabrik	117

BAB VIII MANAGEMEN DAN ORGANISASI

A.	Bentuk Perusahaan.....	120
1.	Perusahaan Perseorangan	120
2.	Perusahaan Firma	120
3.	Perusahaan Komanditer.....	121
4.	Perseroan Terbatas (PT)	121
B.	Struktur Organisasi Perusahaan	122
C.	Tugas dan Wewenang.....	125
1.	Pemegang Saham	125
2.	Dewan Komisaris	125
3.	Dewan Direktur	125
4.	Kepala Bagian	127
5.	Kepala Seksi	131
D.	Status Karyawan dan Sistem Penggajian.....	131
1.	Status Karyawan.....	132
2.	Penggolongan Gaji	132
E.	Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	132
1.	Karyawan <i>Reguler</i>	133
2.	Karyawan <i>Shift</i>	133
F.	Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan.....	135
1.	Penggolongan Jabatan	135
2.	Perincian Jumlah Karyawan.....	136
G.	Kesejahteraan Karyawan	139
1.	Gaji Pokok.....	139

2.	Tunjangan.....	139
3.	Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	140

BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

A.	Investasi	142
1.	<i>Fixed Capital Investment</i> (Modal Tetap)	142
2.	<i>Working Capital Investment</i> (Modal Kerja).....	143
3.	<i>Total Production Cost</i> (TPC)	143
B.	Evaluasi Ekonomi	146
1.	<i>Return on Investment</i> (ROI)	146
2.	<i>Pay Out Time</i> (POT)	147
3.	<i>Break Even Point</i> (BEP).....	147
4.	<i>Shut Down Point</i> (SDP).....	148
C.	Angsuran Pinjaman.....	148
D.	<i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	149

BAB X SIMPULAN DAN SARAN

A.	Simpulan.....	150
B.	Saran	150

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 ₉ H ₁₂ O ₂ (ST-101).....	52
5.2. Spesifikasi Tangki H ₂ SO ₄ (ST-102)	53
5.3. Spesifikasi Tangki NH ₄ OH (ST-103)	53
5.4. Spesifikasi Tangki C ₆ H ₅ OH (ST-301).....	54
5.5. Spesifikasi Tangki C ₃ H ₆ O (ST-302).....	54
5.6. Spesifikasi Reaktor (RE-201)	55
5.7. Spesifikasi Netralizer (NE-201)	55
5.8. Spesifikasi Menara Distilasi (MD-301).....	56
5.9. Spesifikasi Menara Distilasi (MD-302).....	56
5.10. Spesifikasi <i>Decanter</i> (DC-301)	57
5.11. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301).....	57
5.12. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-302).....	58
5.13. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301).....	58
5.14. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-302).....	59
5.15. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-101)	59
5.16. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-301)	60
5.17. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-201)	60
5.18. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301)	61
5.19. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-302)	61
5.20. Spesifikasi Pompa Proses (PP-102).....	62
5.21. Spesifikasi Pompa Proses (PP-101).....	62
5.22. Spesifikasi Pompa Proses (PP-103).....	63
5.23. Spesifikasi Pompa Proses (PP-201).....	63

5.24. Spesifikasi Pompa Proses (PP-202).....	64
5.25. Spesifikasi Pompa Proses (PP-203).....	64
5.26. Spesifikasi Pompa Proses (PP-301).....	65
5.27. Spesifikasi Pompa Proses (PP-302).....	65
5.28. Spesifikasi Pompa Proses (PP-303).....	66
5.29. Spesifikasi Pompa Proses (PP-304).....	66
5.30. Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401).....	67
5.31. Spesifikasi Tangki Alum (ST-401).....	67
5.32. Spesifikasi Tangki Kaporit (ST-402).....	68
5.33. Spesifikasi Tangki Soda Kaustik (ST-403)	68
5.34. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CF-401).....	69
5.35. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401)	69
5.36. Spesifikasi Tangki Air Filter (ST-404).....	70
5.37. Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB-401)	70
5.38. Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-405)	71
5.39. Spesifikasi Tangki Dispersan (ST-406).....	71
5.40. Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST-407).....	72
5.41. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401)	72
5.42. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401)	73
5.43. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401)	73
5.44. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401)	74
5.45. Spesifikasi <i>Demin Water Tank</i> (ST-408).....	74
5.46. Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DE-401).....	75
5.47. Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-409).....	75
5.48. Spesifikasi <i>Boiler</i> (B-401)	76
5.49. Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-410)	76
5.50. Spesifikasi <i>Blower Steam</i> (BS-401).....	76
5.51. Spesifikasi Generator Listrik (GS-401)	77
5.52. Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-401)	77
5.53. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401).....	77
5.54. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402).....	78
5.55. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403).....	78

5.56. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404).....	79
5.57. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405).....	79
5.58. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406).....	80
5.59. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407).....	80
5.60. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408).....	81
5.61. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409).....	81
5.62. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410).....	82
5.63. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411).....	82
5.64. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412).....	83
5.65. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-413).....	83
5.66. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-414).....	84
5.67. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-415).....	84
5.68. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416).....	85
5.69. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-417).....	85
5.70. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418).....	86
5.71. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-419).....	86
5.72. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-420).....	87
5.73. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-421).....	87
5.74. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-422).....	88
6.1. Kebutuhan Air Pendingin	92
6.2. Kebutuhan Air Umpam Boiler.....	95
6.3. Kebutuhan Air Pabrik	97
6.4. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian.....	110
6.5. Pengendalian Variabel Utama Proses	111
7.1. Perincian luas area Pabrik Fenol.....	117
8.1. Jadwal Kerja Masing-masing Regu	134
8.2. Perincian Tingkat Pendidikan.....	135
8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat.....	136
8.4. Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	137
9.1. <i>Fixed Capital Investment</i>	143
9.2. <i>Manufacturing Cost</i>	144
9.3. <i>General Expenses</i>	145

9.4.	Biaya Administrasi	145
9.5.	<i>Minimum Acceptable Percent Return on Investment</i>	147
9.6.	<i>Acceptable Payout Time</i> untuk Tingkat Resiko Pabrik	147
9.7.	Hasil Uji Kelayakan Ekonomi	149

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1. Lokasi Pabrik	8
2.1. Diagram Alir Proses	33
6.1. <i>Cooling Tower</i>	93
6.2. Diagram <i>Cooling Water System</i>	94
6.3. <i>Deaerator</i>	96
6.4. Diagram Alir Pengolahan Air	97
7.1. Peta Provinsi Banten	118
7.2. Area Sungai Cidanau – Banten	118
7.3. Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung	119
7.4. Tata Letak Peralatan Proses	119
8.1. Struktur Organisasi Perusahaan	124
9.1. Grafik Analisa Ekonomi	148
9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i>	149

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 sintetik 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 sintetik 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. Lingkarani 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				154.675

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				1.411
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				9.600

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 H₂SO₄ dapat diperoleh dari PT. *Indonesian Acid Industry* yang memproduksi H₂SO₄ 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. Diakses 4 Maret 2022
- Brown. G. George., 1950, *Unit Operation 6^{ed}*, Wiley&Sons, USA.
- Brownell. L. E. and Young. E. H., 1959, *Process Equipment Design 3^{ed}*, John Wiley & Sons, New York.
- Coulson. J. M. and Richardson. J. F., 1983, *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon Press Inc, New York.
- Coulson J.M., and J. F. Richardson. 2005. *Chemical Engineering 4th 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 Envgineering 4th edition*. Prentice Hall International Inc. : United States of America.

Geankolis. Christie. J., 1993, *Transport Processes and unit Operation 3th 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 Technologi”, 4nd ed., vol. 17., John Wiley and Sons Inc., New York.

Levenspiel. O., 1972, *Chemical Reaction Engineering 2nd 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 7th edition*. McGraw Hill : New York.

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

Peter. M. S. and Timmerhause. K. D., 1991, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3^{ed}*, Mc Graw-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. 1st, 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^{ed}*, McGraw-Hill Inc, New York.

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

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

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

Treyball. R. E., 1983, *Mass Transfer Operation 3^{ed}*, 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 Environmental Engineering, Vol. 6th*. 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, Diakses pada 01 Agustus 2021

www.daftarterusahaanindonesia.com, Diakses pada 12 Juli 2021

www.insoclay.com/ammonium_hidroksida.htm, Diakses pada 01 Agustus 2021

www.water.me.vccs.edu. Diakses pada 20 Maret 2022.

www.icis.com., Diakses pada 15 Juli 2021