

**PRARANCANGAN PABRIK FENOL
DARI *CUMENE HYDROPEROXIDE* DENGAN KATALIS
ASAM SULFAT KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN
(Prarancangan Menara Distilasi 302 (MD-302))**

(Skripsi)

Oleh

MERRY CHRISTINE



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRAK
PRARANCANGAN PABRIK FENOL DARI *CUMENE HYDROPEROXIDE*
DENGAN KATALIS ASAM SULFAT KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN
(Perancangan Menara Distilasi 302 (MD-302))

Oleh

MERRY CHRISTINE

Fenol merupakan salah satu produk industri kimia yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan Bisphenol-A, Resin Fenolic, Anillin, Karpolaktam, dan Alkil Fenol. Fenol dapat diproduksi dengan beberapa proses yaitu 1) proses dekomposisi *Cumene Hydroperoxide*, 2) Proses dari Toluena-Asam Benzoat, 3) Proses Sulfonasi Benzena, 4) Proses dari Klorobenzena, dan 5) Proses *Raschig*. Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air, sistem penyediaan *steam*, *cooling water*, dan sistem pembangkit tenaga listrik.

Kapasitas produksi pabrik fenol direncanakan 30.000 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) dengan struktur organisasi *line and staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh :

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 366.685.472.577
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 64.709.201.043
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 431.394.673.620
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 41,93%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 25,41%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 2,10 Tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,49 Tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	= 49,00%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 39,20%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 21,84%

Berdasarkan beberapa paparan di atas, maka pendirian pabrik fenol ini layak untuk dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dari sisi ekonomi dan mempunyai prospek yang relatif cukup baik.

ABSTRACT

PREDESIGN OF PHENOL FROM CUMENE HYDROPEROXIDE WITH A SULFURIC ACID AS CATALYST CAPACITY 30.000 TONS/YEARS (Distillation Tower 302 Design (MD-302))

By

MERRY CHRISTINE

Phenol is one of the product industry chemicals are used as the raw materials for Bisphenol-A, Fenolic Resin, Anillin, Carpolactam, dan Alkyl Phenol. Phenol can be produced by some of the process are : 1) Process of decomposition Cumene Hydroperoxide, 2) Procces from Toluene-Benzoate Acid, 3) Procces Sulfonasi Benzene, 4) Proses from Chlorobenzene, and 5) Procces *Raschig*. Provision of utility plant needs a treatment system and water supply, cooling water and Generator electrical power system.

Capacity of the plant is planned to production phenol in 30.000 tons/year with 330 working days in a year. The location of plant is planned in Cilegon, Banten. Labor needed in this plant as many as 131 people with a business entity form Limited Liability Company (PT) with line and staff organizational structure.

From teh economic analysis is obtained :

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 366.685.472.577
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 64.709.201.043
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 431.394.673.620
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 41,93%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 25,41%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 2,10 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,49 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	= 49,00%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 39,20%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 21,84%

By considering above the summary, it is proper establishment of phenol plant for studied further, because the plant is profitable and has good prospects future.

**PRARANCANGAN PABRIK FENOL DARI *CUMENE*
HYDROPEROXIDE DENGAN KATALIS ASAM SULFAT
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan Menara Distilasi (MD- 302))**

Oleh
MERRY CHRISTINE
1115041029

(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**

2016

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK FENOL DARI
CUMENE HYDROPEROXIDE DENGAN KATALIS
ASAM SULFAT KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN
(Prarancangan Menara Distilasi 302 (MD-302))**

Nama Mahasiswa : **Merry Christine**

No. Pokok Mahasiswa : 1115041029

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik



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

Panca Nugrafini F., S.T., M.T.
NIP 19730203 200003 2 001

2. Ketua Jurusan Teknik Kimia

A handwritten signature in black ink, likely belonging to Ir. Azhar, M.T.

Ir. Azhar, M.T.
NIP. 19660401 1995 01 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

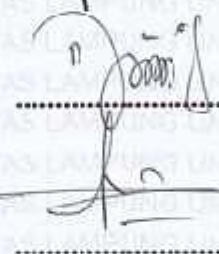
Ketua : Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.



Sekretaris : Panca Nugrahini F., S.T., M.T.



Penguji
Bukan Pembimbing : Dr.Eng. Dewi Agustina I., S.T., M.T.



Donny Lesmana, S.T., M.Sc.

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung




Prof. Dr. Suharso, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 7 Oktober 2016

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 sebagaimana 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 sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 14 Oktober 2016



Merry Christine
NPM. 1115041029

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta, pada tanggal 9 Januari 1992, sebagai putri ketiga dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Edward Pakpahan dan Ibu Renta Marpaung, S.Pd.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar Negeri Mekar Sari 06 tahun 2004, Sekolah Menengah Pertama Negeri 3 Tambun Selatan pada tahun 2007, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 2 Tambun Selatan pada tahun 2010.

Pada tahun 2011, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) tertulis 2011.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi Sekretaris Departemen Kerohanian Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Lampung Periode 2013–2014. Penulis menjadi anggota Divisi Kristiani Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Lampung Periode 2012-2013. Penulis menjadi pengurus Persekutuan Umum Forum Komunikasi Mahasiswa Kristiani Fakultas Teknik (FKMK-FT) periode 2012-2013. Penulis menjadi Koordinator Acara Kebaktian Awal Tahun Ajaran (KATA) Mahasiswa Lampung 2014. Penulis menjadi Koordinator Konsumsi dan Doa Kebersamaan Antar Kampus

Persekutuan Antar Universitas (Perkantas) Lampung pada tahun 2013. Penulis menjadi Ketua Pelaksana Kamp Penyambutan Mahasiswa Baru (KPMB) Fakultas Teknik 2013. Penulis menjadi Bendahara Pelaksana Paskah Fakultas Teknik dan Fakultas MIPA pada tahun 2012. Penulis menjadi Asisten Dosen untuk mata kuliah Teknologi Pemrosesan Pati 2015/2016 dan Diskusi Kuliah Agama Kristen Universitas Lampung 2014/2015.

Pada tahun 2014, penulis melakukan kegiatan Kuliah Kerja Nyata dengan penempatan di Kelurahan Panjang Utara, Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung selama 40 hari. Pada bulan Februari 2015, penulis melakukan Kerja Praktek di PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk. dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *Vertical Roller Mill Plant 11*”.

Pada tahun 2015, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Konsentrasi Katalis SnCl_2 dan Waktu Polimerisasi Asam Laktat Terhadap Sintesis *Poly(Lactic) Acid* (PLA) dengan Metode *Ring Opening Polymerization* (ROP)”. Penelitian ini juga telah dipublikasikan pada Seminar Nasional Kimia Universitas Gadjah Mada 2016 dengan tema “Pemanfaatan Kimia Material untuk Meningkatkan Daya Saing Indonesia dalam MEA” dengan Nomor Prosiding ISSN: 2338-2368 yang diselenggarakan pada 21 Mei 2016 di Hotel Crystal Lotus Yogyakarta.

MOTTO

“Berdoa, Berusaha, Bekerja”

*“Tetapi carilah dahulu Kerajaan Allah dan kebenarannya,
maka semuanya itu akan ditambahkan kepadamu”
(Matius 6:33)*

*“Segala perkara dapat kutanggung di dalam Dia yang
memberi kekuatan kepadaku”
(Filipi 4:13)*

*“dan apa saja yang kita minta, kita memperolehnya dari pada-
Nya, karena kita menuruti segala perintah-Nya dan berbuat
apa yang berkenan kepada-Nya”
(1 Yohanes 3:22)*

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Tugas Akhir ini kepada :

Tuhan Yesus Kristus, atas kasih karunia dan berkat-Nya aku dapat menyelesaikan Tugas Akhirku ini.

Kedua Orang Tuaku, sebagai tanda baktiku, terima kasih atas segala doa, kesabaran, dukungan, pengorbanan dan kasih sayang selama ini. Inilah setitik balasan yang tidak bisa dibandingkan dengan segala pengorbanan dan kasih sayang yang tidak pernah berakhir.

Kakak dan Adikku, terima kasih atas doa, bantuan dan dukungannya selama ini.

Sahabat-Sahabatku, Terima kasih telah menjadi bagian hidupku selama berada di Perantauan ini. Semua cerita hidup ini akan ku simpan selamanya. Semoga suatu saat nanti kita dapat bertemu kembali dengan kisah-kisah kesuksesan kita.

Civitas Akademisi Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung, Terima kasih atas ilmu yang telah diberikan. Semoga kelak berguna dikemudian hari.

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala karunia dan berkatNya, sehingga tugas akhir ini dengan judul “Prarancangan Pabrik Fenol dari *Cumene Hydroperoxide* dengan Katalis Asam Sulfat Kapasitas 30.000 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.

Penulis menyadari bahwa dalam pelaksanaan maupun penulisan tugas akhir ini, tidak terlepas atas bantuan dan dukungan berbagai pihak. Melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Azhar, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I, atas segala ilmu, saran, arahan, dukungan serta nasehat dalam membimbing dan mengarahkan pengerjaan Tugas Akhir.
3. Ibu Panca Nugrahini F., S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, atas segala ilmu, saran, arahan, dukungan serta nasehat dalam membimbing dan mengarahkan pengerjaan Tugas Akhir.

4. Ibu Dr. Eng. Dewi Agustina I, S.T., M.T. dan Bapak Donny Lesmana, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan kritik, juga selaku dosen atas semua ilmu yang telah penulis dapatkan.
5. Seluruh Dosen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung atas segala ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
6. Keluargaku terkasih, Bapakku Edward Pakpahan, Mamaku Renta Marpaung, S.Pd., Kak Afryana Pakpahan S.T., Kak Sari Handayani Pakpahan S.Si., Abang Ipar Dani Purba S.T., dan Adikkku Noplas Marihot Tua Pakpahan yang selalu mendoakan dan mendukung dalam segala hal.
7. Raynal Rahman selaku partner yang telah sama-sama berjuang dalam pengerjaan Tugas Akhir.
8. Nilam Sari Sitorus Pane dan Ricky Fahlevi Ks sahabat terkasih yang saling mendukung dan mendoakan.
9. Teman Angkatan 2011 Ajeng Ayu Puspasari, Alief Nurtendron, Andy Fini Ardhian, Archealin Anggraeni, Aryanto, Ayu Septriana, Baariklie Mubaarokah, Bima Firmandana, Dai Bacthiar Purba, Destiara Khoirunnisa, Diah Rosalina, Dian Anggitasari, Dicky Aditya R., Dini Dian Prajawati, Eriski Prawira, Eti Purwaningsih, Fitria Yenda Elpita, Fitriani Wulandari, Fully Resha R. Koni Prasetyo, Lamando Aquan Raja, M. Nurul Hidayat, Mega Pristiani, Megananda Eka Wahyu, Mitra Dimas Sanjaya, Muhammad Haikal Pasha, Muhammad Iqbal Immaddudin, Nilam Sari Sitorus Pane, Nisa Meutia Risthy, Nita Listiani, Pirda Hilina N., Poppy Meutia Zari, Raynal Rahman, Rendri Ardinata, Ricky Fahlevi KS, Rina Septiana, Riska Aidila

Fitriana, Sherlyana, Siti Sumartini, Tika Novarani, Yeni Ria Wulandari, Gilang Faisal Gunawan, Nadya Mustika Insani, dan Irwan Hadi.

10. Kakak-kakak 2010 (Kak Yunita, Kak Debora, Kak Siska, Kak Bulan, Bg Nico, Bg Novrit, mbak Echa, mbak Sika), Adik-adik 2012 (Jenny, Dita, dkk), 2013 (Siska, Rendy, dkk), 2014 (Siska, Rica, Tata, Lia, Samuel, dkk), adik-adik 2015, seluruh anggota FKMK-FT, engineers 2011, Perkantas Lampung, Kelompok Kecil Bethania (Kak Lenny, Intan Bonita, Novri), atas segala doa, dukungan dan bantuan kepada penulis.
11. Teman-teman kosan Menara Biru (Intan Sitorus, Kak Ivo, Kak Vera, Kak Eli, Kak Dita, Kak Hasna, Oline, Delima, Yohana, Devi, Yuni, Febri, Lusy, Purnama, Astri, Debora, Elisa, Arta, Swita, Putri, Tina, Nia, Dian, Fani, Eva, Icha, Ribka, Intan, Desima, Larose, dll).
12. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Tuhan Yesus Kristus membalas semua kebaikan mereka dan semoga skripsi ini berguna.

Bandar Lampung, 14 Oktober 2016

Penulis,

Merry Christine

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
PERNYATAAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	ix
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR GAMBAR	xxvi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Kegunaan Produk	3
C. Ketersediaan Bahan Baku	5
D. Analisis Pasar	5
E. Kapasitas Rancangan	11
F. Lokasi Pabrik	12

BAB II DESKRIPSI PROSES

A. Jenis-jenis Proses Pembuatan Fenol	17
B. Pemilihan Proses	21
1. Pembuatan Fenol dari <i>Cumene Hydroperoxide</i>	21
2. Pembuatan Fenol dari Toluena-Asam Benzoat	24
3. Pembuatan Fenol dari Proses Sulfonasi Benzena	27
4. Pembuatan Fenol dari Klorobenzena dan NaOH	31
5. Pembuatan Fenol melalui Proses <i>Raschig</i>	35
C. Uraian Proses <i>Cumene Hydroperoxide</i>	39
1. Dekomposisi <i>Cumene Hidroperoxide</i>	39
2. Pemurnian Produk	40
3. <i>Recycle</i> Sisa Umpan	40

BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

A. Spesifikasi Bahan Baku Utama	42
B. Spesifikasi Bahan Baku Penunjang	44
C. Spesifikasi Produk Utama	48
D. Spesifikasi Produk Samping	50

BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

A. Neraca Massa	54
B. Neraca Panas	57

BAB V SPESIFIKASI PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

A. Peralatan Proses	61
B. Peralatan Utilitas	77

BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

A. Unit Pendukung Proses	99
1. Unit Penyediaan Air	99
2. Unit Penyediaan <i>Steam</i>	114
3. Sistem Pembangkit Tenaga Listrik	115
4. Sistem Penyediaan Bahan Bakar	115
5. Unit Penyediaan Udara Tekan	116
B. Pengolahan Limbah	116
C. Laboratorium	117
D. Instrumentasi dan Pengendalian Proses	120

BAB VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK

A. Lokasi Pabrik	123
1. Bahan Baku	124
2. Tenaga Kerja	124
3. Utilitas	125
4. Pemasaran	125
5. Transportasi	125
6. Keadaan Iklim dan Tanah	125
7. Perizinan	126
B. Tata Letak Pabrik	126
1. Area Proses	127
2. Area Penyimpanan	128
3. Area Laboratorium	128
4. Area Utilitas	128

5. Area Perkantoran	128
6. Area Fasilitas Umum	128
7. Area Pengembangan	129
8. Pos Keamanan	129
C. Estimasi Area Pabrik	129

BAB VIII MANAGEMEN DAN ORGANISASI

A. Bentuk Perusahaan	132
1. Perusahaan Perseorangan	132
2. Perusahaan Firma	133
3. Perusahaan Komanditer	133
4. Perseroan Terbatas (PT)	133
B. Struktur Organisasi Perusahaan	135
C. Tugas dan Wewenang	138
1. Pemegang Saham	138
2. Dewan Komisaris	138
3. Dewan Direktur	139
4. Kepala Bagian	140
5. Kepala Seksi	145
D. Status Karyawan dan Sistem Penggajian	146
1. Status Karyawan	146
2. Penggolongan Gaji	146
E. Pembagian Jam Kerja Karyawan	147
1. Karyawan <i>Reguler</i>	147
2. Karyawan <i>Shift</i>	147

F. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karywan	149
1. Penggolongan Jabatan	149
2. Perincian Jumlah Karyawan	150
G. Kesejahteraan Karyawan	153
1. Gaji Pokok	153
2. Tunjangan	153
3. Kesehatan dan Keselamatan Kerja	154

BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

A. Investasi	157
1. <i>Fixed Capital Investment</i>	157
2. <i>Working Capital Investment</i> (Modal Kerja)	158
3. <i>Total Production Cost</i> (TPC)	158
B. Evaluasi Ekonomi	161
1. <i>Return On Investment</i> (ROI)	161
2. <i>Pay Out Time</i> (POT)	162
3. <i>Break Evan Point</i> (BEP)	162
4. <i>Shut Down Point</i> (SDP)	163
C. Angsuran Pinjaman	163
D. <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	163

BAB X SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan	165
B. Saran	165

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA

LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA PANAS

LAMPIRAN C PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN PROSES

LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITAS

LAMPIRAN E PERHITUNGAN EKONOMI

LAMPIRAN F TUGAS KHUSUS PERANCANGAN REAKTOR (RE-201)

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Data Impor fenol di Indonesia	5
Tabel 1.2. Data Ekspor fenol dari Indonesia	7
Tabel 1.3. Data Konsumsi Fenol di Indonesia	9
Tabel 1.4. Produksi Fenol di Indonesia	11
Tabel 2.1. Nilai ΔH_f^0 dan ΔG^0 $C_9H_{12}O_2$, C_6H_5OH dan CH_3COCH_3	21
Tabel 2.2. Data bahan baku dan produk proses <i>cumene hydroperoxide</i>	22
Tabel 2.3. Mol bahan baku dan produk proses <i>Cumene Hydroperoxide</i>	23
Tabel 2.4. Nilai ΔH_f^0 H_2O , CO_2 , C_6H_5OH dan $C_6H_5CH_3$	25
Tabel 2.5. Data bahan baku dan produk proses oksidasi toluena	26
Tabel 2.6. Mol bahan baku dan produk proses oksidasi toluena	26
Tabel 2.7. Nilai ΔH_f^0 H_2SO_4 , $NaOH$ H_2O , Na_2SO_3 dan C_6H_6	28
Tabel 2.8. Data bahan baku dan produk proses Sulfonasi Benzena	29
Tabel 2.9. Mol bahan baku dan produk proses Sulfonasi Benzena	30
Tabel 2.10. Nilai ΔH_f^0 C_6H_6 , Cl_2 , HCl , $NaOH$, H_2O dan $NaCl$	32
Tabel 2.11. Data bahan baku dan produk proses klorobenzen dan $NaOH$	33
Tabel 2.12. Data bahan baku dan produk proses <i>Raschig</i>	36
Tabel 2.13. Mol bahan baku dan produk proses <i>Raschig</i>	37
Tabel 2.14. Perbandingan Proses	38
Tabel 4.1. Neraca Massa di Reaktor (RE-201)	54

Tabel 4.2. Neraca Massa di <i>Neutralizer</i> (NE-201)	54
Tabel 4.3. Neraca Massa Total di <i>Decanter</i> (DC-301)	55
Tabel 4.4. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-301)	55
Tabel 4.5. Neraca Massa <i>Condenser</i> (CD-301)	55
Tabel 4.6. Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-301)	55
Tabel 4.7. Neraca Massa Distilasi (MD-302)	56
Tabel 4.8. Neraca Massa <i>Condenser</i> (CD-302)	56
Tabel 4.9. Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-302)	56
Tabel 4.10. Neraca Massa <i>Evaporator</i> (EV-301)	56
Tabel 4.11. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-101)	57
Tabel 4.12. Neraca Panas Reaktor (RE-201)	57
Tabel 4.13. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-201)	57
Tabel 4.14. Neraca Panas <i>Neutralizer</i> (NE-201)	58
Tabel 4.15. Neraca Panas <i>Decanter</i> (DC-301)	58
Tabel 4.16. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-301)	58
Tabel 4.17. Neraca Panas Menara Distilasi (MD – 301)	59
Tabel 4.18. Neraca Panas Menara Distilasi (MD – 302)	59
Tabel 4.19. Neraca Panas <i>Evaporator</i> (EV-301)	59
Tabel 4.20. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-301)	59
Tabel 4.21. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-302)	60
Tabel 4.22. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-303)	60
Tabel 5.1. Spesifikasi tangki penyimpanan $C_9H_{12}O_2$ (ST-101)	61
Tabel 5.2. Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (ST-102)	62
Tabel 5.3. Spesifikasi tangki penyimpanan NH_4OH (ST-107)	62

Tabel 5.4. Spesifikasi Tangki C_6H_5OH (ST-301)	63
Tabel 5.5. Spesifikasi Tangki C_3H_6O (ST-302)	63
Tabel 5.6. Spesifikasi Reaktor 201 (RE-201)	64
Tabel 5.7. Spesifikasi Netralizer 201 (NE-201)	64
Tabel 5.8. Spesifikasi Dekanter 301 (DC-301)	65
Tabel 5.9. Spesifikasi Menara Distilasi 301 (MD-301)	65
Tabel 5.10. Spesifikasi Menara Distilasi 302 (MD-302)	66
Tabel 5.11. Spesifikasi Evaporator (EV-301)	66
Tabel 5.12. Spesifikasi <i>Condensor</i> 301 (CD-301)	67
Tabel 5.13. Spesifikasi <i>Condensor</i> 302 (CD-302)	67
Tabel 5.14. Spesifikasi Reboiler 301 (RB-301)	68
Tabel 5.15. Spesifikasi Reboiler 302 (RB-302)	68
Tabel 5.16. Spesifikasi <i>Heater</i> 101 (HE-101)	69
Tabel 5.17. Spesifikasi <i>Heater</i> 301 (HE-301)	69
Tabel 5.18. Spesifikasi <i>Cooleer</i> 201 (CO-201)	70
Tabel 5.19. Spesifikasi <i>Cooleer</i> 301 (CO-301)	70
Tabel 5.20. Spesifikasi <i>Cooleer</i> 302 (CO-302)	71
Tabel 5.21. Spesifikasi <i>Cooleer</i> 303 (CO-303)	71
Tabel 5.22. Spesifikasi Pompa Proses (PP-101)	72
Tabel 5.23. Spesifikasi Pompa Proses (PP-102)	72
Tabel 5.24. Spesifikasi Pompa Proses (PP-103)	73
Tabel 5.25. Spesifikasi Pompa Proses (PP-201)	73
Tabel 5.26. Spesifikasi Pompa Proses (PP-202)	74
Tabel 5.27. Spesifikasi Pompa Proses (PP-203)	74

Tabel 5.28. Spesifikasi Pompa Proses (PP-301)	75
Tabel 5.29. Spesifikasi Pompa Proses (PP-302)	75
Tabel 5.30. Spesifikasi Pompa Proses (PP-303)	76
Tabel 5.31. Spesifikasi Pompa Proses (PP-304)	76
Tabel 5.32. Spesifikasi Pompa Proses (PP-305)	77
Tabel 5.33. Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401)	77
Tabel 5.34. Spesifikasi Tangki Alum (ST-401)	78
Tabel 5.35. Spesifikasi Tangki Kaporit (ST-402)	78
Tabel 5.36. Spesifikasi Tangki Soda Kaustik (ST- 403)	79
Tabel 5.37. Spesifikasi Tangki Air Filter (ST-404)	79
Tabel 5.38. Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-405)	80
Tabel 5.39. Spesifikasi Tangki Dispersan (ST-406)	80
Tabel 5.40. Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST-407)	81
Tabel 5.41. Spesifikasi <i>Demin Water Tank</i> (ST-408)	81
Tabel 5.42. Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-409)	82
Tabel 5.43. Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-410)	82
Tabel 5.44. Spesifikasi Klarifier (CF-401)	83
Tabel 5.45. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401)	83
Tabel 5.46. Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB-401)	84
Tabel 5.47. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401)	84
Tabel 5.48. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401)	84
Tabel 5.49. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401)	85
Tabel 5.50. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401)	85
Tabel 5.51. Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DE-401)	86

Tabel 5.52. Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO–401)	86
Tabel 5.53. Spesifikasi Blower Steam (BL–401)	87
Tabel 5.54. Spesifikasi Generator Listrik (GS–401)	87
Tabel 5.55. Spesifikasi Air Compressor (AC–401)	87
Tabel 5.56. Spesifikasi Pompa (PU – 401)	88
Tabel 5.57. Spesifikasi Pompa (PU – 402)	88
Tabel 5.58. Spesifikasi Pompa (PU – 403)	89
Tabel 5.59. Spesifikasi Pompa (PU – 404)	89
Tabel 5.60. Spesifikasi Pompa (PU – 405)	90
Tabel 5.61. Spesifikasi Pompa (PU – 406)	90
Tabel 5.62. Spesifikasi Pompa (PU – 407)	91
Tabel 5.63. Spesifikasi Pompa (PU – 408)	91
Tabel 5.64. Spesifikasi Pompa (PU – 409)	92
Tabel 5.65. Spesifikasi Pompa (PU – 410)	92
Tabel 5.66. Spesifikasi Pompa (PU – 411)	93
Tabel 5.67. Spesifikasi Pompa (PU – 412)	93
Tabel 5.68. Spesifikasi Pompa (PU – 413)	94
Tabel 5.69. Spesifikasi Pompa (PU – 414)	94
Tabel 5.70. Spesifikasi Pompa (PU – 415)	95
Tabel 5.71. Spesifikasi Pompa (PU – 416)	95
Tabel 5.72. Spesifikasi Pompa (PU – 417)	96
Tabel 5.73. Spesifikasi Pompa (PU – 418)	96
Tabel 5.74. Spesifikasi Pompa (PU – 419)	97
Tabel 5.75. Spesifikasi Pompa (PU – 420)	97

Tabel 5.76. Spesifikasi Pompa (PU – 421)	98
Tabel 5.77. Spesifikasi Pompa (PU – 422)	98
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Pendingin	102
Tabel 6.2. Kebutuhan air umpan boiler	105
Tabel.6.3. Kebutuhan Air Pabrik	107
Tabel 6.4. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	121
Tabel 6.5. Pengendalian Variabel Utama Proses	122
Tabel.7.1. Perincian luas area Pabrik Fenol	129
Tabel 8.1. Jadwal kerja masing - masing regu	149
Tabel 8.2. Perincian Tingkat Pendidikan	150
Tabel 8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat	151
Tabel 8.4. Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	152
Tabel 9.1. <i>Fixed capital investment</i>	158
Tabel 9.2. <i>Manufacturing cost</i>	159
Tabel 9.3. <i>General expenses</i>	160
Tabel 9.4. Biaya Administratif	160
Tabel 9.5. <i>Minimum acceptable persent return on investment</i>	161
Tabel 9.6. <i>Acceptable payout time</i> untuk tingkat resiko pabrik	162
Tabel 9.7. Hasil uji kelayakan ekonomi	164

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Grafik Impor Fenol di Indonesia	6
Gambar 1.2. Grafik Ekspor Fenol di Indonesia	7
Gambar 1.3. Lokasi Pabrik	13
Gambar 2.1. Digram Alir Proses	41
Gambar 6.1. <i>Cooling Tower</i>	103
Gambar 6.2. <i>Diagram Cooling Water System</i>	104
Gambar 6.3. <i>Daerator</i>	106
Gambar 6.4. Diagram Alir Pengolahan Air	107
Gambar 7.1. Peta Provinsi Banten	130
Gambar 7.2. Area Sungai Cidanau – Banten	130
Gambar 7.3. Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung	131
Gambar 7.4. Tata Letak Peralatan Proses	131
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan	137
Gambar 9.1. Grafik Analisa Ekonomi	163
Gambar 9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i>	164

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pabrik adalah suatu sarana untuk memproses bahan baku menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi. Tujuan pendirian pabrik adalah untuk meningkatkan nilai ekonomi bahan baku, sehingga diperoleh peningkatan harga dari bahan baku tersebut menjadi bahan jadi atau bahan setengah jadi. Selain itu, pendirian pabrik industri juga dapat meningkatkan produksi dalam negeri, menyeimbangkan struktur ekonomi Indonesia dan meningkatkan devisa negara serta memperluas kesempatan kerja masyarakat Indonesia.

Pabrik dapat digolongkan menjadi dua kelompok besar berdasarkan adanya reaksi kimia dalam perubahan bahan baku menjadi produk, yaitu pabrik perakitan dan pabrik kimia. Pada pabrik perakitan, perubahan bahan baku menjadi produk tidak melibatkan reaksi kimia. Sedangkan pabrik kimia melibatkan satu atau lebih reaksi kimia untuk mengubah bahan baku menjadi produk. Pabrik fenol termasuk ke dalam kelompok pabrik kimia, karena perubahan bahan baku *cumene hydroperoxide* menjadi produk akhir fenol melibatkan reaksi kimia.

Fenol atau asam karbolat atau benzenol adalah zat tak berwarna yang memiliki bau khas. Rumus kimianya adalah C_6H_5OH dan strukturnya memiliki gugus hidroksil (-OH) yang berikatan dengan cincin fenil. Nama lain fenol adalah karbolik atau asam *phenic*. Baunya yang khas menandakan bahwa fenol adalah salah satu senyawa aromatis.

Fenol pertama kali dikenal pada tahun 1834 melalui eksperimen pembuatan fenol yang dilakukan oleh *F.Ronge*, yang diperoleh dari tar batubara. Tar batubara merupakan satu-satunya bahan baku pembuatan fenol sampai pada Perang Dunia I. Penggunaan awal dari fenol dibatasi pada penggunaannya sebagai bahan pengawet kayu dan sebagai fumigator atau desinfektan (pembunuh kuman).

Fenol sintetik pertama kali diproduksi dengan cara sulfonasi benzen dan hidrolisa sulfonat. Setelah itu, metode lain telah dikembangkan untuk sintesa fenol, antara lain klorinasi benzen pada fase liquid diikuti hidrolisa fase uap pada temperatur tinggi. Namun tak satupun yang sangat menarik karena semuanya melibatkan bahan baku kimia yang mahal, resiko korosi dan secara umum tidak ekonomis untuk industri skala besar.

Secara komersial produksi fenol sintetik ditemukan di Jerman oleh *Dr. Heinrich Hock* dan koleganya *Shon Lang* pada tahun 1949 dan dipublikasikan di sebuah koran yang membuat tentang auto oksidasi senyawa organik. Dari laporan tersebut menunjukkan bahwa pada kondisi-kondisi yang telah ditetapkan cumene akan teroksidasi menjadi cumene hidroperoksida, yang selanjutnya akan terdekomposisi menjadi fenol dan aseton.

Konsumsi fenol akan semakin meningkat dengan bertambahnya industri di dunia, khususnya industri resin sintetis, tekstil, bahan perekat, kosmetik, obat-obatan dan lain-lain. Tetapi dari semua itu penggunaan fenol yang paling utama adalah dalam industri *fenolic resin adhesives*. Permintaan dunia akan fenol semakin lama semakin meningkat. Pada saat ini penjualan fenol di dunia mencapai 10,7 juta ton/tahun. Sebagai contoh beberapa negara di Asia Timur seperti Jepang, Korea Selatan dan Taiwan mengkonsumsi sekitar 35% dari kebutuhan dunia sementara itu Amerika Serikat dan Kanada mengkonsumsi sekitar 30% dari kebutuhan dunia. Diperkirakan setiap tahunnya kebutuhan dunia akan fenol bertambah sekitar 4,5% tiap tahunnya.

Di Indonesia, senyawa fenol memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan. Hal ini ditinjau dari potensi kebutuhan industri lain terhadap senyawa ini. Namun hingga saat ini sektor tersebut belum dikembangkan walaupun permintaannya cenderung meningkat. Dengan belum tergarapnya sektor ini, maka ketergantungan Indonesia terhadap senyawa fenol yang selama ini sebagian besar dipenuhi dengan cara mengimpor. Senyawa ini masih diimpor dari Amerika Serikat dan Jepang. Jumlah impor fenol di Indonesia hingga saat ini masih sangat besar.

B. Kegunaan Produk

Fenol memiliki banyak kegunaan, sebagai berikut :

1. Pembuatan Bisphenol-A



Bisphenol-A banyak digunakan pada industri plastik. Kebutuhan fenol untuk pembuatan Bisphenol-A sebesar 30% produksi.

2. Pembuatan fenolat resin

Fenolat resin merupakan hasil dari reaksi fenol dengan formaldehid. Fenolat resin banyak digunakan pada isolasi atap, dinding (*fiberglass*), dan pelapis pipa. Pada industri amplas digunakan untuk melekatkan butiran amplas pada tempatnya. Pada industri kayu digunakan sebagai perekat pada pembuatan triplek. Kebutuhan fenol untuk pembuatan fenolat resin sebesar 43% produksi.

3. Pembuatan kaprolaktam

Hidrogenasi fenol dengan katalis palladium menghasilkan kaprolaktam sebagai bahan baku nilon. Kebutuhan fenol untuk pembuatan kaprolaktam sebesar 15% produksi.

4. Pembuatan anilin

Anilin biasanya digunakan sebagai Bahan bakar roket, Pembuatan zat warna diazo, Bahan peledak dan obat-obatan. Dalam industri farmasi fenol digunakan Sebagai bahan baku dalam pembuatan obat-obatan misalnya asam salisilat, asam pikrat dan lain-lain. Dan Sebagai antiseptik. Hal ini disebabkan oleh sifat fenol yang mampu mengkoagulasi protein. Kebutuhan fenol untuk pembuatan anilin sebesar 7% produksi.

5. Kebutuhan fenol untuk pembuatan Alkil fenol sebesar 5% produksi. (Kirk & Othmer, 1996; Mc Ketta, 1987)

C. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku berupa isopropil benzena hidroperoksida (*cumene hydroperoxide*) dapat diperoleh dari produsen-produsennya impor dari luar negeri. Pabrik-pabrik industri kimia yang memproduksi *cumene hydroperoxide* diimpor PT. Haihang Industry Company dari China

D. Analisa Pasar

Analisis pasar merupakan langkah untuk mengetahui seberapa besar minat pasar terhadap suatu produk. Adapun analisis pasar meliputi data impor, data ekspor, data konsumsi, dan data produksi fenol.

1. Data Impor

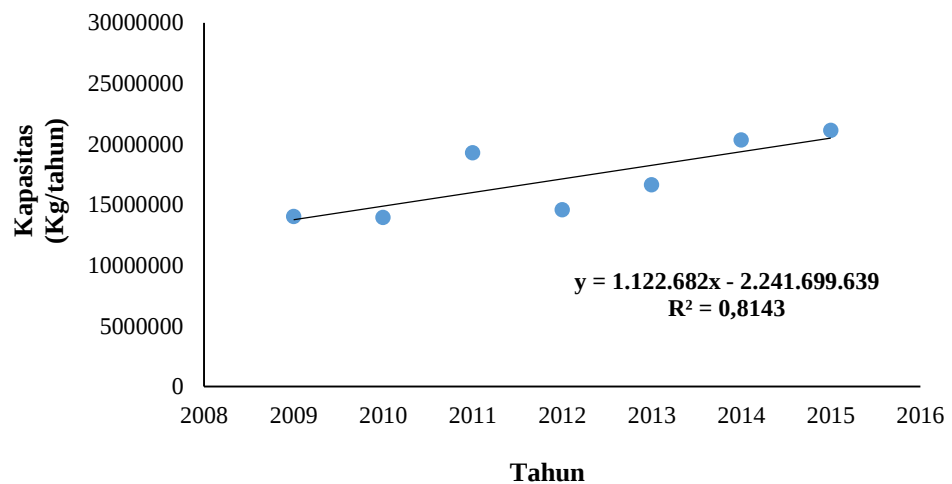
Berikut ini data impor fenol di Indonesia pada beberapa tahun terakhir.

Disajikan dalam Tabel 1.1

Tabel 1.1. Data Impor fenol di Indonesia

Tahun	X	Jumlah (Kg)
2009	1	14.037.581
2010	2	13.935.438
2011	3	19.290.701
2012	4	14.593.113
2013	5	16.630.449
2014	6	20.337.179
2015	7	21.134.872

Sumber: BPS (Badan Pusat Statistik)



Gambar 1.1. Grafik Impor Fenol di Indonesia

Pada Gambar 1.1, Grafik sumbu-x merupakan tahun. Berdasarkan data-data yang sudah diplotkan pada Gambar 1.1 dilakukan pendekatan berupa garis lurus, $y = mx + C$.

dimana : y = kebutuhan impor fenol (kg/tahun)

x = tahun ke (2020)

m = slope

C = *intercept* y

didapatkan nilai slope sebesar :

$$m = \frac{n \sum x \cdot y - \sum x \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = 1.122.682$$

dan didapatkan juga nilai *intercept* sebesar :

$$C = \frac{\sum x^2 \cdot \sum y - \sum xy \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = -2.241.699.639$$

Melalui perhitungan persamaan garis lurus di atas diperoleh persamaan $y = 1.122.62x - 2.241.699.639$, yang dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan impor fenol di Indonesia pada tahun 2020. Dengan persamaan

garis lurus tersebut didapatkan prediksi jumlah kebutuhan fenol di Indonesia sebesar 26.118.506 kg/tahun atau 26.119 ton/tahun.

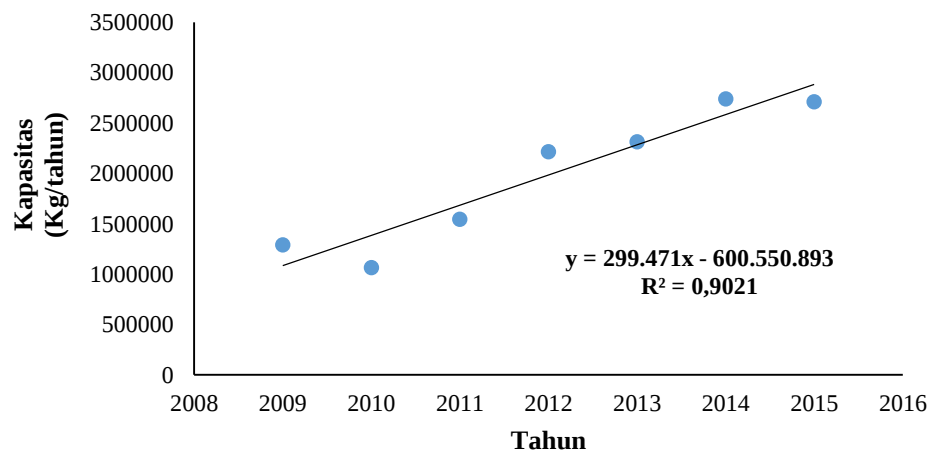
2. Data Ekspor

Berikut ini merupakan data ekspor fenol dari Indonesia dalam beberapa tahun terakhir.

Tabel 1.2. Data Ekspor fenol dari Indonesia

Tahun	X	Jumlah (Kg)
2009	1	1.292.915
2010	2	1.066.699
2011	3	1.545.186
2012	4	2.216.110
2013	5	2.316.283
2014	6	2.742.120
2015	7	2.713.998

Sumber: BPS (Badan Pusat Statistik)



Gambar 1.2. Grafik Ekspor Fenol di Indonesia

Pada Gambar 1.2, Pada Grafik sumbu-x merupakan tahun. Berdasarkan data-data yang sudah diplotkan pada Gambar 1.2 dilakukan pendekatan berupa garis lurus, $y = mx + C$.

dimana : y = kebutuhan impor fenol (kg/tahun)

x = tahun ke (2020)

m = slope

C = *intercept*

didapatkan nilai slope sebesar :

$$m = \frac{n \sum x \cdot y - \sum x \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = 299.471$$

dan didapatkan juga nilai *intercept* sebesar :

$$C = \frac{\sum x^2 \cdot \sum y - \sum xy \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = -600.550.893$$

Melalui perhitungan persamaan garis lurus di atas diperoleh persamaan $y = 299.471x - 600.550.893$, yang dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan impor fenol di Indonesia pada tahun 2020. Dengan persamaan garis lurus tersebut didapatkan prediksi jumlah kebutuhan fenol di Indonesia sebesar 4.380.527 kg/tahun atau 4.381 ton/tahun.

3. Data Konsumsi

Fenol banyak dimanfaatkan untuk pembuatan Bisphenol-A 30%, resin Fenolic 43%, Kaprolaktam 15%, anilin 7% dan alkil fenol 5% dari fenol. Namun di Indonesia hanya ada pabrik pembuatan Bisphenol-A, Resin Fenolic dan Anilin. Maka data konsumsi fenol terdapat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3. 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	10.428
2	PT. Dynea Mugi Indonesia	Resin Fenolic	Kawasan Industri Medan (KIM), Jln. Yos Sudarso Km. 10.5, Mabar, Medan, Sumatera Utara	10.000
3	PT. Intan Wijaya Internasional	Resin Fenolic	Jln. Yos Sudarso, Banjarmasin, Kalimantan Selatan	71.600
4	PT. Susel Prima Permai	Resin Fenolic	Jln. Lingkaran I Dempo Dalam No. 304-DEF 15 Ilir, Palembang, Sumatera Selatan	14.000
5	PT. Superin Utama Adhesive	Resin Fenolic	Jln. Jenderal Sudirman Kav. 47-48	12.000
6	PT. Binajaya Rodakarya	Resin Fenolic	Jln. Letjen. S. Parman Kav. 62-63, Slipi, Jakarta Barat	12.000
7	PT. Perawang Perkasa Industri	Resin Fenolic	Jln. Raya Perawang, Desa Perawang, Siak, Bengkalis, Pekanbaru, Riau	21.000
8	PT. Lakosta Indah	Resin Fenolic	Mangkujenang, Palaran, Samarinda, Kalimantan Timur	40.000
9	PT. Korindo Abadi	Resin Fenolic	Jln. Sungai Lekop Km. 23 Kijang, Tanjung Pinang, Riau	40.000
10	PT. Meranti Mustika	Resin Fenolic	Jln. Ade Irma Suryani (AIS) Nasution No. 33, Sampit, Kalimantan Tengah	22.200
11	PT. Continental Solvido	Resin Fenolic	Jln. Raya Merak Km 118 Ds. Gerem Grogol	14.500
12	PT. Duta Pertiwi Nusantara	Resin Fenolic	Jln. Laksda Adi Sucipto Km. 10.06, Pontianak, Kalimantan Barat	18.000
13	PT. Arjuna Utama Kimia	Resin Fenolic	Jln. Rungkut Industri I No. 18-22, Surabaya, Jawa Timur	43.000
14	PT. Sabak Indah	Resin Fenolic	Jln. Kol. Abunjani No. 168, Jambi	60.000
Total				388.728
Total Kebutuhan Resin Fenolic 43% dari Fenol				167.153

Lanjutan Tabel 1.3.

No	Nama Pabrik	Produk	Alamat	Kapasitas Produksi (Ton/tahun)
1	PT. Inti Everspring Indonesia	Anilin	Jln. Raya Selira Km. 12, Banten	1.700
2	PT. Clariant Indonesia	Anilin	Jln. Gatot Subroto Km. 4 Kali Sabi No. 1, Kec. Jati Uwung, Tangerang, Banten	21.927
3	PT. Dystar Colour Indonesia	Anilin	Krakatau Industrial Estate Cilegon, Cilegon, Banten	3.000
4	PT. Multikimia Intipelangi	Anilin	Desa Ganda Mekar, Kec. Cibitung, Bekasi, Jawa Barat	500
Total				27.127
Total Kebutuhan Anilin 7% dari Fenol				1.899
1	PT. Indo Nan Pao Resin Chemical	Bisphenol-A	Desa Gandasari, Jati Uwung, Tangerang, Banten	12.000
2	PT. Phodia	Bisphenol-A	Jln. HR Rasuna Said 5 12940 Jakarta Selatan	20.000
Total				32.000
Total Kebutuhan Bisphenol-A 30% Fenol				9.600
Sumber : http://daftarperusahaanindonesia.com/				

Jadi, jumlah kebutuhan fenol di Indonesia berjumlah 167.153 ton/tahun + 1.899 ton/tahun + 9.600 ton/tahun = 178.652 ton/tahun.

4. Data Produksi

Pabrik fenol di Indonesia yang sudah banyak beroperasi di Indonesia. Tercatat hanya ada 4 pabrik fenol yang beroperasi dengan kapasitas masing-masing adalah:

Tabel 1.4. 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
Total			125.250

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

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

E. Kapasitas Rancangan

Kapasitas produksi suatu pabrik ditentukan berdasarkan kebutuhan konsumsi produk dalam negeri, data impor, data ekspor, serta data produksi yang telah ada, sebagaimana dapat dilihat dari berbagai sumber, misalnya dari Biro Pusat Statistik, dari biro ini dapat diketahui kebutuhan akan suatu produk untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dari data industri yang telah ada. Berdasarkan data- data ini, kemudian ditentukan besarnya kapasitas produksi. Maka peluang kapasitas pendirian pabrik fenol di tahun 2020 dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$PKPP = JK + EKS - IMP - PDN$$

PKPP = Peluang Kapasitas Pendirian Pabrik Tahun 2020 (Ton)

JK = Jumlah Kebutuhan Fenol (Ton)

EKS = Jumlah Ekspor Fenol Tahun 2020 (Ton)

IMP = Jumlah Impor Fenol Tahun 2020 (Ton)

PDN = Jumlah Produksi Dalam Negeri fenol (Ton)

$$\mathbf{PKPP = JK + EKS - IMP - PDN}$$

$$\mathbf{PKPP = 178.652\ ton + 4.381\ ton - 26.119\ ton - 125.250\ ton}$$

$$\mathbf{PKPP = 31.664\ ton}$$

Berdasarkan peluang pendirian pabrik yang telah dihitung, maka diputuskan akan dibuat pra-perancangan pabrik fenol dengan kapasitas 30.000 ton/tahun.

F. Lokasi Pabrik

Untuk menentukan lokasi pendirian suatu pabrik, perlu diperhatikan beberapa pertimbangan yang menentukan keberhasilan dan kelangsungan kegiatan industri pabrik tersebut, baik produksi maupun distribusinya. Oleh karena itu pemilihan lokasi pabrik harus memiliki pertimbangan tentang biaya distribusi dan biaya produksi yang minimum agar pabrik dapat terus beroperasi dengan keuntungan yang maksimal. Faktor-faktor lain selain biaya yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pabrik adalah diantaranya adalah ketersediaan bahan baku, transportasi, utilitas, lahan dan tersedianya tenaga kerja. Berdasarkan pertimbangan di atas, maka lokasi pabrik fenol dipilih di daerah cilegon propinsi banten.

Untuk prarancangan pabrik fenol ini, dipilih lokasi Jl Raya Bojonegara Kav 162, Cilegon, 42454, Indonesia (Provinsi Banten) tertera pada Gambar 1.3. Daerah ini merupakan daerah yang umum menjadi lokasi pabrik, dimana telah banyak berdiri pabrik–pabrik industri di kawasan ini. Selain dekat dengan bahan baku yang diperoleh dari pabrik dimana mayoritas alamat supplier bahan baku berasal dari Provinsi Banten, dan sekitar Jakarta. Oleh karena itu Jl Raya Bojonegara Kav 162, Cilegon, 42454, Indonesia (Provinsi Banten) ini merupakan tempat yang strategis untuk dijadikan sebagai lokasi pendirian pabrik fenol. Selain itu juga akan dibahas pada sub bab berikutnya bahwa lokasi ini memiliki potensi pasar yang besar dalam penggunaan fenol.



Gambar 1.3. Lokasi Pabrik
Google Maps - ©2016 Google

Lokasi ini dipilih dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut :

1. Penyediaan bahan baku

Sumber bahan baku adalah salah satu faktor terpenting dalam pemilihan lokasi pabrik terlebih dahulu jika bahan yang dikonsumsi dalam jumlah

besar, sebab sumber bahan baku yang dekat dengan lokasi pabrik dapat memperkecil biaya transportasi atau pengangkutan bahan. Untuk bahan baku utama pabrik fenol yang berupa *cumene hydroperoxide* di impor PT. Haihang Industry Company dari China. Bahan-bahan seperti H_2SO_4 dapat diperoleh dari PT. *Indonesian Acid Industry* yang memproduksi H_2SO_4 sebanyak 82.500 ton/tahun. Sedangkan NH_4OH dapat diperoleh dari PT. *Insoclay Acidatama Indonesia*.

2. Fasilitas transportasi

Pengaruh faktor transportasi terhadap lokasi pabrik meliputi pengangkutan bahan baku, bahan bakar, bahan pendukung dan pemasaran produk yang dihasilkan. Untuk mempermudah pengangkutan bahan baku, bahan pendukung dan produk yang dihasilkan maka lokasi pabrik harus berada di daerah yang mudah dijangkau oleh kendaraan-kendaraan besar, misalnya dekat dengan badan utama jalan raya yang menghubungkan kota-kota besar, dan pelabuhan sehingga tidak perlu untuk membuat jalan khusus. Di Propinsi Banten dilalui jalur darat berupa jalan raya untuk keperluan pemasaran produk fenol.

3. Unit Pendukung

Fasilitas pendukung berupa air, listrik dan bahan bakar, tersedia cukup memadai, karena daerah Merak-Banten merupakan kawasan industri. Sumber air diperoleh dari DAS Cidanau yang mempunyai kapasitas 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

Lokasi Merak (Banten) telah ditetapkan pemerintah sebagai kawasan industri. Sehingga, pendirian pabrik di kawasan ini tidak akan menimbulkan masalah lingkungan dan adaptasi masyarakat yang tinggal di dekat lokasi pabrik tersebut.

BAB II

DESKRIPSI PROSES

Fenol merupakan zat bening yang beracun dengan bau yang khas. Nama lain dari *hydroxybenzene*, *carbolic* atau *phenic acid* dengan rumus kimianya C_6H_5OH dan memiliki struktur grup hidroksil (-OH) yang terikat dengan sebuah cincin phenyl: yang juga merupakan senyawa aromatik. Fenol dapat dibuat dari oksidasi parsial benzena atau asam benzoat, dengan proses cumene atau dengan proses Raschig. Dapat juga ditemukan sebagai produk dari oksidasi batu.

Fenol merupakan bahan kimia yang diperkenalkan pertama kalinya oleh ahli bedah berkebangsaan Inggris bernama Joseph Lister sebagai antiseptik rumah sakit. Kemudian perkembangan fenol berlanjut hingga tahun 1834 di mana F. Runge berhasil menemukan fenol sebagai senyawa aromatik yaitu senyawa yang memiliki bau atau aroma yang khas.

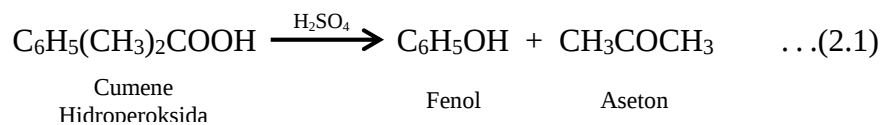
Fenol pertama kali diproduksi secara komersial oleh Bayer dan Monsanto pada tahun 1900 dengan mereaksikan benzenesulfonat dengan NaOH. Namun proses tersebut sudah lama ditinggalkan karena mahalnya bahan baku dan kecilnya produk fenol yang dihasilkan. Kini produksi fenol secara komersial didominasi dengan proses dekomposisi *cumene hydroperoxide*

A. Jenis-jenis proses pembuatan Fenol

Secara umum, Proses pembuatan fenol dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain:

1. Pembuatan Fenol dari *Cumene Hidroperoxide*

Saat ini proses produksi Fenol menggunakan bahan baku cumene adalah proses pembuatan fenol yang paling banyak digunakan. Menurut data yang diperoleh pada tahun 2008 lebih dari 97% produksi fenol di dunia diproduksi dengan proses ini. Pada proses ini *Cumene Hydroperoxide* yang terbentuk dengan cepat terdekomposisi menjadi fenol dan aseton, dengan menggunakan katalis asam kuat. Reaksi dari pembentukan fenol dari *cumene hydroperoxide* adalah sebagai berikut:

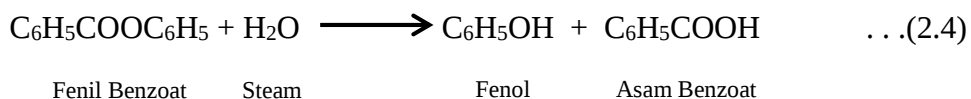
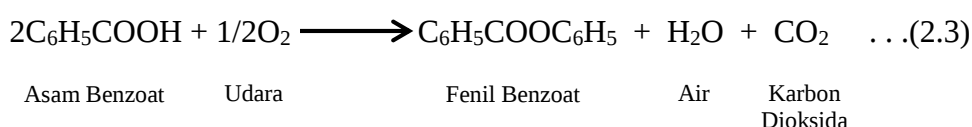
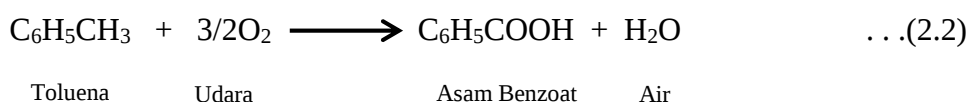


Pada proses ini reaksi pemecahan *cumene hydroperoxide* menjadi fenol dan aseton pada suhu optimal 78°C pada tekanan 1 atm dengan *Yield* proses 98%. Reaksi dijalankan pada suasana asam dengan menggunakan asam sulfat yang berfungsi sebagai katalis dengan konsentrasi 98%. (Kirk & Othmer, 1996; Walas, 1988)

2. Pembentukan fenol dari Toluene-Asam Benzoat

Oksidasi Toluena menjadi fenol telah digunakan oleh *Dow Chemical Corporation*, di kalama, Washington, *Dow Canada Ltd* di hadner, British Columbia British Columbia dan di Rosenberg, Netherland (*Dutch State Mines*). Proses ini terdiri atas tiga tahap. Pertama, oksidasi toluena dengan

udara dan digunakan katalisator *cobalt benzoate* yang akan menghasilkan asam benzoat. Pada tahap ini terjadi Reaktor beroperasi pada suhu 121-177°C dan tekanan 2 atm dan konsentrasi katalis sebesar 0,1-0,3% berat. Pada proses ini, *yield* reaksi yang didapat sebesar 68% terhadap Toluena. Sedangkan proses kedua adalah oksidasi asam benzoat menggunakan oksigen yang terdapat didalam udara dengan menggunakan katalisator *copper benzoate* dan dengan adanya *steam* mennghasilkan fenol. Pada reaksi tahap kedua reaksi terjadi pada suhu 234°C dan tekanan 1,5 atm. Tahap ketiga dari proses toluen-asam benzoat, fenil benzoat menggunakan steam menghasilkan fenol. Proses ini berlangsung pada suhu 200°C dan tekanan atmosferis. *Yield* proses fenol yang didapat terhadap asam benzoat sebesar 88% (Kirk & Othmer, 1996). Persamaan reaksi oksidasi toluena-asam benzoat menjadi fenol adalah sebagai berikut:



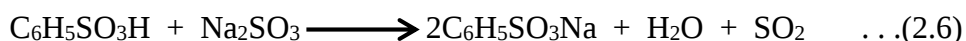
3. Pembuatan fenol dengan proses sulfonasi benzena

Pada proses sulfonasi benzena, benzena disulfonasi menggunakan asam sulfat menjadi asam benzena sulfonat pada suhu 150°C. Kemudian asam benzena sulfonat dinetralisasi menggunakan natrium sulfit menjadi natrium benzena sulfonat. Natrium benzena sulfonat direaksikan dengan kaustik

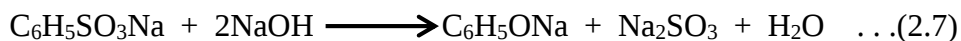
soda untuk menghasilkan natrium fenat pada suhu 380°C. Fenol didapatkan melalui pengasaman larutan natrium fenat dengan *yield* proses 88% terhadap benzena (Kirk & Othmer, 1996). Reaksi secara keseluruhan yang terjadi adalah sebagai berikut:



Benzena Asam Sulfat Benzen Sulfonat Air



Benzen Sulfonat Natrium Sulfit Natrium Benzen Sulfonat Air Sulfur Dioksida



Natrium Benzen Sulfonat Natrium Hidroksida Natrium Fenat Natrium Sulfit Air



Natrium Fenat Sulfur Dioksida Air Fenol Natrium Sulfit

Secara umum, proses ini menggunakan tipe proses *batch* karena reaksi pada fusionator sangat lambat. Waktu tinggal reaktor yang dibutuhkan pada proses tersebut ialah 5 hingga 6 jam.

4. Pembuatan Fenol dari klorobenzen dan NaOH

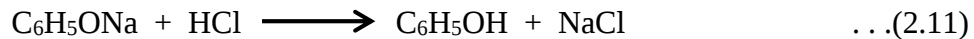
Pada proses ini klorobenzen di klorinasi dari benzena dan gas klorin pada suhu 38-60°C dengan bantuan katalis FeCl₃, kemudian hidrolisis menggunakan NaOH membentuk natrium fenat pada suhu 400°C dan tekanan 2,56 kPa (260 atm). pada reaksi pembentukan fenol melalui proses ini menggunakan suhu tinggi sekitar 140-160°C dan tekanan sekitar 25 atm. *Yield* proses fenol terhadap klorobenzena sebesar 82% (Kirk & Othmer, 1996). Reaksi secara keseluruhan yang terjadi adalah sebagai berikut:



Benzena Klorin Kloro Benzena



Kloro Benzena Natrium Hidroksida Natrium Fenat Air Natrium Klorida



Natrium Fenat Asam Klorida Fenol Natrium Klorida

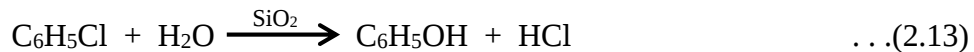
5. Pembuatan Fenol dari oksiklorinasi Benzena (Proses *Raschig*)

Proses ini pertama kali dilakukan pada tahun 1932 oleh *Khoene-Poulenc*.

Reaksi klorinasi benzena menggunakan asam klorida dan udara dengan katalis besi dan tembaga klorida berlangsung pada suhu 200-260°C menghasilkan klorobenzena. Klorobenzena dihidrolisa pada *furnace* dengan suhu 480°C dengan katalis SiO₂ dan membentuk fenol. HCl yang terbentuk pada proses ini kemudian di-*recycle*. *Yield* proses fenol terhadap benzena yang didapat sebesar 90% (Kirk & Othmer, 1996). Reaksi secara keseluruhan yang terjadi adalah sebagai berikut:



Benzena Asam Klorida Udara Kloro Benzena Air



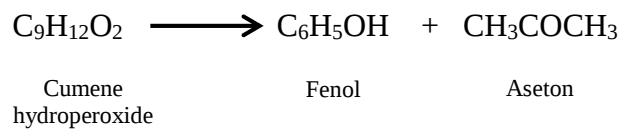
Kloro Benzena Air Fenol Asam Klorida

B. Pemilihan Proses

1. Pembuatan Fenol dari *Cumene Hydroperoxide*

a. Tinjauan termodinamika

Tinjauan secara termodinamika bertujuan untuk mengetahui apakah reaksi bersifat endotermis atau eksotermis. Penentuan panas reaksi yang berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$. Reaksi yang terjadi adalah :



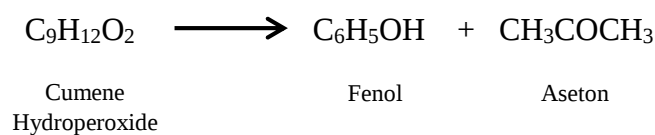
Jika ditinjau dari segi reaksinya, yaitu dengan cara memperhitungkan nilai energi bebas Gibbs pada keadaan standar (ΔG^0) dan panas reaksi pembentukan standar (ΔH_f^0). Nilai ΔH_f^0 dan ΔG^0 pada bahan baku utama dan produk seperti $\text{C}_9\text{H}_{12}\text{O}_2$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ dan CH_3COCH_3 dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Nilai ΔH_f^0 dan ΔG^0 $\text{C}_9\text{H}_{12}\text{O}_2$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ dan CH_3COCH_3

Komponen	Rumus Molekul	ΔH_f^0 (kJ/gmol)	ΔG^0 (kJ/gmol)
Fenol	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}_{(l)}$	-96,4	-32,5
Aseton	$\text{CH}_3\text{COCH}_3_{(l)}$	-217,1	-152,6
CHP	$\text{C}_9\text{H}_{12}\text{O}_2_{(l)}$	-78,4	96

Sumber : Yaws, Carl L.

Reaksi yang terjadi antara lain :



$$\begin{aligned}
\Delta H_f^0 &= \Delta H_f^0 \text{ produk} - \Delta H_f^0 \text{ reaktan} \\
&= [(1 \text{ gmol} \times (-217,1 \text{ kJ/gmol})) + (1 \text{ gmol} \times (-96,4 \text{ kJ/gmol}))] \\
&\quad - (1 \text{ gmol} \times (-78,4 \text{ kJ/gmol})) \\
&= -235,10 \text{ kJ}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta G^0 &= \Delta G^0 \text{ produk} - \Delta G^0 \text{ reaktan} \\
&= [(1 \text{ gmol} \times (-152,6 \text{ kJ/gmol})) + (1 \text{ gmol} \times (-32,5 \text{ kJ/gmol}))] \\
&\quad - (1 \text{ gmol} \times 96 \text{ kJ/gmol}) \\
&= -281,1 \text{ kJ}
\end{aligned}$$

Berdasarkan nilai ΔG^0 yang telah didapatkan sebesar -281,1 kJ menunjukkan bahwa reaksi pembentukan fenol dari *cumene hydroperoxide* dapat berlangsung tanpa membutuhkan energi yang besar, karena diinginkan nilai $\Delta G^0 < 0$ agar tidak membutuhkan energi berupa panas yang terlalu besar (konsumsi energi kecil).

b. Tinjauan Ekonomi

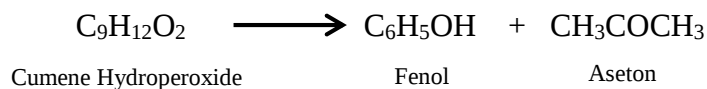
Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui potensial ekonomi (EP) berdasarkan perhitungan ekonomi kasar pembelian bahan baku dan penjualan produk

Tabel 2.2. Data bahan baku dan produk proses *cumene hydroperoxide*

Komponen	Rumus Molekul	Berat molekul (kg/kmol)	Harga (\$/kg)	Harga (\$/kmol)
CHP	C ₉ H ₁₂ O ₂	152,19	1,190	181,106
Fenol	C ₆ H ₅ OH	94,11	1,984	186,714
Aseton	C ₃ H ₆ O	58,08	1,808	105,009

Sumber: <http://www.icis.com/chemicals/channel-info-chemicals-a-z/>, 2016

Reaksi yang terjadi pada proses cumene adalah sebagai berikut:



Persamaan untuk mendapatkan ekonomi potensial dari proses ini adalah sebagai berikut:

$$\text{EP} = (\text{total harga produk}) - (\text{total harga bahan baku})$$

$$\text{EP} = (\text{harga CO(CH}_3)_2 + \text{harga C}_6\text{H}_5\text{OH}) - (\text{harga C}_9\text{H}_{12}\text{O}_2)$$

$$\text{EP} = [(105,009 + 186,714) - (181,106)] \text{ \$/kmol}$$

$$\text{EP} = 110,617 \text{ \$/kmol}$$

Kemudian dari reaksi yang terjadi dalam proses *Cumene Hydroperoxide*, didapatkan mol masing-masing reaktan dan produk yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Mol bahan baku dan produk proses *Cumene Hydroperoxide*

Komponen	Rumus Molekul	N	Berat molekul (kg/kmol)
CHP	$\text{C}_9\text{H}_{12}\text{O}_2$	1	152,19
Fenol	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	1	94,11
Aseton	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	1	58,08

$$\text{Basis : 1 kg C}_6\text{H}_5\text{OH terbentuk} = \frac{1 \text{ kg}}{94,11 \text{ kg/kmol}} = 0,0106 \text{ kmol}$$

$$\text{Dik : X} = 0,98$$

(Kirk & Othmer, 1996; Mc Ketta, 1987)

Material	Rumus Molekul	Berat molekul (kg/kmol)	Massa		Harga (\$/kg)
			Kmol	kg	
CHP	$\text{C}_9\text{H}_{12}\text{O}_2$	152,19	0,0108	1,650	1,190
Fenol	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	94,11	0,0106	1,000	1,984
Aseton	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	58,08	0,0106	0,617	1,808

- Harga penjualan produk utama dan produk samping :

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} = 1 \text{ kg} \times \$ 1,984 = \$ 1,984$$

$$\text{C}_3\text{H}_6\text{O} = 0,617 \text{ kg} \times \$ 1,808 = \$ 1,116$$

$$\text{Total harga penjualan} = \$ 3,100$$

- Biaya pembelian bahan baku :

$$\text{C}_9\text{H}_{12}\text{O}_2 = 1,650 \text{ kg} \times \$ 1,190 = \$ 1,964$$

$$\text{Total harga penjualan} = \$ 1,964$$

- Profit/keuntungan = harga penjualan produk

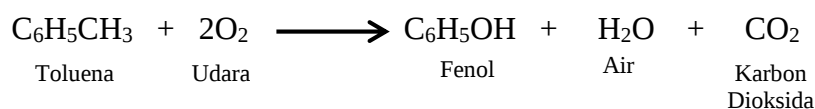
– biaya pembelian bahan baku

$$= \$ 3,100 - \$ 1,964 = \$ 1,136$$

2. Pembuatan Fenol dari Toluena-Asam Benzoat

a. Tinjauan termodinamika

Tinjauan secara termodinamika bertujuan untuk mengetahui apakah reaksi bersifat endotermis atau eksotermis. Penentuan panas reaksi yang berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$. Reaksi yang terjadi adalah :



Jika ditinjau dari segi reaksinya, yaitu dengan cara memperhitungkan nilai energi bebas Gibbs pada keadaan standar (ΔG^0) dan panas reaksi pembentukan standar (ΔH_f^0). Nilai ΔH_f^0 dan ΔG^0 pada bahan baku

penunjang seperti H₂O, CO₂, C₆H₅OH dan C₆H₅CH₃ dapat dilihat pada Tabel 2.4.

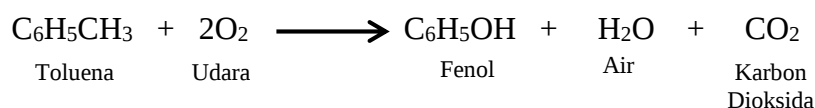
Tabel 2.4. Nilai ΔH_f^0 H₂O, CO₂, C₆H₅OH dan C₆H₅CH₃

Komponen	Komponen	ΔH_f^0 (kJ/gmol)	ΔG^0 (kJ/gmol)
Air	H ₂ O (l)	-285,830	-237,129
Karbon Dioksida	CO ₂ (g)	-393,509	-394,359
Toluena	C ₇ H ₈ (l)*	50,200	122,300
Fenol	C ₆ H ₅ OH (l)*	-96,400	-32,500

Sumber : Smith, J.M., Ed.6th, 2001, Appx. C4, Tabel C.4

*Yaws, Carl L.

Reaksi yang terjadi antara lain :



$$\begin{aligned}
 \Delta H_f^0 &= \Delta H_f^0 \text{ produk} - \Delta H_f^0 \text{ reaktan} \\
 &= [(1 \text{ gmol} \times (-393,509 \text{ kJ/gmol})) + (1 \text{ gmol} \times (-285,83 \text{ kJ/gmol})) \\
 &\quad + (1 \text{ gmol} \times (-96,4 \text{ kJ/gmol}))] - [(1 \text{ gmol} \times 50,2 \text{ kJ/gmol})] \\
 &= -787,919 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0 &= \Delta G^0 \text{ produk} - \Delta G^0 \text{ reaktan} \\
 &= [(1 \text{ gmol} \times (-394,359 \text{ kJ/gmol})) + (1 \text{ gmol} \times (-237,129 \text{ kJ/gmol})) \\
 &\quad + (1 \text{ gmol} \times (-32,50 \text{ kJ/gmol}))] - [(1 \text{ gmol} \times 122,300 \text{ kJ/gmol})] \\
 &= -777,618 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai ΔG^0 yang telah didapatkan sebesar -777,618 kJ menunjukkan bahwa reaksi pembentukan fenol dari oksidasi Toluena dapat berlangsung tanpa membutuhkan energi yang besar, karena diinginkan nilai $\Delta G^0 < 0$ agar tidak membutuhkan energi berupa panas yang terlalu besar (konsumsi energi kecil).

b. Tinjauan Ekonomi

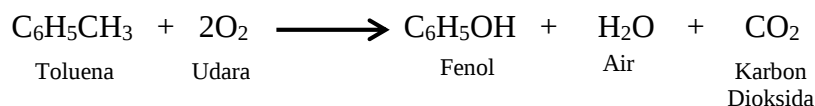
Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui potensial ekonomi (EP) berdasarkan perhitungan ekonomi kasar pembelian bahan baku dan penjualan produk.

Tabel 2.5. Data bahan baku dan produk proses oksidasi toluena

Material	Rumus Molekul	Berat molekul (kg/kmol)	Harga (\$/kg)	Harga (\$/kmol)
Toluena	C ₆ H ₅ CH ₃	92,14	1,200	110,568
Fenol	C ₆ H ₅ OH	94,11	1,984	186,714

Sumber: <http://www.icis.com/chemicals/channel-info-chemicals-a-z/>, 2016

Reaksi yang terjadi pada proses oksidasi toluena adalah sebagai berikut:



Persamaan untuk mendapatkan ekonomi potensial dari proses ini adalah sebagai berikut:

$$\text{EP} = (\text{total harga produk}) - (\text{total harga bahan baku})$$

$$\text{EP} = (\text{harga C}_6\text{H}_5\text{OH}) - (\text{harga C}_6\text{H}_5\text{CH}_3)$$

$$\text{EP} = [(186,714) - (110,568)] \text{ \$/kmol}$$

$$\text{EP} = 76,146 \text{ \$/kmol}$$

Kemudian dari reaksi yang terjadi dalam proses Oksidasi Toluena, didapatkan mol masing-masing reaktan dan produk yang dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Mol bahan baku dan produk proses oksidasi toluena

Komponen	Rumus Molekul	N	Berat molekul (kg/kmol)
Toluena	C ₇ H ₈	1	92,14
Fenol	C ₆ H ₅ OH	1	94,11

$$\text{Basis : 1 kg C}_6\text{H}_5\text{OH terbentuk} = \frac{1 \text{ kg}}{94,11 \text{ kg/kmol}} = 0,0106 \text{ kmol}$$

Dik : X = 0,88

(Kirk & Othmer, 1996; Mc Ketta, 1987)

Material	Rumus Molekul	Berat molekul (kg/kmol)	Massa		Harga (\$/kg)
			kmol	kg	
Toluena	C ₇ H ₈	92,14	0,0121	1,113	1,200
Fenol	C ₆ H ₅ OH	94,11	0,0106	1,000	1,984

- Harga penjualan produk utama dan produk samping :

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} = 1 \text{ kg} \times \$ 1,984 = \$ 1,984$$

$$\text{Total harga penjualan} = \$ 1,984$$

- Biaya pembelian bahan baku :

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 = 1,113 \text{ kg} \times \$ 1,20 = \$ 1,335$$

$$\text{Total harga penjualan} = \$ 1,335$$

- Profit/keuntungan = harga penjualan produk

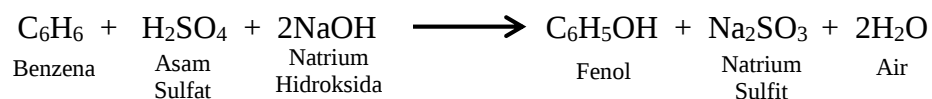
– biaya pembelian bahan baku

$$= \$ 1,984 - \$ 1,335 = \$ 0,649$$

3. Pembuatan Fenol dari proses sulfonasi benzena

a. Tinjauan termodinamika

Tinjauan secara termodinamika bertujuan untuk mengetahui apakah reaksi bersifat endotermis atau eksotermis. Penentuan panas reaksi yang berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH°_f) pada P = 1 atm dan T = 298 K. Reaksi yang terjadi adalah :



Jika ditinjau dari segi reaksinya, yaitu dengan cara memperhitungkan nilai energi bebas Gibbs pada keadaan standar (ΔG^0) dan panas reaksi pembentukan standar (ΔH_f^0). Nilai ΔH_f^0 dan ΔG^0 pada bahan baku dan produk seperti H_2SO_4 , $NaOH$, H_2O , Na_2SO_3 , C_6H_5OH dan C_6H_6 dapat dilihat pada Tabel 2.7.

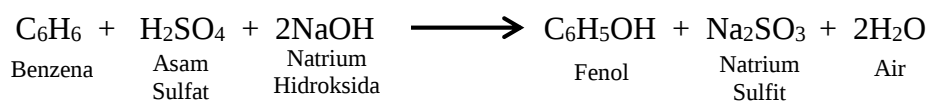
Tabel 2.7. Nilai ΔH_f^0 H_2SO_4 , $NaOH$ H_2O , Na_2SO_3 dan C_6H_6

Komponen	Rumus Molekul	ΔH_f^0 (kJ/gmol)	ΔG^0 (kJ/gmol)
Asam Sulfat	H_2SO_4 (l)	-813,989	-690,00
Caustik Soda	$NaOH$ (s)	-425,609	-379,494
Air	H_2O (l)	-285,830	-237,129
Sodium Sulfit	Na_2SO_3 (l)	-1.385.000	-1.270.200
Benzena	C_6H_6 (l)*	49,080	124,520
Fenol	C_6H_5OH (l)*	-96,4	-32,5

Sumber : Smith, J.M., Ed.6th, 2001, Appx. C4, Tabel C.4

*Yaws, Carl L.

Reaksi yang terjadi antara lain :



$$\begin{aligned}
 \Delta H_f^0 &= \Delta H_f^0 \text{ produk} - \Delta H_f^0 \text{ reaktan} \\
 &= [(2 \text{ gmol} \times (-285,830 \text{ kJ/gmol})) + (1 \text{ gmol} \times (-1.385, \text{ kJ/gmol})) \\
 &\quad + (1 \text{ gmol} \times (-96,48 \text{ kJ/gmol}))] - [(1 \text{ gmol} \times 49,080 \text{ kJ/gmol}) \\
 &\quad + (1 \text{ gmol} \times (-813,989) + (2 \text{ gmol} \times (-425,609)))] \\
 &= - 437,013 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0 &= \Delta G^0 \text{ produk} - \Delta G^0 \text{ reaktan} \\
 &= [(2 \text{ gmol} \times (-237,129 \text{ kJ/gmol})) + (1 \text{ gmol} \times (-1.270,2 \text{ kJ/gmol})) \\
 &\quad + (1 \text{ gmol} \times (-32,94 \text{ kJ/gmol}))] - [(1 \text{ gmol} \times 124,520 \text{ kJ/gmol}) \\
 &\quad + (1 \text{ gmol} \times (-690,00 \text{ kJ/gmol}) + (2 \text{ gmol} \times (-379,494 \text{ kJ/gmol})))] \\
 &= - 452,927 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai ΔG^0 yang telah didapatkan sebesar -452,927 kJ menunjukkan bahwa reaksi pembentukan fenol dari sulfonasi Benzena dapat berlangsung tanpa membutuhkan energi yang besar, karena diinginkan nilai $\Delta G^0 < 0$ agar tidak membutuhkan energi berupa panas yang terlalu besar (konsumsi energi kecil).

b. Tinjauan Ekonomi

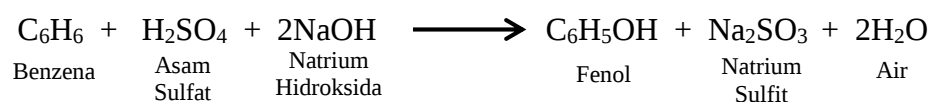
Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui potensial ekonomi (EP) berdasarkan perhitungan ekonomi kasar pembelian bahan baku dan penjualan produk.

Tabel 2.8. Data bahan baku dan produk proses Sulfonasi Benzena

Komponen	Rumus Molekul	Berat molekul (kg/kmol)	Harga (\$/kg)	Harga (\$/kmol)
Benzena	C ₆ H ₆	78,11	1,3500	105,449
Asam Sulfat	H ₂ SO ₄	98,08	0,3000	29,424
Soda Kaustik	NaOH	39,99	0,5460	21,835
Fenol	C ₆ H ₅ OH	94,11	1,9840	186,714
Natrium Sulfit	Na ₂ SO ₃	126,04	0,2800	35,291

Sumber: <http://www.icis.com/chemicals/channel-info-chemicals-a-z/>, 2016

Reaksi yang terjadi pada proses Sulfonasi Benzena adalah sebagai berikut:



Persamaan untuk mendapatkan ekonomi potensial dari proses ini adalah sebagai berikut:

$$\text{EP} = (\text{total harga produk}) - (\text{total harga bahan baku})$$

$$\text{EP} = (\text{harga Na}_2\text{SO}_3 + \text{harga C}_6\text{H}_5\text{OH})$$

$$- (\text{harga C}_6\text{H}_6 + 2 \times \text{harga NaOH} + \text{harga H}_2\text{SO}_4)$$

$$EP = [(35,291 + 186,714) - (105,449 + (2 \times 21,835) + 29,424)] \text{ \$/kmol}$$

$$EP = 43,464 \text{ \$/kmol}$$

Kemudian dari reaksi yang terjadi dalam proses Sulfonasi Benzena, didapatkan mol masing-masing reaktan dan produk yang dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9. Mol bahan baku dan produk proses Sulfonasi Benzena

Komponen	Rumus Molekul	N	Berat molekul (kg/kmol)
Benzena	C ₆ H ₆	1	78,11
Asam Sulfat	H ₂ SO ₄	1	98,08
Soda Kaustik	NaOH	2	39,99
Fenol	C ₆ H ₅ OH	1	94,11
Sodium Sulfit	Na ₂ SO ₃	1	126,04

$$\text{Basis : 1 kg C}_6\text{H}_5\text{OH terbentuk} = \frac{1 \text{ kg}}{94,11 \text{ kg/kmol}} = 0,0106 \text{ kmol}$$

$$\text{Dik : } X = 0,88$$

(Kirk & Othmer, 1996; Mc Ketta, 1987)

Komponen	Rumus Molekul	Berat molekul (kg/kmol)	Massa		Harga (\$/kg)
			kmol	Kg	
Benzena	C ₆ H ₆	78,11	0,0121	0,943	1,3500
Asam Sulfat	H ₂ SO ₄	98,08	0,0121	1,184	0,3000
Soda Kaustik	NaOH	39,99	0,0241	0,966	0,5460
Fenol	C ₆ H ₅ OH	94,11	0,0106	1,000	1,9840
Natrium Sulfit	Na ₂ SO ₃	126,04	0,0106	1,339	0,2800

- Harga penjualan produk utama dan produk samping :

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} = 1 \text{ kg} \times \$ 1,984 = \$ 1,800$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_3 = 1,339 \text{ kg} \times \$ 0,280 = \$ 0,375$$

$$\text{Total harga penjualan} = \$ 2,359$$

Komponen	Komponen	ΔH^0_f (kJ/gmol)	ΔG^0 (kJ/gmol)
Benzena	C_6H_6	49,080	124,520
Asam Klorida	$HCl_{(l)}$	-92.307	-95.299
Caustik Soda	$NaOH_{(s)}$	-425,609	-379,494
Air	$H_2O_{(l)}$	-285,830	-237,129
Sodium Klorida	$NaCl_{(l)}$	-411.153	-384.138
Fenol	$C_6H_5OH_{(l)}^*$	-96,4	-32,5

*Yaws, Carl L.

$$\text{C}_6\text{H}_6 + \text{Cl}_2 + 3\text{NaOH} + \text{HCl} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{NaCl}$$

Benzena

Klorin

Natrium
Hidroksida

Asam
Klorida

Fenol

Air

Natrium
Klorida

$$\begin{aligned}\Delta G^0 &= \Delta G^0_{\text{produkt}} - \Delta G^0_{\text{reaktan}} \\ &= [(3 \text{ g mol} \times (-384,138 \text{ kJ/g mol})) + (2 \text{ g mol} \times (-237,129 \text{ kJ/g mol})) \\ &\quad + (1 \text{ g mol} \times (-32,94 \text{ kJ/g mol}))] - [(1 \text{ g mol} \times 124,52 \text{ kJ/g mol}) \\ &\quad + (2 \text{ g mol} \times (-379,494 \text{ kJ/g mol}) + (1 \text{ g mol} \times (-95,299 \text{ kJ/g mol}))] \\ &= -278,932 \text{ kJ}\end{aligned}$$

32

diinginkan nilai $\Delta G^0 < 0$ agar tidak membutuhkan energi berupa panas yang terlalu besar (konsumsi energi kecil).

b. Tinjauan Ekonomi

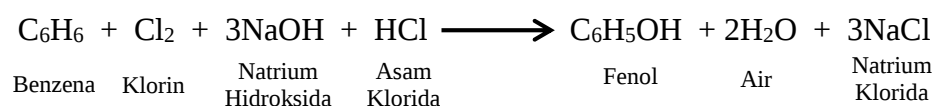
Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui potensial ekonomi (EP) berdasarkan perhitungan ekonomi kasar pembelian bahan baku dan penjualan produk.

Tabel 2.11. Data bahan baku dan produk proses klorobenzen

Komponen	Rumus Molekul	Berat molekul (kg/kmol)	Harga (\$/kg)	Harga (\$/kmol)
Benzena	C ₆ H ₆	78,11	1,3500	105,449
Asam Klorida	HCl	36,46	0,2600	9,480
Soda Kaustik	NaOH	39,99	0,5460	21,835
Fenol	C ₆ H ₅ OH	94,11	1,9840	186,714
Natrium Klorida	NaCl	58,44	0,1500	8,766

Sumber: <http://www.icis.com/chemicals/channel-info-chemicals-a-z/>, 2016

Reaksi yang terjadi pada proses klorobenzena adalah sebagai berikut:



Persamaan untuk mendapatkan ekonomi potensial dari proses ini adalah sebagai berikut:

$$\text{EP} = (\text{total harga produk}) - (\text{total harga bahan baku})$$

$$\text{EP} = (3 \times \text{harga NaCl} + \text{harga C}_6\text{H}_5\text{OH})$$

$$- (\text{harga C}_6\text{H}_6 + 3 \times \text{harga NaOH} + \text{harga HCl})$$

$$\text{EP} = [(3 \times 26,298 + 186,714)$$

$$- (105,449 + (3 \times 21,835) + 9,480)] \text{ \$/kmol}$$

$$\text{EP} = 32,581 \text{ \$/kmol}$$

Kemudian dari reaksi yang terjadi dalam proses Klorobenzena, didapatkan mol masing-masing reaktan dan produk yang dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12. Mol bahan baku dan produk proses Klorobenzena

Komponen	Rumus Molekul	N	Berat molekul (kg/kmol)
Benzena	C ₆ H ₆	1	78,11
Asam Klorida	HCl	1	36,46
Caustik Soda	NaOH	2	39,99
Fenol	C ₆ H ₅ OH	1	94,11
Sodium Klorida	NaCl	1	58,44

$$\text{Basis : 1 kg C}_6\text{H}_5\text{OH terbentuk} = \frac{1 \text{ kg}}{94,11 \text{ kg/kmol}} = 0,0106 \text{ kmol}$$

Dik : X = 0,82

(Kirk & Othmer, 1996; Mc Ketta, 1987)

Material	Rumus Molekul	Berat molekul (kg/kmol)	Massa		Harga (\$/kg)
			kmol	kg	
Benzena	C ₆ H ₆	78,11	0,0130	1,012	1,3500
Asam Klorida	HCl	36,46	0,0130	0,472	0,2600
Caustik Soda	NaOH	39,99	0,0389	1,555	0,5460
Fenol	C ₆ H ₅ OH	94,11	0,0106	1,000	1,9840
Sodium Klorida	NaCl	58,44	0,0319	1,863	0,1500

- Harga penjualan produk utama dan produk samping :

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} = 1 \text{ kg} \times \$ 1,984 = \$ 1,984$$

$$\text{NaCl} = 1,863 \text{ kg} \times \$ 0,15 = \$ 0,279$$

$$\text{Total harga penjualan} = \$ 2,263$$

- Biaya pembelian bahan baku :

$$\text{C}_6\text{H}_6 = 1,012 \text{ kg} \times \$ 1,35 = \$ 1,366$$

$$\text{HCl} = 0,472 \text{ kg} \times \$ 0,26 = \$ 0,123$$

$$\text{NaOH} = 1,555 \text{ kg} \times \$ 0,546 = \$ 0,849$$

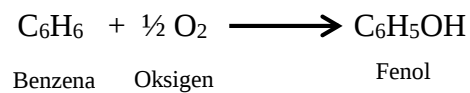
$$\text{Total harga penjualan} = \$ 2,338$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Profit/keuntungan} &= \text{ harga penjualan produk} \\
 &\quad - \text{ biaya pembelian bahan baku} \\
 &= \$ 2,263 - \$ 2,338 = \$ -0,075
 \end{aligned}$$

5. Pembuatan Fenol melalui Proses *Raschig*

a. Tinjauan termodinamika

Tinjauan secara termodinamika bertujuan untuk mengetahui apakah reaksi bersifat endotermis atau eksotermis. Penentuan panas reaksi yang berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$. Reaksi yang terjadi adalah :



Jika ditinjau dari segi reaksinya, yaitu dengan cara memperhitungkan nilai energi bebas Gibbs pada keadaan standar (ΔG^0) dan panas reaksi pembentukan standar (ΔH_f^0). Nilai ΔH_f^0 dan ΔG^0 pada C_6H_6 adalah 49,080 kJ/gmol dan 124,520 kJ/gmol. Dan Nilai ΔH_f^0 dan ΔG^0 pada $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ adalah -96,4 kJ/gmol dan -32,5 kJ/gmol

$$\begin{aligned}
 \Delta H_f^0 &= \Delta H_f^0 \text{ produk} - \Delta H_f^0 \text{ reaktan} \\
 &= [(1 \text{ gmol} \times (-96,48 \text{ kJ/gmol})) - (1 \text{ gmol} \times 49,080 \text{ kJ/gmol})] \\
 &= - 145,56 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0 &= \Delta G^0 \text{ produk} - \Delta G^0 \text{ reaktan} \\
 &= [(1 \text{ gmol} \times (-32,94 \text{ kJ/gmol})) - (1 \text{ gmol} \times (124,520 \text{ kJ/gmol}))] \\
 &= - 157,46 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai ΔG^0 yang telah didapatkan sebesar -157,460 kJ menunjukkan bahwa reaksi pembentukan fenol dengan Proses *Raschig* dapat berlangsung tanpa membutuhkan energi yang besar, karena diinginkan nilai $\Delta G^0 < 0$ agar tidak membutuhkan energi berupa panas yang terlalu besar (konsumsi energi kecil).

b. Tinjauan Ekonomi

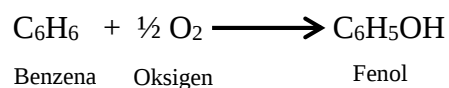
Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui potensial ekonomi (EP) berdasarkan perhitungan ekonomi kasar pembelian bahan baku dan penjualan produk.

Tabel 2.12. Data bahan baku dan produk proses *Raschig*

Komponen	Rumus Molekul	Berat molekul (kg/kmol)	Harga (\$/kg)	Harga (\$/kmol)
Benzena	C ₆ H ₆	78,11	1,350	105,449
Fenol	C ₆ H ₅ OH	94,11	1,984	186,714

Sumber: <http://www.icis.com/chemicals/channel-info-chemicals-a-z/>, 2016

Reaksi yang terjadi pada proses *Raschig* adalah sebagai berikut:



Persamaan untuk mendapatkan ekonomi potensial dari proses ini adalah sebagai berikut:

$$\text{EP} = (\text{total harga produk}) - (\text{total harga bahan baku})$$

$$\text{EP} = (\text{harga C}_6\text{H}_5\text{OH}) - (\text{harga C}_6\text{H}_6)$$

$$\text{EP} = [186,714 - 105,449] \text{ \$/kmol}$$

$$\text{EP} = 81,266 \text{ \$/kmol}$$

Kemudian dari reaksi yang terjadi dalam proses *Raschig*, didapatkan mol masing-masing reaktan dan produk yang dapat dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13. Mol bahan baku dan produk proses *Raschig*

Komponen	Rumus Molekul	N	Berat molekul (kg/kmol)
Benzena	C ₆ H ₆	1	78,11
Fenol	C ₆ H ₅ OH	1	94,11

$$\text{Basis : 1 kg C}_6\text{H}_5\text{OH terbentuk} = \frac{1 \text{ kg}}{94,11 \text{ kg/kmol}} = 0,0106 \text{ kmol}$$

Dik : X = 0,90

(Kirk & Othmer, 1996; Mc Ketta, 1987)

Komponen	Rumus Molekul	Berat molekul (kg/kmol)	Massa		Harga (\$/kg)
			Mol	kg	
Benzena	C ₆ H ₆	78,11	0,0118	0,922	1,350
Fenol	C ₆ H ₅ OH	94,11	0,0106	1,000	1,984

- Harga penjualan produk utama :

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} = 1 \text{ kg} \times \$ 1,984 = \$ 1,984$$

$$\text{Total harga penjualan} = \$ 1,984$$

- Biaya pembelian bahan baku :

$$\text{C}_6\text{H}_6 = 0,922 \text{ kg} \times \$ 1,35 = \$ 1,350$$

$$\text{Total harga penjualan} = \$ 1,350$$

- Profit/keuntungan = harga penjualan produk

– biaya pembelian bahan baku

$$= \$ 1,984 - \$ 1,350 = \$ 0,739$$

Tabel 2.14. Perbandingan Proses

No	Kondisi	<i>Cumene Hydroperoxide</i>	Oksidasi Toluena	Sulfonasi Benzena	Kloro Benzena	<i>Raschig</i>
1	Temperatur Reaktor (°C)	Reaktor 1 : 78	Reaktor 1 : 121 - 177 Reaktor 2 : 234 Reaktor 3 : 200	Reaktor 1 : 150 Reaktor 2 : 380	Reaktor 1 : 38 - 60 Reaktor 2 : 400 Reaktor 3 : 140 - 160	Reaktor 1 : 200 - 260 Reaktor 2 : 480
2	Tekanan (Atm)	Reaktor 1 : 1	Reaktor 1 : 2 Reaktor 2 : 1,5 Reaktor 3 : 1	Reaktor 1 : 1 Reaktor 2 : 1	Reaktor 1 : 1 Reaktor 2 : 260 Reaktor 3 : 25	Reaktor 1 : 1 Reaktor 2 : 1
3	Jenis Reaksi	Eksotermis	Eksotermis	Eksotermis	Eksotermis	Eksotermis
4	Jumlah Reaktor	1	3	2	3	2
5	Yield Proses	98	88	88	82	90
6	Katalis	H ₂ SO ₄	Cobalt Benzoic	-	FeCl ₃	FeCl ₃ /CuCl ₂
7	Harga Katalis	0,067 \$/kg	1 \$/kg	-	0,35 \$/kg	0,35 \$/kg
8	ΔH°_f	-316,470 Kj	-787,999 kJ	- 437,013 kJ	- 310,171 kJ	- 145,56 Kj
9	ΔG°	-322,350 Kj	-778,058 kJ	- 452,927 kJ	- 278,932 kJ	- 157,46 kJ
10	Potensial Ekonomi	110,617 \$/kmol	76,146 \$/kmol	43,464 \$/kmol	32,581 \$/kmol	81,266 \$/kmol
11	Profit penjualan 1 kg produk	\$ 1,1360	\$ 0,6489	\$ 0,2031	\$ -0,075	\$ 0,7390

Oleh karena itu berdasarkan Tabel 2.14 dengan perbandingan kelima proses untuk memproduksi Fenol yaitu proses *Cumene Hydroperoxide*, Oksidasi Toluena, Sulfonasi Benzena, Klorobenzena dan proses *Raschig* yang tercantum pada penulis memilih untuk menggunakan proses *Cumene Hydroperoxide*, dalam prarancangan pabrik Fenol.

1. Dari segi Potensial Ekonomi dan Profit Keuntungan per kg paling besar dikarenakan adanya produk samping berupa Aseton dengan harga jual 1,808 \$/kg
2. Kondisi operasi untuk proses ini tidak terlalu beresiko karena temperatur reaksi yaitu 78°C dengan tekanan operasi 1 atm.
3. Jumlah reaktor yang di butuhkan yaitu 1 buah
4. *Yield* proses yang dihasilkan sebesar 98%

C. Uraian Proses *Cumene Hidroperoxide*

Pada pembuatan fenol ini terdiri dari tiga tahap, yaitu proses Dekomposisi *Cumene Hidroperoxide*, Pemurnian dan *Recycle* sisa umpan

1. Dekomposisi *Cumene Hidroperoxide*

Pada proses ini, larutan *Cumene Hidroperoxide* dari *Storage Tank* (ST-101) masuk ke Reaktor (RE-201) melalui *Heater* (HE-101) untuk dilakukan pemanasan hingga sesuai kondisi operasi reaktor. Kemudian ditambahkan larutan H_2SO_4 (98%) dari *Storage Tank* (ST-102) sebagai katalis untuk mempercepat dekomposisi *Cumene Hidroperoxide* menjadi Fenol dan Aseton. Reaksi berlangsung pada suhu optimal 78°C dan tekanan 1 atm dan *yield* yaitu sebesar 98%. Reaksi dekomposisi ini berlangsung pada fase cair-cair, *irreversible*, *eksotermis*.

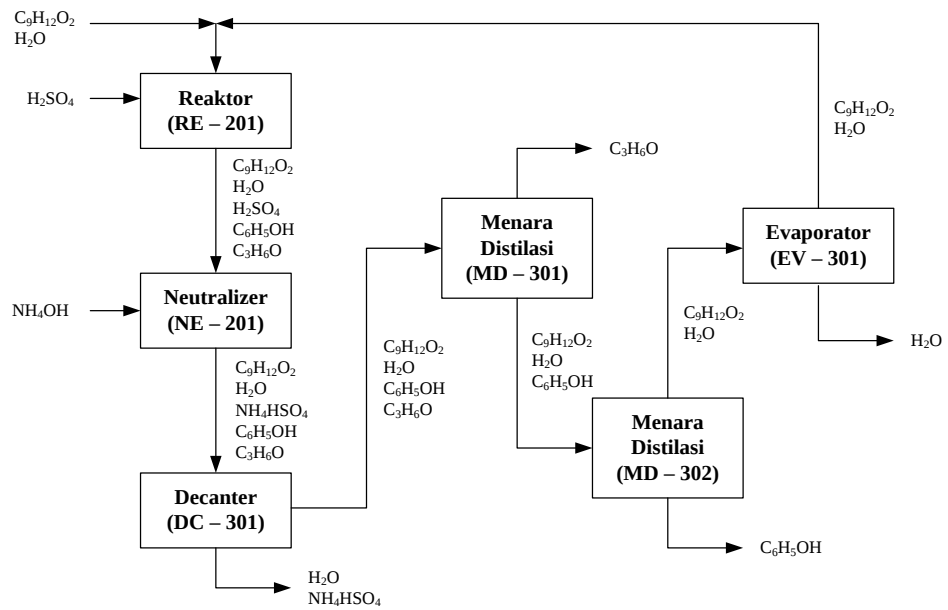
2. Pemurnian Produk

Keluaran dari Reaktor (RE-201) masuk ke *Neutralizer* (NE-201) melalui *Cooler* (CO-201) untuk di turunkan suhunya sampai 32,22°C. Kemudian di *Neutralizer* (NE-201) untuk dinetralkan senyawa H_2SO_4 menjadi NH_4HSO_4 dan H_2O dengan menambahkan NH_4OH . Reaksi ini terjadi pada suhu 32,22°C. Kemudian keluaran dari *Neutralizer* (NE-201) masuk ke Dekanter (DC-301) untuk di pisahkan NH_4HSO_4 dan H_2O dengan Fenol, Aseton dan *Cumene Hydroperoxide*. Keluaran dari Dekanter (DC-301) masuk ke Menara Dsitilasi (MD-301) melalui *Heater* (HE-301) agar temperatur umpan sesuai dengan dengan kondisi operasi umpan masuk Menara Dsitilasi (MD-301). Lalu di Menara Distilasi (MD-301) dilakukan pemisahkan Aseton dengan *Cumene Hydroperoxide*, Air dan Fenol. Hasil atas keluaran berupa uap aseton masuk ke *Condensor* (CD-301) untuk di ubah fasa menjadi cair. Keluaran Bawah dari Menara Distilasi (MD-301) berupa *Cumene Hydroperoxide*, Air dan fenol. Selanjutnya dialirkan ke Menara Destilasi (MD-302) untuk memisahkan Fenol dengan *Cumene Hydroperoxide* dan Air. Hasil atas keluaran berupa uap *Cumene Hydroperoxide* dan Air masuk ke *Condensor* (CD-302) untuk di ubah fasa menjadi cair. Keluaran bawah dari Menara Destilasi (MD-302) berupa fenol masuk ke *Reboiler* (RB-302) guna mendapatkan kemurnian produk fenol 99,9%.

3. Recycle Sisa Umpan

Cumene Hydroperoxide dan Air keluaran dari *Condensor* (CD-302) masuk ke Evaporator (EV-301) untuk mengurangi kandungan air menjadi 5%

sesuai dengan spesifikasi umpan. Kemudian di *recycle* ke Reaktor (RE-201).



Gambar 2.1 Digram Alir Proses

BAB X

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik fenol dari *cumene hydroperoxide* dengan katalis asam sulfat kapasitas 30.000 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut :

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak adalah 39,20%.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak adalah 2,49 tahun
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 41,93% dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30–60% kapasitas produksi. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 25,41%, yakni batasan kapasitas produksi 20–30% sehingga pabrik masih dapat memproduksi karena mendapat keuntungan.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 21,84%, 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 *cumene hydroperoxide* dengan katalis asam sulfat kapasitas tiga puluh ribu ton per tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2015. Peta Provinsi Banten. <https://www.google.co.id/maps>, 2016.

Diakses pada 20 Februari 2016.

Anonim. 2015. Data Hidrologi, DAS Aliran Sungai Cidanau dan Ciujung.

<https://www.dsdap.bantenprov.go.id>. Diakses pada 15 Desember 2015.

Bachus, L and Custodio, A. 2003. *Know and Understand Centrifugal Pumps*.

Bachus Company, Inc. Oxford: UK.

Badan Pusat Statistik, 2015, *Statistic Indonesia*, www.bps.go.id, Indonesia. Diakses

10 Februari 2016.

Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1988. *Introduction to Chemical*

Engineering. McGraw Hill : New York.

Bank Indonesia. 2015. *Nilai Kurs*. www.bi.go.id. Diakses 4 Agustus 2016

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.

Cepci. 2015. *Index*. www.chemengonline.com. Diakses 15 Agustus 2016.

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 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 Engineering 4th edition*.
Prentice Hall International Inc. : United States of America.

Geankoplis. Christie. J., 1993, *Transport Processes and unit Operation 3^{th ed}*, Allyn
& Bacon Inc, New Jersey.

Google Map. 2016. Area Sungai Cidanau – Banten. Diakses pada 20 Februari 2016.

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”, 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*, McGraw-Hill Book Company, New York.

MSDS Cumene Hydroperoxide.Science Lab.com, Diakses pada 21 Februari 2016, 09:01 WIB

MSDS Phenol.Science Lab.com, Diakses pada 21 Februari 2016, 09:12 WIB

MSDS Acetone.Science Lab.com, Diakses pada 21 Februari 2016, 09:48 WIB

MSDS Amonium Bisulfate.Science Lab.com, Diakses pada 21 Februari 2016, 10:15 WIB

Perry. R. H. and Green. D., 1997, *Perry's Chemical Engineer Handbook 7^{th ed}*, McGraw-Hill Book Company, New York.

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}*, McGraw-Hill Book Company, New York.

Powell, S. T., 1954, "Water Conditioning for Industry", McGraw 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. 2013. *Hydrant Water*. GalihSantosa.adhiatma.blog. Diakses pada 26 September 2014.

Smith. J. M. and Van Ness. H. C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 3^{ed}*, McGraww-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 an Economic for Chemical Engineering 3th 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 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 Enviromental 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.matches.com, Diakses pada November 2016

www.indoacid.com/asam_sulfat.htm, Diakses pada 01 Maret 2016, 21.13 WIB

www.daftarperusahaanindonesia.com, Diakses pada 12 Februari 2016, 17.35 WIB

www.insoclay.com/ammonium_hidroksida.htm, Diakses pada 01 Maret 2016, 22.09 WIB

www.water.me.vccs.edu. Diakses pada 20 Agustus 2016.

www.icis.com., Diakses pada Maret 2016