

**PRARANCANGAN PABRIK
FENOL DARI KLOROBENZENA DAN NATRIUM
HIDROKSIDA
KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Disusun oleh :

**Nama : Rizkita Abdul Manan Nama : Teddy Rizki Ramadhan
NIM : 19521215 NIM : 19521217**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2023

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRA RANCANGAN PABRIK FENOL DARI KLOOROBENZENA DAN NATRIUM HIDROKSIDA KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Rizkita Abdul Manan Nama : Teddy Rizki Ramadhan
NIM : 19521215 NIM : 19521217

Yogyakarta, 31 Juli 2023

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

A 10000 Rupiah adhesive stamp (Meterai Tempel) with a Garuda emblem and the serial number F376AKX549447911. A handwritten signature is written over the stamp.

Rizkita Abdul Manan
NIM. 19521215

A 10000 Rupiah adhesive stamp (Meterai Tempel) with a Garuda emblem and the serial number CE7AKX549447912. A handwritten signature is written over the stamp.

Teddy Rizki Ramadhan
NIM. 19521217

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRA RANCANGAN PABRIK FENOL DARI
KLOROBENZENA DAN NATRIUM HIDROKSIDA
KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN**



Oleh :

Nama : Rizkita Abdul Manan
NIM : 19521215

Nama : Teddy Rizki Ramadhan
NIM : 19521217

Yogyakarta, 31 Juli 2023

Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRA RANCANGAN PABRIK FENOL DARI KLOOROBENZENA DAN
NATRIUM HIDROKSIDA KAPASITAS 45.000 TON / TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Rizkita Abdul Manan

Nama: Teddy Rizki Ramadhan

NIM : 19521215

NIM : 19521217

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta,

Tim Penguji,

Ketua Penguji

Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.



Anggota I

Dr. Diana, S.T., M.Sc.



Anggota II

Umi Rofiqah, S.T., M.T.

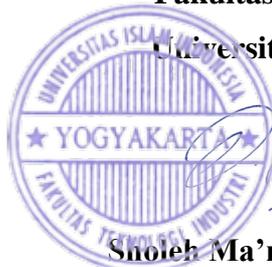


Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr., Wb.

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“PRA RANCANGAN PABRIK FENOL DARI KLOBENZENA DAN NATRIUM HIDROKSIDA DENGAN KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN”** tepat waktu.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana (S1) Teknik Kimia di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu menyelesaikan laporan ini secara langsung maupun tidak langsung, yang terhormat :

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penulis diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua yang selalu mendo'akan kami serta memberikan dukungan serta motivasi kepada kami untuk menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Prodi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang selalu sabar dalam membimbing kami, memberikan masukan, dan memberikan semangat kepada kami dalam penyusunan dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini.

7. Teman-teman seperjuangan Angkatan 2019 yang selalu memberikan semangat dan doa.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penyusunan laporan penelitian.

Penulis berusaha semaksimal mungkin dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini agar dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis pada khususnya. Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis berharap laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya mahasiswa Teknik Kimia.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 31 Juli 2023

Penyusun



LEMBAR PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan :

Mengucapkan syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala dengan mengucapkan kalimat Alhamdulillahillobbil'alamin, karena atas berkah dan rahmat-Nya, saya bisa sampai dan menyelesaikan skripsi ini. Mengucapkan Shalawat kepada Nabi Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam yang senantiasa menjadi sosok dan suri tauladan kita semua, yang selalu kita nantikan syafa'at beliau di Yaumul Akhir kelak.

Untuk Mama terbaik sepanjang masa saya, Ibu Ernawati. Untuk Ayah hebat saya, Syahrul Efendi Tanjung. Untuk Adik luar biasa saya, Alike Aulia. Terimakasih atas segala doa, semangat dan dukungan moral maupun materi. Semoga dengan karya ini dapat memberikan rasa bangga terhadap anak **sulungmu**. Serta bantuan dari semua pihak terutama keluarga yang terus memberikan dukungan dan nasehat terbaiknya.

Kepada Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. Serta seluruh pengajar dari Prodi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia, Terima kasih atas waktu, ilmu, bimbingan, dan arahannya selama ini sehingga dapat menyelesaikannya tugas akhir dengan baik.

Kepada partner saya Teddy Rizki Ramadhan sebagai partner perancangan pabrik saya ini telah bersabar dan terus berjuang dalam penyelesaian penyusunan pra rancangan pabrik ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses kedepannya dan dipertemukan diwaktu dan tempat yang terbaik.

Kepada seluruh rekan saya dari Teknik Kimia UII 2019, serta kepada (Eko, Adin, Brian, Yopi, Herman, Casanova dan luthfiyah) yang selalu bareng dari awal kuliah, terimakasih untuk waktu kebersamaan yang tiada akhirnya. Serta anak-anak diskusi (Noval, Ilham, Farel, Akip) yang telah meluangkan waktu untuk sama-sama berproses, mensupport, membantu, serta menghibur dikala pengerjaan

tugas akhir yang terasa jenuh. Semoga apa yang menjadi mimpi-mimpi kita bisa terwujud dikemudian hari (Aamiin).

(Rizkita Abdul Manan)



LEMBAR PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan :

Mengucapkan syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala dengan mengucapkan kalimat Alhamdulillahirobbil'alamin, karena atas berkah dan rahmat-Nya, saya bisa sampai dan menyelesaikan skripsi ini. Mengucapkan Shalawat kepada Nabi Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam yang senantiasa menjadi sosok dan suri tauladan kita semua, yang selalu kita nantikan syafa'at beliau di Yaumul Akhir kelak.

Untuk ibu yang paling saya sayangi, Ibu Dahliar. Untuk Ayah yang memperjuangkan anak-anaknya, Bapak Yusri. Untuk kakak-kakak saya yang selalu berdiri teguh dibelakang saya, Beni Meijesta Pratama, Iyud Dwi Rahmi dan Rafika Husni. Terimakasih atas segala do'a, dan dukungan moral maupun materi. Semoga dengan karya ini dapat memberikan rasa bangga atas anakmu ini yang jauh dirantau. Serta bantuan dari semua pihak terutama keluarga yang terus memberikan dukungan dan nasehat terbaiknya.

Kepada Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. Serta seluruh pengajar dari Prodi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia, Terima kasih atas waktu, ilmu, bimbingan, dan arahnya selama ini sehingga dapat menyelesaikannya tugas akhir dengan baik.

Kepada partner saya Rizkita Abdul Manan sebagai partner perancangan pabrik saya ini telah bersabar dan terus berjuang dalam penyelesaian penyusunan prancangan pabrik ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses kedepannya dan dipertemukan diwaktu dan tempat yang terbaik.

Kepada seluruh rekan saya dari Teknik Kimia UII 2019, serta kepada RABYTH Go (Adin, Brian, Yopi dan Herman) yang selalu bareng dari awal kuliah, terimakasih untuk waktu kebersamaan yang tiada akhirnya. Serta kucing-kucingku (Mikey, Roger, Momo, Siti, Snowy) yang telah menemani masa-masa

sulit yang telah dilalui. Semoga apa yang menjadi mimpi-mimpi kita bisa terwujud dikemudian hari (Aamiin).

(Teddy Rizki Ramadhan)



DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN	xviii
ABSTRAK	xx
BA B I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan	2
1.2.1 <i>Supply</i>	2
1.2.2 <i>Demand</i>	4
1.3 Tinjauan Pustaka	7
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	10
1.4.1 Tinjauan Termodinamika	10
1.4.2 Tinjauan Kinetika	14
BAB II	15
PERANCANGAN PRODUK	15
2.1 Spesifikasi Produk, Bahan baku dan Bahan Pendukung	15
2.1.1 Sifat Fisika Produk, Bahan Baku dan Bahan Pendukung	15
2.1.2 Sifat Kimia Produk, Bahan Baku dan Bahan Pendukung	15
2.2 Pengendalian Kualitas	20
2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	20
2.2.2 Pengendalian Kualitas Bahan Pendukung	20

2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk.....	20
2.2.4 Pengendalian Proses Produksi.....	20
BAB III	22
PERANCANGAN PROSES	22
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	22
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif	22
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif	23
3.2 Uraian Proses	24
3.2.1 Persiapan Bahan Baku Dan Bahan Pendukung.....	24
3.2.2 Proses Reaksi Pembuatan Produk	25
3.2.3 Proses Pemisahan dan Pemurnian Produk.....	25
3.3 Spesifikasi Alat	26
3.3.1 Spesifikasi Reaktor.....	26
3.3.2 Spesifikasi Alat Pendukung dan Pemisah	27
3.3.3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan	30
3.3.4 Spesifikasi <i>Expansion Valve</i>	31
3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas	33
3.4 Neraca Massa	37
3.4.1 Neraca Massa Total	37
3.4.2 Neraca Massa Alat.....	37
3.5 Neraca Panas	39
3.5.1 Neraca Panas Total	39
3.5.2 Neraca Panas Alat	39
BAB IV	41
PERANCANGAN PABRIK.....	41
4.1 Lokasi Pabrik.....	41
4.1.1 Ketersediaan Bahan Baku	41
4.1.2 Sarana utilitas yang memadai.....	42
4.1.3 Transportasi dan distribusi yang lancar	42
4.1.4 Pemasaran yang potensial	42
4.2 Tata Letak Pabrik	43
4.3 Tata Letak Alat Proses	48

4.4 Organisasi Perusahaan	49
4.4.1 Bentuk Organisasi	49
4.4.2 Struktur Organisasi.....	50
4.4.3 Tugas dan Wewenang	53
4.4.4 Pengaturan Jam Kerja.....	56
BAB V.....	63
UTILITAS.....	63
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)	63
5.1.1 Unit Penyediaan Air	63
5.1.2 Unit Pengolahan Air	67
5.2 Unit Pembangkit Steam (<i>Steam Generator System</i>)	70
5.3 Unit Pembangkit Listrik.....	71
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan	74
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar	75
5.6 Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan	75
BAB VI	85
EVALUASI EKONOMI.....	85
6.1 Penaksiran Harga Alat.....	86
6.2 Dasar Perhitungan	91
6.3 Komponen Biaya.....	91
6.4 Analisa Keuntungan	95
6.5 Analisa Kelayakan	95
BAB VII.....	100
PENUTUP.....	100
7.1 Kesimpulan.....	100
7.2 Saran.....	101
DAFTAR PUSTAKA	102
LAMPIRAN.....	104

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Impor fenol dari tahun 2018-2022	2
Tabel 1. 2 Daftar Pabrik Fenol di Indonesia	3
Tabel 1. 3 Ekspor Fenol Dari Tahun 2018-2022	4
Tabel 1. 4 Konsumsi Fenol untuk Produk Resin Fenol di Indonesia.....	5
Tabel 1. 5 Konsumsi Fenol untuk Produk Anilin Fenol di Indonesia.....	6
Tabel 1. 6 Konsumsi Fenol untuk Produk Bisphenol-A Fenol di Indonesia	6
Tabel 1. 7 Perbandingan Jenis Proses Pembuatan Fenol	10
Tabel 1. 8 Harga ΔH_f° masing-masing komponen.....	10
Tabel 2. 2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung	15
Tabel 3. 1 Spesifikasi <i>mixer</i>	27
Tabel 3. 2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan	30
Tabel 3. 3 Spesifikasi <i>Expansion Valve</i>	31
Tabel 3. 4 Spesifikasi alat transportasi padatan	31
Tabel 3. 5 Spesifikasi alat transportasi cairan.....	32
Tabel 3. 6 Spesifikasi <i>condensor</i> (CD-01).....	33
Tabel 3. 7 Spesifikasi <i>reboiler</i> (RB-01).....	33
Tabel 3. 8 Spesifikasi <i>heater</i> (HE-01).....	34
Tabel 3. 9 Spesifikasi <i>heater</i> (HE-02).....	35
Tabel 3. 10 Spesifikasi <i>heater</i> (HE-03)	35
Tabel 3. 11 Spesifikasi <i>cooler</i> (CL-01).....	36
Tabel 3. 12 Neraca Massa Total.....	37
Tabel 3. 13 Neraca Massa <i>Mixer</i> 01 (M-01).....	37
Tabel 3. 14 Neraca Massa <i>Mixer</i> 02 (M-02).....	37
Tabel 3. 15 Neraca Massa Reaktor 01 (R-01).....	38
Tabel 3. 16 Neraca Massa Dekanter 01 (D-01).....	38
Tabel 3. 17 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01).....	38
Tabel 3. 18 Neraca Panas Total.....	39
Tabel 3. 19 Neraca Panas <i>Mixer</i> 01 (M-02).....	39
Tabel 3. 20 Neraca Panas <i>Mixer</i> 02 (M-02).....	39
Tabel 3. 21 Neraca Panas Reaktor 01 (R-01).....	39
Tabel 3. 22 Neraca Panas Dekanter 01 (D-01)	40
Tabel 3. 23 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01).....	40
Tabel 4. 1 Luas Area Pabrik.....	46
Tabel 4. 2 Jadwal kerja karyawan <i>non-shift</i>	57
Tabel 4. 3 Jadwal kerja karyawan <i>shift</i>	57
Tabel 4. 4 Jadwal Kerja Setiap Kelompok.....	58
Tabel 4. 5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian	59
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik	64
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin.....	64
Tabel 5. 3 Kebutuhan Air untuk <i>Steam</i>	65
Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses	71
Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas.....	72
Tabel 5. 6 Total Kebutuhan Listrik.....	74
Tabel 5. 7 Spesifikasi Screener Utilitas	76

Tabel 5. 8 Spesifikasi <i>Sand Filter</i> Utilitas	76
Tabel 5. 9 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> Utilitas	76
Tabel 5. 10 Spesifikasi <i>Mixed Bed</i> Utilitas	77
Tabel 5. 11 Spesifikasi <i>Blower Cooling Tower</i>	77
Tabel 5. 12 Spesifikasi Dearator	77
Tabel 5. 13 Spesifikasi Bak Utilitas	78
Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki Utilitas	79
Tabel 5. 15 Spesifikasi Pompa Utilitas	81
Tabel 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 1987-2018.....	87
Tabel 6. 2 Harga alat proses	88
Tabel 6. 3 Harga alat utilitas	89
Tabel 6. 4 <i>Physical plant cost</i> (PPC)	91
Tabel 6. 5 <i>Direct plant cost</i> (DPC)	91
Tabel 6. 6 <i>Fixed capital investment</i> (FCI)	92
Tabel 6. 7 <i>Working capital investment</i> (WCI)	92
Tabel 6. 8 <i>Direct manufacturing cost</i> (DMC).....	93
Tabel 6. 9 <i>Indirect manufacturing cost</i> (IMC)	93
Tabel 6. 10 <i>Fixed manufacturing cost</i> (FMC)	94
Tabel 6. 11 <i>Total manufacturing cost</i>	94
Tabel 6. 12 <i>General expense</i> (GE).....	94
Tabel 6. 13 <i>Total production cost</i>	95
Tabel 6. 14 <i>Annual fixed manufacturing cost</i> (Fa).....	97
Tabel 6. 15 <i>Annual regulated expenses</i> (Ra).....	97
Tabel 6. 16 <i>Annual variable value</i> (Va).....	97
Tabel 6. 17 <i>Annual sales value</i> (Sa).....	97

الجمعة الإسلامية الأندونيسية

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Impor fenol dari tahun 2018 (tahun ke-1) s.d 2022 (tahun ke-5).....	3
Gambar 1. 2 Ekspor fenol dari tahun 2018 (tahun ke-1) s.d 2022 (tahun ke-5)	4
Gambar 2. 1 <i>Hazard</i> pada Fenol	16
Gambar 2. 2 <i>Hazard</i> pada klorobenzena.....	17
Gambar 2. 3 <i>Hazard</i> pada NaOH.....	18
Gambar 2. 4 <i>Hazard</i> pada Cu ₂ O (Cooper Oxide)	19
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif Produksi Fenol.....	22
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif Produksi Fenol.....	23
Gambar 4. 1 Lokasi Pendirian Pabrik	41
Gambar 4. 2 <i>Layout</i> pabrik Fenol	47
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses	49
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan Pabrik Fenol.....	52
Gambar 5. 1 Diagram Utilitas	66
Gambar 6. 1 Grafik Evaluasi Ekonomi.....	99



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	104
LAMPIRAN B	119
LAMPIRAN C	121



DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN



T	: <i>Temperature</i> , °C
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
P	: Tekanan, psia
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, kg/m ³
Q	: Kebutuhan Kalor, Kj/Jam
A	: Luas Penampang, m ²
V	: Volume, m ³
t	: Waktu, jam
M	: Massa, Kg
Fv	: Laju Volumetrik, m ³
Π	: Jari- jari, in
P	: Power motor, Hp
ts	: Tebal <i>shell</i> , in
ΔP_T	: <i>Pressure drop</i> , psia
ID	: <i>Inside</i> diameter, in
OD	: <i>Outside</i> diameter, in
Re	: Bilangan Reynold
Di	: Diameter pengaduk, m
ZL	: Tinggi cairan, m
Wb	: Lebar baffle, m
Zi	: Jarak pengaduk dari tangka, in
F	: <i>Allowable Stress</i> , psia
E	: Efisiensi pengelasan
icr	: Jari-jari sudut dalam, in
W	: Tinggi pengaduk, m
N	: Kecepatan putaran, rpm
Ud	: Koefisien transfer panas dalam keadaan kotor, Btu/jam ft ² °F

Uc : Koefisien transfer panas dalam keadaan bersih, Btu/jam ft² °F
Rd : Faktor pengotor
Cp : Kapasitas Panas, Btu/lb °F
K : Konduktivitas termal, Btu/jam ft² °F
JH : *Heat transfer factor*
hi : *Inside film coefficient*, Btu/jam ft² °F
ho : *Outside film coefficient*, Btu/jam ft² °F
LMTD : *Long mean temperature different*, °F
k : Konstanta kinetika reaksi, 1/waktu
Wf : Total *head*, in
ΔH : Entalpi, KJ/Jam
th : Tebal *head*, in



ABSTRAK

Fenol merupakan senyawa yang memiliki rumus kimia C_6H_5OH . Fenol digunakan sebagai bahan baku pembuatan *resin fenolic*, anilin, karpolaktan, dan alkil fenol. Dalam bidang farmasi fenol juga banyak digunakan sebagai antiseptik dan disinfektan. Perancangan pabrik Fenol dengan kapasitas 45.000 ton/tahun ini nantinya akan didirikan di daerah Serang, Banten diatas lahan seluas 27.300 m² pada tahun 2027. Metode yang digunakan untuk pembuatan fenol adalah sintesis dari klorobenzena, dimana klorobenzena direaksikan dengan Natrium Hidroksida dan terdapat komponen katalis *Cooper Oxide* untuk membantu berjalannya reaksi tersebut. Reaksi sintesis klorobenzena yang bersifat kontinyu ini direaksikan di Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan tekanan 2 atm dan suhu operasi 120 °C. Setealah direaksikan di reaktor, dilakukan pemisahan di decanter dan dimurnikan di menara distilasi hingga menjadi produk utama yaitu Fenol. Untuk memperoleh Fenol sejumlah 45.000 /tahun, dibutuhkan setidaknya 53.617,02 ton/ tahun Klorobenzena dan 19.148,94 ton/tahun Natrium Hidroksida. Selain itu pabrik ini memiliki unit penunjang yaitu utilitas, unit ini membantu berjalannya proses dengan menyediakan air pendingin sebesar 194.528,56 ton/tahun, *steam* sebesar 9.436,9 ton/tahun, udara tekan sebesar 24,3 m³/jam, listrik sebesar 624,93 kW, dan 1.914,28 kL/tahun kebutuhan bahan bakar solar. Hasil analisa terhadap kelayakan pabrik diketahui bahwa pabrik Fenol ini memiliki tingkat resiko yang rendah (*low risk*) dengan menganalisa besaran pajak 25%, didapatkan *return on Investment (ROI)* minimal sebesar 11%, nilai *Pay Out Time (POT)* maksimal sebesar 5 tahun, dan *Break Even Point (BEP)* sebesar 40-60%. Setelah menghitung evaluasi ekonomi terhadap pabrik Fenol didapat kebutuhan untuk modal tetap sebesar Rp 313.390.955.262, modal kerja sebesar Rp 413.423.997.060, Keuntungan sebelum pajak Rp 9.960.772.212. Untuk nilai ROI sebelum pajak didapat sebesar 22,32% dan ROI setelah pajak sebesar 17,86%, sementara untuk nilai BEP didapat sebesar 53,07 %, *Shut Down Point (SDP)* sebesar 32,05%, dan *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)* sebesar 21,22%. Berdasarkan analisa evaluasi ekonomi tersebut, dapat disimpulkan bahwa secara eknomomi pabrik fenol layak untuk didirikan dan mempunyai potensi yang besar sebagai pemasok kebutuhan fenol baik dari dalam maupun luar negeri.

Kata-kata kunci : *Fenol, klorobenzena, natrium hidroksida, RATB, Perancangan Pabrik*

ABSTRACT

Phenol is a compound that has the chemical formula C_6H_5OH . Phenol is used as a raw material for the manufacture of phenolic resins, aniline, carpolactan, and alkyl phenol. In the pharmaceutical field phenol is also widely used as an antiseptic and disinfectant. The design of the Phenol plant with a capacity of 45,000 tons/year will be established in the Serang area, Banten on an area of 27,300 m² in 2027. The method used for the manufacture of phenol is the synthesis of chlorobenzene, where chlorobenzene is reacted with sodium hydroxide and there is a Cooper Oxide catalyst component to help the reaction run. This continuous chlorobenzene synthesis reaction is reacted in a Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) with a pressure of 2 atm and an operating temperature of 120 °C. After being reacted in the reactor, separation is carried out in the decanter and purified in the distillation tower to become the main product, namely phenol. To obtain 45,000 tons/year of phenol, at least 53,617.02 tons/year of chlorobenzene and 19,148.94 tons/year of sodium hydroxide are required. In addition, this factory has a supporting unit, namely utilities, this unit helps the process run by providing cooling water of 194,528.56 tons/year, steam of 9,436.9 tons / year, compressed air of 24.3 m³ /hour, electricity of 624.93 kW, and 1,914.28 kL / year of diesel fuel needs. The results of the analysis of the feasibility of the plant found that this phenol plant has a low risk level (low risk) by analyzing the amount of tax 25%, obtained a minimum return on investment (ROI) of 11%, a maximum Pay Out Time (POT) value of 5 years, and a Break Event Point (BEP) of 40-60%. After calculating the economic evaluation of the Phenol plant, it is obtained that the need for fixed capital is IDR 313,390,955,262, working capital is IDR 413,423,997,060, profit before tax is IDR 9,960,772,212. The pre-tax ROI value is 22.32% and the after-tax ROI is 17.86%, while the BEP value is 53.07%, the *Shut Down Point* (SDP) is 32.05%, and the *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) is 21.22%. Based on the economic evaluation analysis, it can be concluded that the phenol plant is economically feasible to establish and has great potential as a supplier of phenol needs both from within and outside the country.

Keywords : *Phenol, chlorobenzene, sodium hydroxide, CSTR, Plant Design.*

BA B I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi pada suatu negara merupakan salah satu tolak ukur bagi kemajuan negara tersebut. Salah satu sektor yang menopang pertumbuhan ekonomi di Indonesia adalah sektor industri. Beberapa peran sektor industri seperti meningkatkan pendapatan negara, penyedia lapangan kerja, dan mengurangi impor dari luar negeri menjadikan sektor ini sebagai sektor paling menjanjikan dan paling dominan bagi pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Pertumbuhan ekonomi ini mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat, dimana kesejahteraan masyarakat berbanding lurus dengan kemampuan sumber daya manusia yang dimiliki. Peningkatan pembangunan dalam bidang industri merupakan salah satu upaya mensejahterakan masyarakat. Salah satu industri yang berkembang pesat di Indonesia adalah industri kimia. Salah satu industri kimia yang memiliki potensi yang tinggi untuk dikembangkan adalah industri kimia. Salah satu bahan baku industri kimia yang memiliki potensi yang tinggi untuk dikembangkan adalah fenol.

Fenol merupakan cairan bening yang beracun dengan bau yang khas. Rumus kimianya adalah C_6H_5OH dan memiliki struktur grup hidroksil (OH^-) yang terikat dengan sebuah cincin *phenyl* yang juga merupakan senyawa aromatis. Fenol juga biasa disebut asam karbolat, asam fenat, asam fenilat, fenil hidroksida, fenil hidrokksida, atau oksibenezena (Kirk-Othmer, 1999).

Dalam beberapa industri kimia fenol sering digunakan sebagai bahan baku dalam proses produksi obat-obatan (merupakan bahan awal pada produksi aspirin), herbisida (sebagai bahan tambahan dalam produksi peptisida), *antiseptic* (bahan baku pembuatan *alkylphenol* untuk produksi detergen), resin sintesis (resin fenol untuk pembuatan peralatan rumah tangga,

plastik), dan sebagai zat pewarna buatan (sebagai bahan tambahan dalam pembuatan cat dan tekstil).

Dilihat dari potensi dan peran fenol pendirian pabrik fenol sangat dibutuhkan untuk kedepannya. Adapun beberapa alasan pendirian pabrik ini adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan pembangunan dalam negeri terkhususnya di industri kimia.
2. Mengurangi ketergantungan terhadap impor fenol serta dapat memenuhi kebutuhan fenol dalam negeri.
3. Membuka lapangan pekerjaan bagi masyarakat yang akan berdampak pada kesejahteraan masyarakat.

1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan

Kapasitas pabrik ditentukan berdasarkan Analisa terhadap *supply* dan *demand*. Penentuan kapasitas pabrik ini mempunyai peran penting terhadap pendirian sebuah pabrik karena berfungsi untuk menentukan jumlah produksi sesuai dengan kebutuhan pasar.

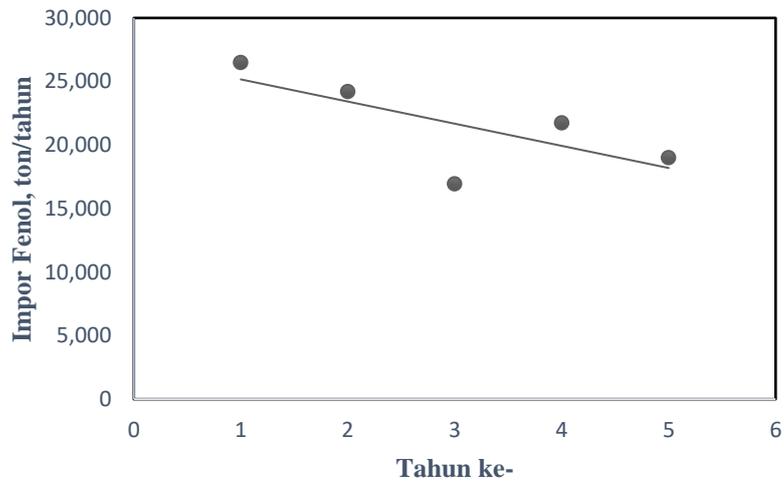
1.2.1 Supply

Supply merupakan jumlah pasokan yang meliputi data impor dan produksi dalam negeri. Dari data Badan Pusat Statistik (BPS), didapat data impor fenol dan produksi fenol dalam negeri sebagai berikut :

- a. Data Impor Fenol

Tabel 1. 1 Impor fenol dari tahun 2018-2022

Tahun	Jumlah, ton
2018	26.492
2019	24.210
2020	16.948
2021	21.746
2022	19.010



Gambar 1. 1 Impor fenol dari tahun 2018 (tahun ke-1) s.d 2022 (tahun ke-5)

Berdasarkan Gambar 1.1 dapat dihitung menggunakan persamaan 1.1.

$$y = -1.742,7 x + 26.909 \quad (1.1)$$

Dari persamaan 1.1, diperoleh data impor pada tahun 2027 adalah sebagai berikut :

$$y = -1.742,7 (10) + 26.909$$

$$y = 9.482 \text{ ton/tahun}$$

b. Produksi Fenol Dalam Negeri

Tabel 1. 2 Daftar Pabrik Fenol di Indonesia

No	Nama Perusahaan	Kapasitas produksi (Ton/tahun)
1.	PT. Metropolitan Penol Pratama	40.000
2.	PT. Lambang Tri Usaha	45.000
3.	PT. Batu Penggal Chemical Industri	35.000
4.	PT. Bumi Banjar Utama Sakti	5.250
Total		125.250

Dari data produksi dalam negeri Tabel 1.2, pabrik fenol yang beroperasi dianggap tetap pada nilai 125.250 ton/tahun karena pabrik telah beroperasi pada kapasitas terpasangnya. Berdasarkan data impor

dan produksi dalam negeri fenol di Indonesia pada tahun 2027 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai *supply* fenol di Indonesia yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Supply} &= \text{Impor} + \text{Produksi} \\ &= (9.482 + 125.250) \text{ ton/tahun} \\ &= 134.732 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

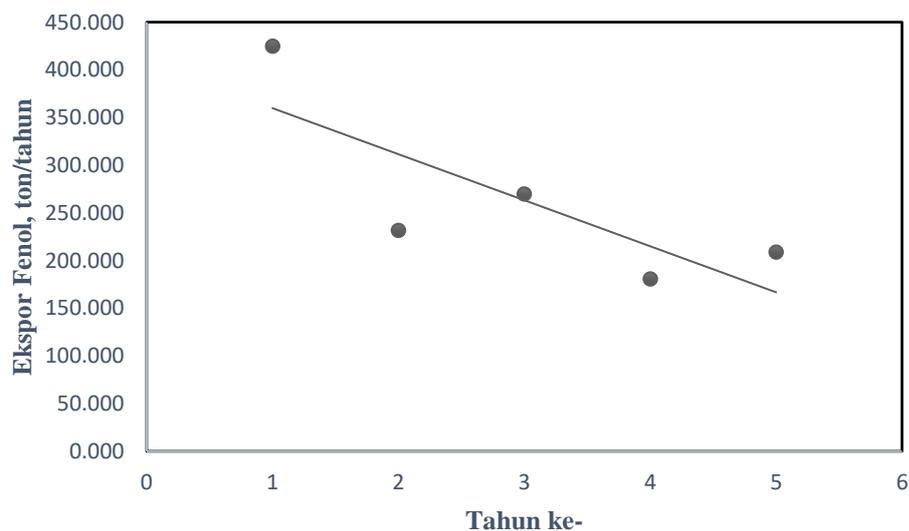
1.2.2 Demand

Demand adalah jumlah permintaan yang meliputi ekspor dan konsumsi dalam negeri. Dari data Badan Pusat Statistik (BPS), didapat data ekspor fenol dan konsumsi fenol dalam negeri sebagai berikut :

a. Data Ekspor Fenol

Tabel 1. 3 Ekspor Fenol Dari Tahun 2018-2022

Tahun	Jumlah, Ton
2018	424,770
2019	231,746
2020	269,997
2021	180,877
2022	208,900



Gambar 1. 2 Ekspor fenol dari tahun 2018 (tahun ke-1) s.d 2022 (tahun ke-5)

Berdasarkan Gambar 1.2, jumlah ekspor fenol pada tahun 2027 (tahun ke-10) dapat dihitung menggunakan persamaan 1.2 :

$$y = -48,261 x + 408,04 \quad (1.2)$$

Sehingga diperoleh data ekspor fenol pada tahun 2027 (tahun ke-10) sebagai berikut :

$$y = -48,261 (10) + 408,04$$

$$y = -74,57 \text{ ton/tahun}$$

b. Data Konsumsi dalam Negeri

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 Resin Fenolic, Anilin dan Bisphenol-A. Berikut disajikan tabel konsumsi fenol di Indonesia.

Tabel 1. 4 Konsumsi Fenol untuk Produk Resin Fenol di Indonesia

No	Nama Pabrik	Lokasi Pabrik	Kapasitas produksi (Ton/tahun)
1.	PT. Indopherin Jaya	Probolinggo, Jawa Timur	14.500
2.	PT. Dynea Mugi Indonesia	Medan, Sumatra Utara	10.000
3.	PT. Intan Wijaya Internasional	Banjarmasin, Kalimantan Selatan	71.600
4.	PT. Susel Prima Permai	Palembang, Sumatra Selatan	14.000
5.	PT. Superin Utama Adhesive	Medan, Sumatra Utara	12.000
6.	PT. Binajaya Rodakarya	Jakarta Barat	12.000
7.	PT. Perawang Perkasa Industri	Pekanbaru, Riau	21.000
8.	PT. Lakosta Indah	Kalimantan Timur	40.000
9.	PT. Korindo Abadi	Tanjung Pinang, Riau	40.000
10.	PT. Meranti Mustika Sampit,	Kalimantan Tengah	22.200
11.	PT. Continental Solvido	Cilegon, Banten	14.500
12.	PT. Duta Pertiwi Nusantara	Pontianak, Kalimantan Barat	18.000
13.	PT. Arjuna Utama Kimia	Surabaya, Jawa Timur	43.000
14.	PT. Sabak Indah	Jambi	60.000
Total Produksi			392.800
Total Fenol yang dibutuhkan			168.904

Tabel 1. 5 Konsumsi Fenol untuk Produk Anilin Fenol di Indonesia

No	Nama Pabrik	Lokasi Pabrik	Kapasitas produksi (Ton/tahun)
1	PT. Inti Everspring Indonesia	Serang, Banten	1.700
2	PT. Clariant Indonesia	Tangerang, Banten	12.000
3.	PT. Dystar Colour Indonesia	Cilegon, Banten	3.000
4.	PT. Multikimia Inti pelangi	Bekasi, Jawa Barat	500
Total Produksi			17.200
Total Fenol yang dibutuhkan			1.204

Tabel 1. 6 Konsumsi Fenol untuk Produk Bisphenol-A Fenol di Indonesia

No	Nama Pabrik	Lokasi Pabrik	Kapasitas produksi (Ton/tahun)
1	PT. Indo Nan Pao Resin Chemical	Tangerang, Banten	12.000
2	PT. Phodia	Jakarta Selatan	20.000
Total Produksi			32.000
Total Fenol yang dibutuhkan			9.600

Dapat disimpulkan jumlah kebutuhan fenol di Indonesia berjumlah sebagai berikut :

= Konsumsi produk resin + konsumsi produk anilin + konsumsi produk Bisphenol-A

= 168.904 ton/tahun + 1.204 ton/tahun + 9.600 ton/tahun

= 179.708 ton/tahun.

Berdasarkan data ekspor dan konsumsi fenol di Indonesia pada tahun 2027 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai *demand* dari fenol di Indonesia, yaitu :

Demand = Ekspor + Konsumsi

= -74,57 + 179.708

= 179.633,43 ton/tahun

Berdasarkan proyeksi data impor, ekspor, konsumsi dan produksi pada tahun 2027, maka peluang pasar untuk genol dapat ditentukan kapasitas perancangan pabrik sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Peluang} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\ &= (179.633,43 - 134.732) \text{ ton/tahun} \\ &= 44.901,43 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

1.3 Tinjauan Pustaka

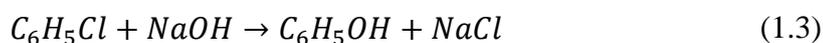
Fenol merupakan senyawa representatif yang banyak di jumpai di alam. Rumus molekul untuk fenol sendiri adalah C_6H_5OH . Fenol merupakan senyawa organik yang mengandung gugus hidroksil (OH^-) yang mengikat atom karbon pada cincin benzena. Fenol sedikit berbeda dengan alkohol biasa, fenol bersifat lebih asam. Keasaman ini dipengaruhi oleh adanya cincin aromatik dan kemampuan fenol untuk melepaskan H^+ yang membuat fenol tersebut memiliki kepolaran yang tinggi. Fenol memiliki wujud seperti kristal yang tak berwarna pada suhu dan tekanan atmosfer, serta memiliki bau yang khas. Bau atau aroma khas inilah yang menandakan fenol merupakan senyawa aromatis.

Sampai Abad ke-19, fenol diproduksi dari bahan alami. Rute sintesis dikembangkan pada akhir abad kesembilan belas untuk memenuhi permintaan fenol yang meningkat seiring dengan bertambahnya industri di dunia, khususnya industri resin sintetik, tekstil, bahan perekat, kosmetik, obat-obatan dan lain-lain. Tetapi dari semua itu penggunaan fenol yang paling utama adalah dalam industri yaitu untuk fenolic resin adhesives. Secara garis besar, proses pembuatan fenol adalah sebagai berikut :

a. Sintesis Fenol dari Klorobenzena

Proses ini diawali dengan reaksi antara klorobenzena dengan larutan NaOH dengan sebanyak 10–50% pada suhu berkisaran 120-300 °C dan 2-300 atmosfer dengan konversi sekitar 90%. Menggunakan reaktor alir

tangki berpengaduk dan ditambahkan katalis berupa katalis *Cooper oxide*. Reaksi yang terbentuk adalah sebagai berikut :



b. Pemurnian Fenol dengan bahan utama *Cumene*

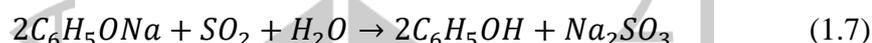
Pada proses ini fenol yang dimurnikan adalah residu yang didapatkan dari distilasi fraksional. Artinya residu disini dihilangkan berdasarkan fraksi ringannya (seperti Sebagian besar aseton, cumene dan α -metilstiren), produk yang digunakan adalah produk yang dinetralkan dari produk yang mengandung asam yang diperoleh dari penguraian asam cumene hidroperoksida dan di didapat dari reaksi oksidasi cumene. Dalam temuan pada patent No. US 9,029,609 B2, senyawa karbonil diubah menjadi alkohol yang diinginkan melalui proses hidrogenasi menggunakan katalis tertentu. Dan nantinya alkohol tersebut dipisahkan dari phenol menggunakan distilasi. Fenol yang diinginkan pada penelitian ini adalah fenol yang mengandung senyawa karbonil seperti Hidroksiaseton (HA) sebagai karbonil alifatik dan α -fenilpropionaldehida sebagai senyawa karbonil aromatik. Katalis yang digunakan berbasis tembaga. Pada proses pemurnian ini reaksi dilangsungkan pada suhu 50-300 °C dan lebih disarankan pada suhu 80-200 °C dengan tekanan sekitar 5-300 atm dan konversi berkisar 89-100%.

c. Pembuatan Fenol dengan sulfonasi *benzene* (Chauvel, 1989).

Metode ini telah digunakan oleh satu perusahaan di Amerika Serikat selama bertahun-tahun hingga tahun 1978. Proses ini terdiri dari empat tahapan, yaitu sulfonasi benzena menggunakan asam sulfat, netralisasi asam benzenasulfonat, reaksi dengan garam Na dalam larutan NaOH, dan pembentukan fenol. Proses dimulai dengan mengubah benzena menjadi asam benzenasulfonat melalui reaksi dengan asam sulfat berlebihan pada suhu 65-100 °C. Kemudian, asam benzena sulfonat diubah menjadi garam natrium melalui netralisasi dengan natrium sulfid. Fusi garam natrium anhidrat yang diisolasi kemudian dicampur dengan pengantar di bawah permukaan natrium hidroksida leburan pada suhu 300-

320 °C untuk membentuk natrium fenat. Senyawa ini terlarut dalam larutan pekat yang mengandung sulfur dioksida dan beberapa fenol bebas asam sulfat. Produk yang dihasilkan kemudian dimurnikan melalui proses distilasi, sedangkan produk natrium sulfat yang dihasilkan dapat digunakan dalam pembuatan selulosa. Proses fusi dan ekstraksi dalam metode ini membutuhkan biaya tenaga kerja dan energi yang tinggi.

Reaksi yang terjadi meliputi:



ini disarankan untuk produksi kapasitas yang rendah karena kurang menguntungkan dalam skala kapasitas yang besar.

d. Pembuatan Fenol dari Oksiklorinasi Benzena (Proses *Rasching*)

Proses ini pertama kali dilakukan pada tahun 1932 oleh KhoenePoulenc. 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 pada 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:



Tabel 1. 7 Perbandingan Jenis Proses Pembuatan Fenol

Proses	<i>Cumene</i> (Pemurnian)	<i>Chlorobenzene</i> (Sintesis)	<i>Benzene</i> (Sulfonasi)	Oksiklorinasi <i>Benzene</i>
Suhu Reaksi, °C	50-300	120-300	380	480
Tekanan, atm	4,9-296	2-300	5-300	8-9
Fase Reaksi	Cair	Cair	Cair	Cair
Yield, %	-	48	-	90
Konversi, %	89 – 100	90	90	-
Katalis	Tembaga	Zeolit/Cooper Oxide	-	Cobalt Octanoate/ Naphtenate

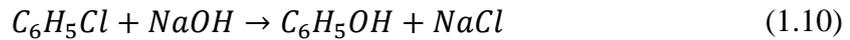
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika berfungsi untuk mengetahui sifat reaksi apakah suatu reaksi tersebut menyerap panas (*endotermis*) atau melepas panas (*eksotermis*), untuk menentukannya perlu dilakukan perhitungan menggunakan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada tekanan 1 atm dan suhu 298 °K. Reaksi pembentukan fenol dari klorobenzena dan NaOH dapat dilihat dari persamaan reaksi 1.3. Dan untuk nilai panas pembentukan standar (ΔH_f°) masing-masing senyawa dapat dilihat pada Table 1.8 berikut :

Tabel 1. 8 Harga ΔH_f° masing-masing komponen

Komponen	ΔH_f° (kJ/mol)
Chlorobenzena (C ₆ H ₅ Cl)	51,84
Natrium Hidroksida (NaOH)	-411,20
Natrium Klorida (NaCl)	-425,60
Fenol (C ₆ H ₅ OH)	-96,36



$$\Delta H_f^\circ = A + BT + CT^2$$

Dimana,

ΔH_f° = Panas pembentukan standar, kJ/mol

A, B, C = Konstanta

T = Suhu, °K

$$\Delta H_{reaksi}^\circ = \Delta H_{f \text{ produk}}^\circ - \Delta H_{f \text{ reaktan}}^\circ$$

$$\Delta H_{reaksi}^\circ = (\Delta H_{f \text{ C}_6\text{H}_5\text{OH}}^\circ + \Delta H_{f \text{ NaCl}}^\circ) - (\Delta H_{\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}}^\circ + \Delta H_{\text{NaOH}}^\circ)$$

$$\Delta H_{reaksi}^\circ = ((-96,36) + (-411,20)) - (51,84 + (-425,60))$$

$$\Delta H_{reaksi}^\circ = -133,76 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Reaksi *Overall* dari proses pembuatan fenol dari klorobenzene diketahui bahwa reaksinya termasuk *eksotermis* dengan kesetimbangan reaksi bernilai negatif, yaitu $\Delta H_{reaksi}^\circ = -133,76$ kJ/mol. Artinya reaksi pembentukan fenol ini akan melepaskan kalor dari sistem ke lingkungan sehingga kalor dari sistem berkurang.

Setelah mengetahui nilai *enthalpy* secara keseluruhan, kemudian menghitung nilai *Gibbs* keseluruhan pada reaksi yang sama dengan suhu 298 K, berikut merupakan harga energi *Gibbs* pada masing-masing komponen, diantaranya adalah sebagai berikut :

Tabel 1. 9 Harga ΔG_f° masing-masing Komponen

komponen	Harga
C_6H_5Cl	99,16
NaOH	-379,50
C_6H_5OH	-32,89
NaCl	-384,10

Energi Gibbs Secara Keseluruhan :

$$\Delta G_r^\circ(298) = \Delta G_f^\circ \text{Produk} - \Delta G_f^\circ \text{Reaktan}$$

$$\Delta G_r^\circ(298) = [\Delta G_f^\circ(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) + \Delta G_f^\circ(\text{NaCl})] - [\Delta G_f^\circ(\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}) + \Delta G_f^\circ(\text{NaOH})]$$

$$\Delta G_r^\circ(298) = [(-32,89) + (-384,10)] - [(99,16) + (-379,50)] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta G_r^\circ(298) = -136,65 \text{ (kJ/mol)}$$

Reaksi *Overall* dari proses pembentukan Fenol merupakan reaksi eksotermis dengan kesetimbangan reaksi mengarah ke kiri didapatkan nilai $\Delta H_r = -133,76$ kJ/mol artinya reaksi melepaskan kalor dari sistem ke lingkungan sehingga kalor dari sistem berkurang. Sementara untuk nilai energi Gibbs yang didapatkan yaitu sebesar $\Delta G_r^\circ = -136,65$ kJ/mol, dimana energi Gibbs memiliki nilai negatif sehingga reaksi ini termasuk reaksi spontan.

Berdasarkan persamaan 15.14 dari Van Ness (1997), maka :

$$\ln K_1 = \left(\frac{-\Delta G_r^\circ}{T \cdot R} \right) \quad (1.11)$$

$$\ln K_1 = \frac{1}{T} \times \frac{-(-136,65)}{8,314} \quad (1.12)$$

$$K_1 = e^{\frac{1}{T} \times 16,43613183} \quad (1.13)$$

Konstanta kesetimbangan (K_1) pada suhu 298 K dapat dihitung dengan persamaan (1.13) maka didapatkan

$$K_1 = e^{\frac{1}{298} \times 16,43613183}$$

$$K_1 = e^{\frac{1}{298} \times 16,43613183}$$

$$K_1 = 1,06$$

Pada suhu 120 °C (393 K), besarnya konstanta kesetimbangan (K_2) dapat dihitung dengan persamaan :

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \left[-\frac{\Delta H}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right] \quad (1.14)$$

Dengan menghitung menggunakan persamaan (1.14) maka didapatkan :

$$\ln \frac{K_2}{1,056704185} = \left[-\frac{-133,76}{8,314} \right] \left[\frac{1}{393} - \frac{1}{298} \right]$$

$$\ln \frac{K_2}{1,056704185} = -0,01305061659$$

$$\frac{K_2}{1,056704185} = e^{-0,01305061659}$$

$$\frac{K_2}{1,056704185} = 0,9870341735$$

$$K_2 = 1,04$$

Reaksi berjalan *irreversible* apabila nilai $K > 1$, dari hasil perhitungan nilai kesetimbangan K_1 sebesar 1,06 dan K_2 sebesar 1,04, sehingga hal ini menunjukkan bahwa reaksi berjalan searah menuju produk atau *irreversible* karena nilai K positif (+).

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika berfungsi untuk menganalisa laju reaksi dan kecepatan reaksi. Laju reaksi sendiri merupakan perubahan konsentrasi reaktan terhadap waktu. Laju reaksi akan meningkat dengan seiring peningkatan suhu dan menyebabkan volume reaktor yang dibutuhkan semakin kecil.

Kinetika reaksi dalam pembentukan fenol adalah dengan sistem pendekatan reaksi pembentukan fenol dari benzena (*Chemical Engineering Science 2021*). Pada reaksi sintesis fenol dilakukan pendekatan reaksi karena adanya kendala dalam keterbatasan data dan sumber referensi yang ada. Diketahui nilai analogi kinetika reaksi benzena menjadi fenol dalam mikroreaktor sebagai berikut :

Maka,

$$k = 0,02181 \text{ min}^{-1} \text{ (orde 1)}$$



BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk, Bahan baku dan Bahan Pendukung

2.1.1 Sifat Fisika Produk, Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Tabel 2. 1 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Spesifikasi	Produk	Bahan Baku		Bahan Pendukung
		Klorobenzena	Natrium Hidroksida	
Nama senyawa	Fenol	Klorobenzena	Natrium Hidroksida	<i>Cooper Oxide</i>
Rumus molekul	C ₆ H ₅ OH	C ₆ H ₅ Cl	NaOH	Cu ₂ O
Berat molekul, g/mol	94,11	112,56	40	143
Fase	Cair	Cair	Padat	Padat
Spesifik gravity	3,24	1,1058	2,13	
Titik didih, °C	181,8	131,6	1.390	2000
Titik lebur, °C	42	-45,6	323	1326
Densitas, g/cm ³	1,07	1,46	2,13	6,48
Temperatur Kritis, K	967,35	615	653,3	
Tekanan kritis, atm	604,98	44,6	49,8	
Kelarutan dalam air, g/l pada 20 °C	84	0,207	1.090	0,0001
pH	5	6,5-8,5	14	7
Kadar, %	98	99	98	99

2.1.2 Sifat Kimia Produk, Bahan Baku dan Bahan Pendukung

1. Sifat Kimia Fenol (C₆H₅OH)

Secara sifat kimia, fenol memiliki sifat korosif, mudah terbakar, dapat menyebabkan iritasi pada mata, kulit serta saluran pernapasan. Dimana secara standar *National Fire Protection Association* (NFPA) 704 atau yang dapat juga disebut sebagai simbol *Hazard Diamond*, tingkat bahaya pada fenol dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Hazard pada Fenol

Berdasarkan gambar 2.1, fenol dapat tergolong ke dalam 4 hal sebagai berikut :

a. Bahaya Kesehatan (Warna Biru)

Fenol tergolong ke dalam bahaya kesehatan pada tingkat 3. Hal ini menunjukkan bahwa Fenol dapat menyebabkan luka, iritasi atau cedera sedang hingga serius apabila terpapar dalam kurun waktu yang singkat.

b. Bahaya Kebakaran (Warna Merah)

Fenol tergolong ke dalam bahaya kebakaran pada tingkat 2. Hal ini menunjukkan bahwa Fenol dapat terbakar pada pemanasan moderat, titik nyala api 79,4 °C

c. Reaktivitas (Warna Kuning)

Fenol tergolong ke dalam bahaya reaktivitas pada tingkat 0. Hal ini menunjukkan bahwa Fenol memiliki reaktivitas yang stabil.

d. Peringatan Khusus (Warna Putih)

Fenol tergolong ke dalam peringatan khusus pada tingkat 0. Hal ini menunjukkan bahwa Fenol tidak memiliki peringatan khusus.

2. Sifat Kimia Klorobenzena (C_6H_5Cl)

Secara kimia, klorobenzena memiliki sifat dapat menyebabkan iritasi pada mata, kulit serta saluran pernapasan. Dimana secara standar *National Fire Protection Association* (NFPA) 704 atau yang dapat juga disebut sebagai simbol *Hazard Diamond*, tingkat bahaya pada klorobenzena dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Hazard pada klorobenzena

Berdasarkan gambar 2.2, klorobenzena dapat tergolong ke dalam 4 hal sebagai berikut :

a. Bahaya Kesehatan (Warna Biru)

klorobenzena tergolong ke dalam bahaya kesehatan pada tingkat 2. Hal ini menunjukkan bahwa klorobenzena dapat menyebabkan keracunan bila terhirup, iritasi atau cedera sedang hingga serius apabila terpapar dalam kurun waktu yang singkat.

b. Bahaya Kebakaran (Warna Merah)

klorobenzena tergolong ke dalam bahaya kebakaran pada tingkat 3. Hal ini menunjukkan bahwa klorobenzena mudah terbakar pada pemanasan moderat, titik nyala api 23 °C

c. Reaktivitas (Warna Kuning)

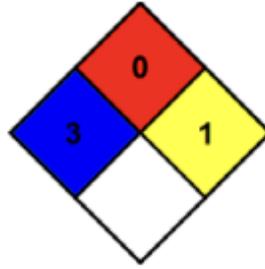
klorobenzena tergolong ke dalam bahaya reaktivitas pada tingkat 0. Hal ini menunjukkan bahwa klorobenzena memiliki reaktivitas yang stabil.

d. Peringatan Khusus (Warna Putih)

klorobenzena tidak memiliki peringatan khusus.

3. Sifat Kimia NaOH

Secara kimia, NaOH memiliki sifat korosif, dapat menyebabkan kulit terbakar dan kerusakan mata. Berdasarkan standar *National Fire Protection Association* (NFPA) 704 atau yang dapat juga disebut sebagai simbol *Hazard Diamond*, tingkat bahaya pada NaOH dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Hazard pada NaOH

Berdasarkan gambar 2.3, NaOH dapat tergolong ke dalam 4 hal sebagai berikut :

a. Bahaya Kesehatan (Warna Biru)

NaOH tergolong ke dalam bahaya kesehatan pada tingkat 3. Hal ini menunjukkan bahwa NaOH dapat menyebabkan luka, iritasi atau cedera sedang hingga serius apabila terpapar dalam kurun waktu yang singkat.

b. Bahaya Kebakaran (Warna Merah)

NaOH tergolong ke dalam bahaya kebakaran pada tingkat 0. Hal ini menunjukkan bahwa NaOH tidak dapat terbakar.

c. Reaktivitas (Warna Kuning)

NaOH tergolong ke dalam bahaya reaktivitas pada tingkat 1. Hal ini menunjukkan bahwa NaOH memiliki reaktivitas yang stabil. Namun pada tekanan dan suhu yang tinggi NaOH dapat menjadi tidak stabil.

d. Peringatan Khusus (Warna Putih)

NaOH tidak memiliki peringatan khusus.

4. Sifat Kimia Cu_2O (*Cooper Oxide*)

Secara kimia, Cu_2O (*Cooper Oxide*) memiliki sifat korosif, dapat menyebabkan kulit terbakar dan kerusakan mata. Berdasarkan standar *National Fire Protection Association* (NFPA) 704 atau yang dapat juga disebut sebagai simbol *Hazard Diamond*, tingkat bahaya pada Cu_2O (*Cooper Oxide*) dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Hazard pada Cu₂O (*Cooper Oxide*)

Berdasarkan gambar 2.3, Cu₂O dapat tergolong ke dalam 4 hal sebagai berikut :

a. Bahaya Kesehatan (Warna Biru)

Cu₂O (*Cooper Oxide*) tergolong ke dalam bahaya kesehatan pada tingkat 2. Hal ini menunjukkan bahwa Cu₂O (*Cooper Oxide*) dapat menyebabkan luka, iritasi atau cedera sedang hingga serius apabila terpapar dalam kurun waktu yang singkat.

b. Bahaya Kebakaran (Warna Merah)

Cu₂O (*Cooper Oxide*) tergolong ke dalam bahaya kebakaran pada tingkat 0. Hal ini menunjukkan bahwa Cu₂O (*Cooper Oxide*) tidak dapat terbakar.

c. Reaktivitas (Warna Kuning)

Cu₂O (*Cooper Oxide*) tergolong ke dalam bahaya reaktivitas pada tingkat 0. Hal ini menunjukkan bahwa Cu₂O (*Cooper Oxide*) memiliki reaktivitas yang stabil.

d. Peringatan Khusus (Warna Putih)

Cu₂O (*Cooper Oxide*) tidak memiliki peringatan khusus.

2.2 Pengendalian Kualitas

2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Bahan baku sangat berpengaruh terhadap kualitas produk, Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui apakah bahan baku tersebut memenuhi spesifikasi yang ada dikarenakan kualitas bahan baku menjadi hal yang sangat penting didalam industri. Pengaruh kualitas bahan baku yang digunakan untuk proses produksi sebagian besar mempengaruhi kualitas produk akhir ditentukan oleh bahan baku yang digunakan sehingga karakteristik bahan baku akan menjadi sangat penting dalam industri. Oleh karena itu sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku yang berupa klorobenzena dan natrium hidroksida dengan tujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses di dalam pabrik dan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Tujuan pengujian ini dilakukan agar bahan baku yang digunakan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan di dalam desain produksi. Pengujian yang dilakukan seperti kelarutan dalam air, densitas, titik lebur, kemurnian bahan baku dan lain sebagainya.

2.2.2 Pengendalian Kualitas Bahan Pendukung

Bahan pendukung sangat berpengaruh dalam pembuatan suatu produk dimana bahan pendukung untuk pembuatan fenol adalah katalis Cu_2O .

2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk

Untuk memperoleh mutu produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara *system control* sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada maka dilakukan uji densitas, viskositas, volatilitas, kemurnian produk dan komposisi komponen produk.

2.2.4 Pengendalian Proses Produksi

Pengendalian proses produksi pada pabrik dilakukan untuk menjaga kualitas bahan baku sampai menjadi produk yang akan dihasilkan. Selain

pengawasan mutu bahan baku, bahan pendukung, produk setengah jadi maupun produk penunjang mutu proses. Semua pengawasan mutu dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol. Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dilakukan dengan cara *automatic control* yang menggunakan indikator. Apabila terjadi penyimpangan pada indikator dari yang telah ditetapkan baik itu *flow rate* bahan baku atau produk, *level control*, maupun *temperature control* dapat diketahui dari sinyal atau tanda yang diberikan yaitu nyala lampu, bunyi alarm dan sebagainya. Bila terjadi penyimpangan maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada kondisi atau set semula baik secara manual atau otomatis.

2.1.1.1. Alat Sistem Kontrol

a. *Level Control*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian atas tangki. Jika belum sesuai dengan kondisi yang diterapkan, maka akan timbul tanda atau isyarat berupa suara dan nyala lampu.

b. *Flow Rate*

Merupakan alat yang dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk dan aliran keluar proses.

c. *Temperature Control*

Merupakan alat yang dipasang didalam setiap alat proses. Jika belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, maka akan timbul tanda atau isyarat berupa suara dan nyala lampu.

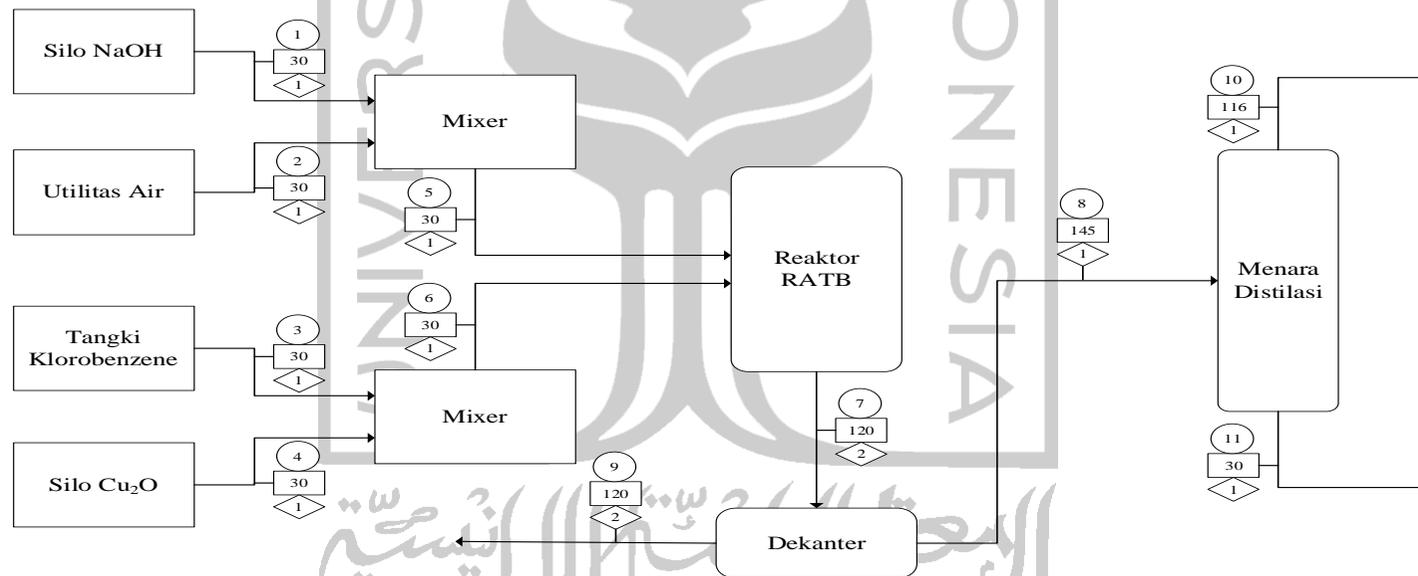
2.1.1.2. Aliran Sistem Control

- a. Aliran pneumatis (aliran udara tekan) digunakan untuk *valve* dari *controller* ke *actuator*.
- b. Aliran *electric* (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*.
- c. Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan *level*) digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

BAB III
PERANCANGAN PROSES

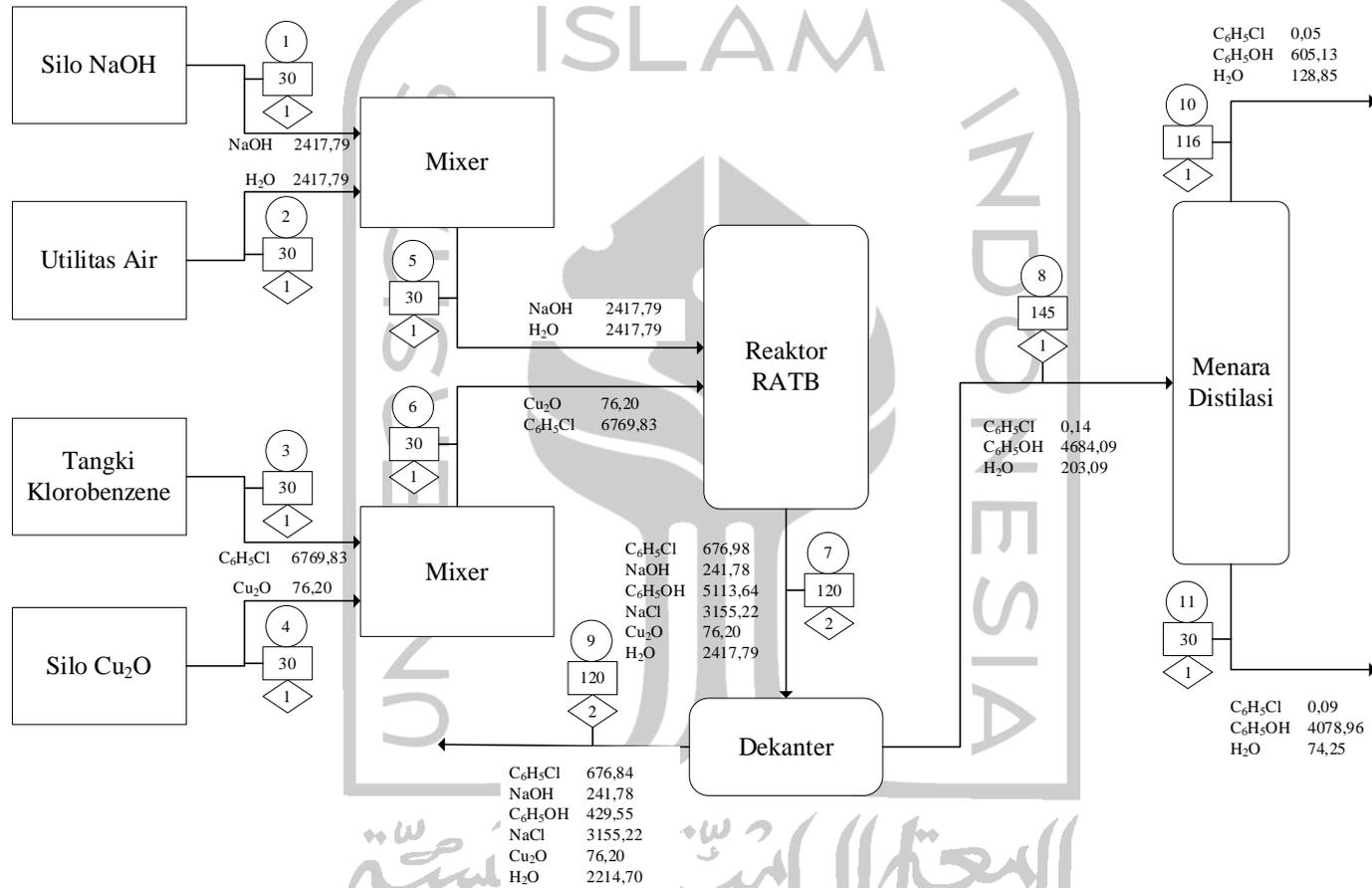
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif Produksi Fenol

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif Produksi Fenol

3.2 Uraian Proses

Pabrik pembentukan fenol ini diproduksi dengan kapasitas 45.000 ton/tahun dari bahan baku klorobenzena dan natrium hidroksida untuk membentuk fenol yang akan beroperasi selama 24 jam perhari dalam 330 hari selama 1 tahun. Secara keseluruhan proses dapat digolongkan menjadi tiga tahapan yaitu :

1. Persiapan bahan baku dan bahan pendukung
2. Proses reaksi
3. Proses pemisahan

3.2.1 Persiapan Bahan Baku Dan Bahan Pendukung

a. Klorobenzena (C_6H_5Cl)

Bahan baku klorobenzena merupakan salah satu komponen utama yang digunakan sebagai pembentukan fenol, dimana klorobenzena disimpan dalam tangki penyimpanan (T-01) dengan fase cair pada suhu $30\text{ }^{\circ}C$ dan tekanan 1 atm. Sebelum dialirkan kedalam reaktor klorobenzena di *mixer* (M-01) dengan katalis dan selanjutnya di alirkan oleh pompa menuju *heater* yang nantinya suhu dan tekanan sesuai dengan kondisi operasi.

b. natrium hidroksida (NaOH)

bahan baku natrium hidroksida yang di gunakan dalam pembentukan fenol, dimanana NaOH disimpan dalam silo (SL-01) dengan fase padat pada suhu $30\text{ }^{\circ}C$ dan tekanan 1 atm. Sebelum dialirkan kedalam reaktor NaOH di *mixer* (M-02) dengan air dan selanjutnya di alirkan oleh pompa menuju *heater* yang nantinya suhu dan tekanan sesuai dengan kondisi operasi.

c. Katalis *copper oxide ll* (Cu_2O)

Katalis Cu_2O merupakan bahan yang memebantu mekanisme dalam proses pembentukan fenol.

3.2.2 Proses Reaksi Pembuatan Produk

Proses pembuatan fenol dari klorobenzena dan natrium hidroksida dengan bantuan katalis *copper oxide II* diumpankan kedalam reaktor (R-01). Pada reaktor (R-01) terjadi reaksi sintesis antara klorobenzena dengan NaOH pada suhu 120 °C, tekanan 2 atm dan berlangsung secara eksotermis dan berjalan secara satu arah (*irreversible*). Reaktor yang digunakan yaitu Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Konversi dalam reaktor mencapai 90%. Untuk menjaga suhu dalam reaksi maka reaktor dilengkapi dengan jaket pendingin.

3.2.3 Proses Pemisahan dan Pemurnian Produk

Hasil keluaran dari reaktor (R-01) dialirkan kedalam dekanter dimana alat ini berfungsi untuk memisahkan fase ringan dan fase berat dimana untuk fase berat yaitu produk samping berupa natrium klorida (NaCl) dan sisa bahan baku yang selanjutnya di alirkan menuju UPL (Unit Pengolahan Limbah). Untuk fase ringan adalah produk fenol (C₆H₅OH) dan sedikit pengotor yang akan dialirkan menggunakan pompa (P-08) menuju menara distilasi (MD-01).

Pada menara distilasi (MD-01) untuk memisahkan keluaran dari dekanter, H₂O sebagai *Light Component* (LK) dan produk fenol sebagai *Heavy Component* (HK). Arus keluaran dari menara distilasi terdapat 2 arus, yaitu arus atas yang mengandung air, klorobenzena dan sedikit fenol. Hasil keluaran atas akan di alirkan menggunakan pompa (P-08) menuju UPL (Unit Pengolahan Limbah). Sementara arus bawah yang mengandung banyak fenol, serta sedikit air dan klorobenzena kemudian akan dialirkan menggunakan pompa (09) menuju tangki penyimpanan (T-02) sebagai produk utama.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

a. Reaktor 1

Spesifikasi Umum

Kode	: R-01
Fungsi	: Sebagai tempat berlangsungnya reaksi antara klorobenzena dengan natrium hidroksida dengan bantuan katalis Cu_2O
Jenis/Tipe	: reaktor alir tangki berpengaduk
Mode Operasi	: kontinyu
Jumlah	: 1
Harga	: Rp 8.843.627.340

Kondisi Operasi

Suhu	: 120 °C
Tekanan	: 2 atm
Kondisi Proses	: <i>Isothermal</i>

Konstruksi dan Material

Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Diameter (ID) <i>shell</i>	: 4,68 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,44 in
Tinggi total	: 9,00 m
Jenis <i>head</i>	: <i>Torispherical flanged & dished head</i>

Spesifikasi Khusus

Tipe Pengaduk	: <i>Turbine with 6 flat blades</i>
Diameter Pengaduk	: 1,56 m
Kecepatan Pengadukan	: 50,21 rpm
Power Pengadukan	: 60,78 Hp
Jumlah <i>baffle</i>	: 4
Lebar <i>baffle</i>	: 0,27

Mode Transfer Panas

- UD : 346,80 W/m².K
- Luas area transfer panas : 59,77 m²
- Dimensi Jaket Pendingin
 - ID Jaket Pendingin : 196 in
 - *Schedule Number* : 40
 - Tebal Jaket : 0,01 m

3.3.2 Spesifikasi Alat Pendukung dan Pemisah

Tabel 3. 1 Spesifikasi *mixer*

<i>Mixer</i>	M-01	M-02
Fungsi	Untuk melarutkan kristal natrium hidroksida	Untuk mencampurkan klorobenzena dengan katalis (Cu ₂ O)
Jumlah	1	1
Jenis	<i>Torispherical flanged and dished head</i> dengan pengaduk <i>Flat Six Blade Turbine Impeller</i>	<i>Torispherical flanged and dished head</i> dengan pengaduk <i>Flat Six Blade Turbine Impeller</i>
Harga (Rp)		
Material	<i>Stainless Steel 304</i>	<i>Stainless Steel 304</i>
Kondisi Operasi	30 °C, 1 atm	30 °C, 1 atm
Spesifikasi		
Diameter (m)	1,12	1,36
Tinggi Tangki (m)	2,13	2,61
Volume (m ³)	1,20	2,12
Tebal <i>Shell</i> (in)	0,19	0,19
Tebal <i>Head</i> (in)	0,19	0,19
Diameter Pengaduk (m)	0,34	0,45
Kecepatan Pengaduk (rpm)	870,54	638,49
Tenaga Pengaduk (Hp)	178,93	147,68

a. Dekanter

Kode	: D-01
Fungsi	: Untuk Memisahkan fase ringan dan fase berat yang keluar dari reaktor dengan prinsip perbedaan densitas dan kelarutannya
Jenis	: Tangki <i>horizontal</i> dan <i>head thorispherical</i>
Material	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Kondisi Operasi	: 120 °C; 2 atm
Jumlah	: 1
Spesifikasi	
<i>Shell</i>	
a. Diameter	: 1,00 m
b. Panjang	: 2,45 m
c. Tebal	: 0,19 in
<i>Head</i>	
a. Jenis	: <i>Thorispherical head</i>
b. Tinggi	: 0,23 m
c. Tebal	: 0,19 in
Harga	: Rp 139.146.606



b. Menara Distilasi

Kode	: MD-01
Fungsi	: Untuk memisahkan komponen H ₂ O dengan Produk (C ₆ H ₅ OH)
Jenis	: <i>Plate Tower (Sieve Tray)</i> berbentuk <i>Torispherical Roof</i>
Material	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Jumlah	: 1
Kondisi Operasi	
a. Umpan	: 145 °C
b. Distilat	: 116 °C
c. Bottom	: 178 °C
Spesifikasi	
<i>Shell</i>	
a. Diameter	: 0,70 m
b. Tinggi	: 3,70 m
c. Tebal	: 0,19 in
<i>Head</i>	
a. Jenis	: <i>Torispherical dished head</i>
b. Tinggi	: 7,10 in
c. Tebal	: 0,19 in
<i>Tray</i>	
a. Jenis tray	: <i>Sieve tray</i>
b. Tebal tray	: 0,003 m
c. Jumlah plate aktual	: 5 buah
d. Diameter hole	: 0,005 m
e. <i>Tray spacing</i>	: 0,45 m
f. Jumlah lubang	: 1478 buah

3.3.3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Tabel 3. 2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Tangki	T-01	T-02	SL-01	SL-02
Fungsi	Menyimpan kebutuhan bahan baku C ₆ H ₅ Cl	Menyimpan produk fenol (C ₆ H ₅ OH)	Menyimpan kebutuhan NaOH	Menyimpan kebutuhan katalis
Lama Penyimpanan	15	15	15	15
Fasa	Cair	Cair	Padat	Padat
Jumlah Tangki	1	1	1	1
Jenis Tangki	<i>Slilinder</i> tegak dengan dasar <i>Flat Bottom</i> dan atap berbentuk <i>Torispherical Roof</i>	<i>Slilinder</i> tegak dengan dasar <i>Flat Bottom</i> dan atap berbentuk <i>Torispherical Roof</i>	<i>Slinder</i> tegak dengan <i>Conical Bottom</i> dan tutup <i>Flat Head</i>	<i>Slinder</i> tegak dengan <i>Conical Bottom</i> dan tutup <i>Flat Head</i>
Kondisi Operasi	30 °C, 1 atm	30 °C, 1 atm	30 °C, 1 atm	30 °C, 1 atm
Spesifikasi				
Bahan Kontruksi	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 type 304</i>	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 type 304</i>
Volume Tangki (m ³)	2726,05	1685,06	968,96	4,69
Diameter (m)	18,29	13,72	8,52	1,44
Tinggi (m)	10,78	8,63	16,23	2,88
Jumlah <i>course</i>	6	4		
Tebal <i>shell</i> (in)	3/8	5/16	3/8	3/16
Head & Bottom				
Jenis <i>Head</i>	<i>Torispherical</i>	<i>Torispherical</i>	<i>Flat Head</i>	<i>Flat Head</i>
Tebal <i>Head</i> (in)	3/16	3/16	3/16	3/16
Jenis <i>Bottom</i>	<i>Flat Bottom</i>	<i>Flat Bottom</i>	<i>Conical Bottom</i>	<i>Conical Bottom</i>
Tebal <i>Bottom</i> (in)	3	3		
Tinggi <i>Conis</i> (m)			3,46	0,71
Harga (Rp)	3.100.836.330	1.785.877.110	865.911.801	219.909.326

3.3.4 Spesifikasi *Expansion Valve*

Tabel 3. 3 Spesifikasi *Expansion Valve*

Nama		Expansion Valve 01
Kode		(EV-01)
Fungsi		Menurunkan tekanan keluaran dekanter-01 untuk diumpankan ke MD-01
Jenis		<i>Globe Valve</i>
Material		<i>Commercial Stainless Steel AISI tipe 316</i>
Kondisi Operasi	T (°C)	120
	P in (atm)	2
	P out (atm)	1
Ukuran Pipa	ID (in)	1,38
	OD (in)	1,66
	SCH	40
	IPS (in)	1,25
	Luas (in ²)	1.5
Panjang Ekvivalen, (m)		10,67
Daya (Hp)		
Jumlah		1
Harga (Rp)		10.894.151

3.3.5 Spesifikasi Alat Tansportasi

Tabel 3. 4 Spesifikasi alat transportasi padatan

Jenis Alat	<i>Screw Conveyor (SC-01)</i>	<i>Screw Conveyor (SC-02)</i>
Jumlah	2	2
Fungsi	Mengangkut natrium hidroksida padat menuju <i>Mixer-01</i>	Mengangkut katalis <i>copper oxide II</i> padat menuju <i>Mixer-02</i>
Kondisi Operasi		
Tekanan (atm)	1	1
Suhu (°C)	30	30
Bentuk Bahan	Padat	Padat
Jenis <i>Conveyor</i>	<i>Horizontal Screw Conveyor</i>	<i>Horizontal Screw Conveyor</i>
Spesifikasi		
Kapasitas (ton/jam)	5	5
<i>Speed</i> (rpm)	40	40
Motor Power (Hp)	0,43	0,43
Panjang (m)	4,57	4,57
Diameter (in)	9	9
Material <i>Contruction</i>	<i>Carbon Steel SA 28 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 28 Grade C</i>
Harga (Rp)	57.172.140	57.172.140

Tabel 3. 5 Spesifikasi alat transportasi cairan

Pompa	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	P-07	P-08	P-09
Jumlah	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Fungsi	Mengalirkan C ₆ H ₅ Cl ke M-02	Mengalirkan H ₂ O menuju M-01	Mengalirkan dan menaikkan tekanan larutan NaOH menuju R-01	Mengalirkan dan menaikkan tekanan C ₆ H ₅ Cl & katalis Cu ₂ O menuju R-01	Mengalirkan hasil keluaran R-01 menuju D-01	Mengalirkan hasil keluaran D-01 menuju MD-01	Mengalirkan hasil keluaran D-01 menuju UPL	Mengalirkan umpan atas MD-01 menuju UPL	Mengalirkan umpan dari MD-01 menuju T-02
Kondisi Operasi									
Viskositas (cP)	0,6893	0,8177	387,86	0,6893	163,74	5,2874	277,72	4,6624	5,3979
Kapasitas (m ³ /jam)	7,4142	14,1804	14,8694	7,1088	10,41604	5,5131	5,2646	0,8324	4,6807
<i>Pump Head</i> (m)	3,7652	3,1203	39,3143	39,8484	0,9015	3,1564	1,1065	9,2294	2,9791
Suhu Fluida (°C)	30	30	120	120	120	157	120	115	158
<i>Submersibility</i>	<i>Immersed</i>								
Jenis Pompa	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>								
Daya Motor (Hp)	0,25	0,75	7,50	5,00	0,75	0,25	0,33	0,125	0,25
Material <i>Contruction</i>	<i>Carbon Steel SA 28 Grade C</i>								
Harga (Rp)	105.317.100	105.317.100	105.317.100	105.317.100	105.317.100	105.317.100	105.317.100	105.317.100	105.317.100

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. Condensor (CD-01)

Tabel 3. 6 Spesifikasi *condensor* (CD-01)

Fungsi	Mengembangkan hasil atas keluaran Menara Distilasi (MD-01)	
Jenis	<i>Shell and Tube</i>	
Tipe	<i>Water</i>	
Kondisi Operasi		
	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk (°C)	30	158
Suhu Keluar (°C)	40	116
Tekanan (atm)	1	
Beban Panas (Btu/jam)	983901,92	
Mechanical Design		
	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
Panjang (ft)		24
<i>Passes</i>	1	4
BWG (ft)		18
<i>Baffle</i> (in)	11,437 in	
ID (in)	15,25	0,902
OD (in)		1
Nt (buah)		40
<i>Pressure Drop</i> (psi)	0,00358	0,58372
Rd (Btu/jam.ft ³ .F)	0,04211	
Harga (Rp)	529.594.560	

b. Reboiler (RB-01)

Tabel 3. 7 Spesifikasi *reboiler* (RB-01)

Fungsi	Menguapkan hasil bawah keluaran Menara Distilasi (MD-01)	
Jenis	<i>Double Pipe</i>	
Tipe	<i>Steam</i>	
Kondisi Operasi		
	<i>Anulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk (°C)	200	175
Suhu Keluar (°C)	200	178
Tekanan (atm)	1	1
Beban Panas (Btu/jam)	1339672,77	
Mechanical Design		
	<i>Anulus</i>	<i>Tube</i>

Tabel 3.7 Spesifikasi *reboiler* (RB-01) (Lanjutan)

Panjang (ft)	20	
<i>Hairpin</i>	3	
ID (in)	4,026	3,068
OD (in)	4,5	3,5
A (ft ²)	0,02158	0,05131
<i>Pressure Drop</i> (psi)	0,00064	0,03188
Rd (Btu/jam.ft ³ .F)	0,0046	
Harga (Rp)	321.969.420	

c. *Heater* (HE-01)

Tabel 3. 8 Spesifikasi *heater* (HE-01)

Fungsi	Memanaskan hasil keluaran dari <i>Mixer</i> -01 menuju Reaktor-01	
Jenis	<i>Double Pipe</i>	
Tipe	<i>Steam</i>	
Kondisi Operasi		
	<i>Anulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk (°C)	200	30
Suhu Keluar (°C)	200	120
Tekanan (atm)	2	2
Beban Panas (Btu/jam)	872976,46	
Mechanical Design		
	<i>Anulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang (ft)	20	
<i>Hairpin</i>	1	
ID (in)	4,026	3,068
OD (in)	4,5	3,5
A (ft ²)	0,02158	0,05131
<i>Pressure Drop</i> (psi)	0,00028	0,11124
Rd (Btu/jam.ft ³ .F)	0,0051	
Harga (Rp)	48.144.960	

d. *Heater* (HE-02)

Tabel 3. 9 Spesifikasi *heater* (HE-02)

Fungsi	Memanaskan hasil keluaran dari <i>Mixer-02</i> menuju Reaktor-01	
Jenis	<i>Double Pipe</i>	
Tipe	<i>Steam</i>	
Kondisi Operasi		
	<i>Anulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk (°C)	200	30
Suhu Keluar (°C)	200	120
Tekanan (atm)	2	2
Beban Panas (Btu/jam)	1311921,81	
Mechanical Design		
	<i>Anulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang (ft)	20	
<i>Hairpin</i>	4	
ID (in)	4,026	3,068
OD (in)	4,5	3,5
A (ft ²)	0,02158	0,05131
<i>Pressure Drop</i> (psi)	0,00062	0,37462
Rd (Btu/jam.ft ³ .F)	0,0076	
Harga (Rp)	48.144.960	

e. *Heater* (HE-03)

Tabel 3. 10 Spesifikasi *heater* (HE-03)

Fungsi	Memanaskan hasil keluaran dari Dekanter-01 menuju Menara Distilasi-01	
Jenis	<i>Double Pipe</i>	
Tipe	<i>Steam</i>	
Kondisi Operasi		
	<i>Anulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk (°C)	200	120
Suhu Keluar (°C)	200	157
Tekanan (atm)	1	1
Beban Panas (Btu/jam)	428824,32	
Mechanical Design		
	<i>Anulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang (ft)	20	
<i>Hairpin</i>	1	
ID (in)	4,026	3,068

Tabel 3.10 Spesifikasi *heater* (HE-03) (Lanjutan)

OD (in)	4,5	3,5
A (ft ²)	0,02158	0,05131
<i>Pressure Drop</i> (psi)	0,00001	0,04484
Rd (Btu/jam.ft ³ .F)	0,0081	
Harga (Rp)	48.144.960	

f. *Cooler* (CL-01)

Tabel 3. 11 Spesifikasi *cooler* (CL-01)

Fungsi	Mendinginkan hasil keluaran RB-01 menuju T-02	
Jenis	<i>Double Pipe</i>	
Tipe	<i>Steam</i>	
Kondisi Operasi		
	<i>Anulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk (°C)	25	158
Suhu Keluar (°C)	40	30
Tekanan (atm)	1	1
Beban Panas (Btu/jam)	1428528,58	
Mechanical Design		
	<i>Anulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang (ft)	20	
<i>Hairpin</i>	8	
ID (in)	4,026	3,068
OD (in)	4,5	3,5
A (ft ²)	0,0216	0,0513
<i>Pressure Drop</i> (psi)	0,0028	0,489
Rd (Btu/jam.ft ³ .F)	0,0064	
Harga (Rp)	282.851.640	

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 12 Neraca Massa Total

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
C ₆ H ₅ Cl	6.769,83	676,98
NaOH	2.417,79	241,78
Cu ₂ O	76,20	76,20
H ₂ O	2.417,79	2.417,79
C ₆ H ₅ OH		5.113,64
NaCl		3.155,22
Total	11.681,62	11.681,62

3.4.2 Neraca Massa Alat

a. Mixer 01 (M-01)

Tabel 3. 13 Neraca Massa Mixer 01 (M-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 5
NaOH	2.417,79		2.417,79
H ₂ O		2.417,79	2.417,79
Total	4.835,59		4.835,59

b. Mixer 02 (M-02)

Tabel 3. 14 Neraca Massa Mixer 02 (M-02)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 6
C ₆ H ₅ Cl	6.759,83		6.759,83
Cu ₂ O		76,20	76,20
Total	6.846,03		6.846,03

c. Reaktor 01 (R-01)

Tabel 3. 15 Neraca Massa Reaktor 01 (R-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
C ₆ H ₅ Cl		6.759,83	676,98
NaOH	2.417,79		241,78
Cu ₂ O		76,20	76,20
H ₂ O	2.417,79		2417,79
C ₆ H ₅ OH			5113,64
NaCl			3155,22
Total	11.681,62		11.681,62

d. Dekanter 01 (D-01)

Tabel 3. 16 Neraca Massa Dekanter 01 (D-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9
C ₆ H ₅ Cl	676,98	0,14	676,84
NaOH	241,78		241,78
Cu ₂ O	76,20		76,20
H ₂ O	2.417,79	203,09	2.214,70
C ₆ H ₅ OH	5.113,64	4.684,09	429,55
NaCl	3.155,22		3.155,22
Total	11.681,62	11.681,62	

e. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 17 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 8	Arus 10	Arus 11
C ₆ H ₅ Cl	0,14	0,05	0,09
H ₂ O	203,09	203,09	
C ₆ H ₅ OH	4.684,09	808,27	4.079,05
Total	4.887,33	4.887,33	

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas Total

Tabel 3. 18 Neraca Panas Total

Alat	Q Masuk (Kj/Jam)	Q Keluar (Kj/Jam)
Mixer -01	68.017,21	68.017,21
Mixer -02	43.937,81	43.937,81
Reaktor -01	3.094.324,51	3.094.324,51
Dekanter -1	2.703.772,34	2.703.772,34
Menara Distilasi -01	2.811.367,98	2.811.367,98
Total	11.532.787,83	11.532.787,83

3.5.2 Neraca Panas Alat

a. Mixer 01 (M-01)

Tabel 3. 19 Neraca Panas Mixer 01 (M-02)

Komponen Energi	Masuk (Kj/Jam)	Keluar (Kj/Jam)
Q ₁	68.017,21	
Q ₂		68.017,21
Total	68.017,21	68.017,21

b. Mixer 02 (M-02)

Tabel 3. 20 Neraca Panas Mixer 02 (M-02)

Komponen Energi	Masuk (Kj/Jam)	Keluar (Kj/Jam)
Q ₁	43.937,81	
Q ₂		43.937,81
Total	43.937,81	43.937,81

c. Reaktor 01 (R-01)

Tabel 3. 21 Neraca Panas Reaktor 01 (R-01)

Komponen Energi	Masuk (Kj/Jam)	Keluar (Kj/Jam)
Q ₁	2.323.946,63	
Q ₂		2.686.797,89
Q Reaksi	770.377,88	
Q Pendingin		407.526,62
Total	3.094.324,51	3.094.324,51

d. Dekanter 01 (D-01)

Tabel 3. 22 Neraca Panas Dekanter 01 (D-01)

Komponen Energi	Masuk (Kj/Jam)	Keluar (Kj/Jam)
Q ₁	2.703.772,34	
Q ₂		2.703.772,34
Total	2.703.772,34	2.703.772,34

e. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 23 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01)

Komponen Energi	Masuk (Kj/Jam)	Keluar (Kj/Jam)
Q _(umpan)	1.397.938,20	
Q _(distilat)		260.377,13
Q _(bottom)		1.512.919,24
Q _(reboiler)	1.413.429,78	
Q _(condensor)		1.038.071,61
Total	2.811.367,98	2.811.367,98

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan dan penentuan letak merupakan salah satu bagian terpenting untuk memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik dalam suatu perancangan pabrik yang meliputi fasilitas bangunan, jenis dan jumlah peralatan, desain sarana pemipaan dan kelistrikan. Hal ini akan memberikan informasi yang dapat diandalkan terhadap biaya bangunan dan tanah sehingga dapat diperoleh perhitungan biaya lebih terperinci dan spesifik sebelum mendirikan suatu pabrik. Dengan pertimbangan tersebut Perancangan Pabrik Fenol kapasitas 45.000 ton/tahun ini akan didirikan di daerah Serang, Banten.



Gambar 4. 1 Lokasi Pendirian Pabrik

4.1.1 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku sangat dibutuhkan untuk menjamin kontinuitas produksi suatu pabrik. Bahan baku pembuatan fenol adalah klorobenzena dan natrium hidroksida. Lokasi yang dipilih berdekatan

dengan bahan baku natrium hidroksida berasal dari PT. Asahimas Chemical yang terletak di kota Cilegon, serta bahan baku klorobenzena dan bahan pendukung impor dari China.

4.1.2 Sarana utilitas yang memadai

Agar suatu proses pada pabrik berjalan dengan lancar dibutuhkan sarana pendukung seperti utilitas, utilitas sendiri berfungsi sebagai sarana pendukung seperti air, listrik, dan bahan bakar. Pada pendiriak pabrik fenol ini, sumber air berasal dari sungai berung yang berada lumayan dekat dengan lokasi pabrik. Dengan pertimbangan sumber air tersebut memiliki debit air yang cukup besar dengan fluktuasi antara musim hujan dan musim kemarau relatif kecil. Sumber energi listrik diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator pabrik sebagai cadangan jika PLN mengalami gangguan. Untuk bahan bakar generator sendiri diperoleh dari pertamina terdekat.

4.1.3 Transportasi dan distribusi yang lancar

Serang, Banten merupakan Kawasan industri yang telah ditetapkan oleh pemerintah, dimana Kawasan ini memiliki infrastruktur yang memadai seperti jalan raya yang akan memudahkan proses pendistribusian produk melalui jalur darat. Selain itu dekat dengan pelabuhan Merak yang akan memudahkan akses impor bahan baku dan proses ekspor produk ke luar negeri melalui jalur laut.

4.1.4 Pemasaran yang potensial

Fenol banyak digunakan dibidang Kesehatan, baik itu obat-obatan maupun sebagai antiseptic dan disinfektan. Target pasar pasar produk fenol sendiri adalah pemenuhan kebutuhan terhadap fenol dalam negeri maupun luar negeri. Di Indonesia fenol sendiri banyak digunakan sebagai bahan antiseptik dan sebagai bahan obat-obatan pada tanaman. Untuk target penjualan dalam negeri akan difokuskan di Pulau Jawa, Sumatra dan Kalimantan. Sedangkan untuk di luar negeri akan difokuskan pada negara-negara tetangga seperti Malaysia, Singapore, dan Thailand.

4.1.5 Penyediaan Sumber Daya Manusia sebagai Tenaga Kerja

Untuk kebutuhan tenaga kerja diperlukan spesifikasi sesuai dengan kriteria perusahaan. Diperlukan juga pertimbangan terhadap gaji minimum daerah setempat, jumlah waktu kerja, keanekaragaman keterampilan, Pendidikan masyarakat sekitar dan pertimbangan lainnya. Dengan ini kebutuhan tenaga kerja akan terpenuhi, baik dari sekitar lokasi maupun luar lokasi pabrik. Dengan adanya pendirian pabrik ini diharapkan dapat menurunkan tingkat pengangguran serta meningkatkan sumber daya manusia yang ada.

4.1.6 Keadaan iklim yang stabil

Kota Serang merupakan kota dengan iklim tropis, dengan suhu rata-rata 22°C - 33°C, sehingga operasi pabrik akan berjalan dengan lancar.

4.1.7 Lingkungan dan Masyarakat

Dengan adanya pembangunan pabrik baru ini, akan membuka lapangan pekerjaan yang cukup luas. Respon masyarakat sekitar juga cukup baik karena pendirian pabrik baru tersebut. Selain dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar, pendirian pabrik ini juga tidak mengganggu keamanan dan keselamatan masyarakat sekitar karena dampak yang telah dipertimbangkan sebelumnya.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan salah satu hal yang penting dalam mengatur fasilitas-fasilitas yang ada dalam pabrik guna menjalankan proses produksi. Tata letak pabrik ini meliputi semua rencana kebutuhan ruangan untuk melakukan seluruh aktivitas yang ada di suatu pabrik, baik aktivitas di dalam kantor, Gudang, kamar, maupun aktivitas lain yang berhubungan dengan proses suatu pabrik. Tata letak pabrik dibuat dengan mempertimbangkan berbagai aspek, sehingga proses produksi yang

berkelanjutan dan mobilitas karyawan dapat dilakukan dengan aman, mudah dan efisien.

Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam menentukan tata letak pabrik (Peters, 2004):

- a. Urutan rangkaian proses produksi,
- b. Perluasan lokasi pabrik,
- c. Distribusi ekonomis pada bahan baku, pengadaan air, *steam process*, serta tenaga listrik,
- d. Pemeliharaan serta perbaikan komponen-komponen dalam pabrik,
- e. Keamanan (*safety*) dan keselamatan kerja,
- f. Luas bangunan, kondisi bangunan, serta konstruksi bangunan yang telah memenuhi syarat.
- g. Perencanaan tata letak pabrik yang fleksibel dengan mempertimbangkan kemungkinan terjadinya perubahan dari proses ataupun mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak membutuhkan biaya yang mahal.
- h. Pembuangan limbah cair.
- i. *Service area*, seperti ruang ibadah, kantin, toilet, tempat parkir, dan sebagainya diatur dengan baik sehingga tidak jauh dari lokasi kerja.

Berikut merupakan hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik adalah sebagai berikut :

1. Perluasan Pabrik

Perluasan pabrik ini harus sudah masuk dalam perhitungan sejak dalam perancangan pabrik. Hal ini ditujukan agar masalah kebutuhan tempat di kemudian hari tidak dipermasalahkan. Sejumlah area khusus sudah disiapkan untuk dipakai sebagai perluasan pabrik, penambahan peralatan dan peningkatan kapasitas pabrik.

2. Keamanan

Keamanan terhadap kemungkinan adanya bahaya kebakaran, ledakan, asap/gas beracun harus benar-benar diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik. Untuk itu harus dilakukan penempatan alat-alat pengaman seperti *hydrant*, penampungan air yang cukup serta penahan ledakan. Tangki penyimpanan produk yang berbahaya harus diletakkan di area khusus serta perlu adanya jarak antara bangunan yang satu dengan yang lainnya guna memberikan pertolongan dan menyediakan jalan bagi para karyawan untuk menyelamatkan diri di saat terjadinya keadaan darurat.

3. Luas Area yang tersedia

Harga tanah yang menjadi hal yang membatasi kemampuan penyedia area. Pemakaian tempat disesuaikan dengan area yang tersedia. Jika harga tanah terlalu tinggi, maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan tertentu diletakkan di atas peralatan yang lain ataupun lantai ruangan diatur sedemikian rupa agar menghemat tempat.

4. Bangunan

Bangunan yang ada secara fisik harus memenuhi standar dan perlengkapan yang menyertainya seperti ventilasi, instalasi, dan lain-lainnya tersedia dan memenuhi syarat.

5. Instalasi dan Utilitas

Pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, *steam* dan listrik akan membantu kemudahan kerja dan perawatannya. Penempatan alat proses diatur sedemikian rupa sehingga karyawan dapat dengan mudah mencapainya dan dapat menjamin kelancaran operasi serta memudahkan dalam perawatannya.

6. Jaringan Jalan Raya

Untuk pengangkutan bahan, keperluan perbaikan, pemeliharaan dan keselamatan kerja, maka di antara daerah proses dibuat jalan yang cukup untuk memudahkan mobil keluar masuk, sehingga bila terjadi suatu bencana maka tidak akan mengalami kesulitan dalam menanggulangnya.

Secara garis besar tata letak pabrik dibagi dalam beberapa daerah utama, yaitu:

- a) Daerah Administrasi/perkantoran, laboratorium dan fasilitas pendukung. Area ini terdiri dari :
 - Daerah administrasi sebagai pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik.
 - Laboratorium sebagai pusat kontrol kualitas bahan baku dan produk.
 - Fasilitas – fasilitas bagi karyawan seperti : poliklinik, kantin, dan masjid.
- b) Daerah Proses dan Perluasan Merupakan daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan proses berlangsung. Ruang kontrol sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.
- c) Daerah Pergudangan, Bengkel, Garasi dan *Loading Space*
- d) Daerah Utilitas dan Pemadam Kebakaran Merupakan lokasi pusat kegiatan penyediaan air, *steam*, air pendingin dan tenaga listrik disediakan guna menunjang jalannya proses serta unit pemadam kebakaran.
- e) Daerah Pengolahan Limbah Merupakan daerah pembuangan dan pengolahan limbah hasil proses produksi.

Berikut merupakan perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Luas Area Pabrik

No	Lokasi	Luas (m ²)	Panjang (m)	Lebar (m)
1.	Area Proses	9750	150	65
2.	Area Evakuasi	260	20	13
3.	Area Perluasan	2535	39	65
4.	Area Utilitas	2600	40	65
5.	Atm Center	180	15	12
6.	Bengkel	480	16	30
7.	Gudang Penyimpanan	900	45	20
8.	Kantin	500	25	20

Tabel 4.1 Luas Area Pabrik (Lanjutan)

No	Lokasi	Luas (m ²)	Panjang (m)	Lebar (m)
9.	Kantor Teknik dan Produksi	400	20	20
10.	Kantor Utama	2400	60	40
11.	Koperasi	180	15	12
12.	Laboratorium	180	15	12
13.	<i>Loading space</i>	1290	30	43
14.	Masjid	1200	30	40
15.	Mess karyawan	800	20	40
16.	Parkir karyawan	780	60	13
17.	Parkir <i>truck</i>	630	15	42
18.	Perpustakaan	260	20	13
19.	Poliklinik	180	15	12
20.	Pos jaga	180	15	12
21.	Ruang kontrol Proses	225	15	15
22.	Ruang kontrol Utilitas	144	12	12
23.	Taman	325	25	13
Luas Bangunan		26.379	717	629
Luas Tanah		27.300	210	130

Berikut gambar 4.2 yang merupakan *layout* tata letak pabrik :

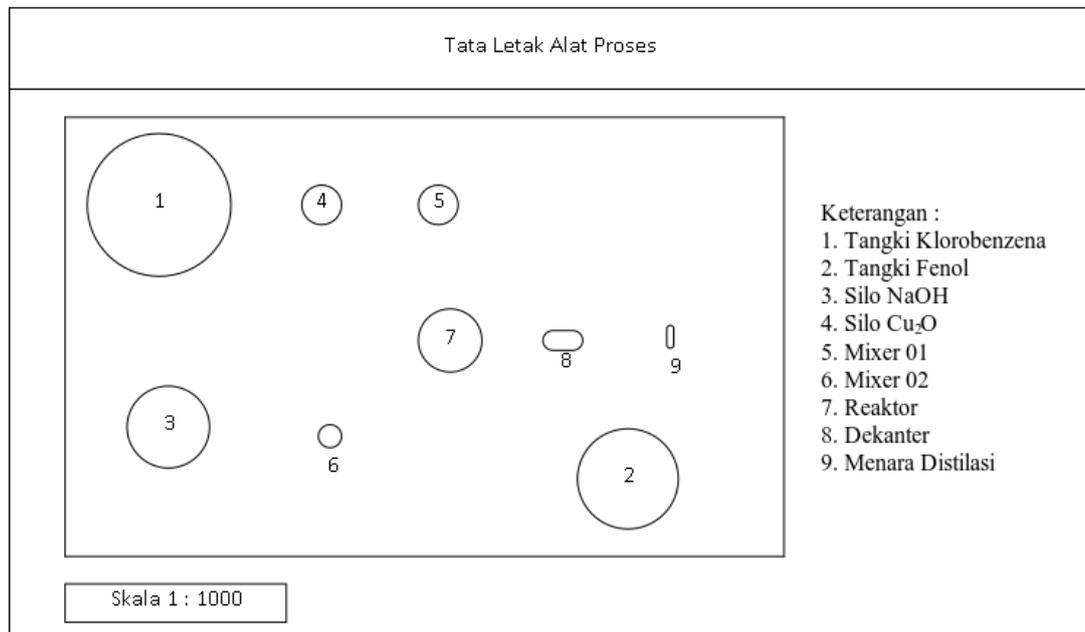


Gambar 4. 2 *Layout* pabrik Fenol

4.3 Tata Letak Alat Proses

Dalam perancangan tata letak alat-alat proses, ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perancangan tata letak peralatan proses diantaranya sebagai berikut:

1. Aliran bahan baku dan produk
Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar. Semakin dekat penempatan bahan baku dan produk dengan jalur transportasi, semakin efisien dana yang dikeluarkan.
2. Aliran udara
Aliran udara di dalam dan sekitar alat proses perlu diperhatikan supaya lancar
3. Pencahayaan.
Pencahayaan seruluh area pabrik harus diperhatikan terutama pada tempat-tempat yang beresiko tinggi.
4. Kelancaran Lalu lintas
Kelancaran lalu lintas barang dan manusia perlu diperhatikan karena berpengaruh terhadap jalannya proses produksi dan keamanan pekerja.
5. Pertimbangan ekonomi
Dalam penempatan alat-alat produksi diusahakan dapat menekan biaya operasi serta menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik, hal tersebut dapat menguntungkan.
6. Jarak antar alat proses
Jarak antar alat proses yang memiliki suhu dan tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga terjadi ledakan atau kebakaran tidak membahayakan peralatan proses lainnya.



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Organisasi

Prarancangan Fabrik fenol ini akan, menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT). Dimana modalnya diperoleh dari penjualan saham dan tiap sekutu berhak mengambil bagian sebesar satu saham atau lebih.

Pemegang saham hanya bertanggung jawab untuk menyettor jumlah yang disepakati untuk setiap saham. Bagi perusahaan besar yang biasanya berbentuk perseroan terbatas (PT/korporasi), perseroan terbatas (PT) adalah persekutuan hukum para mitra yang diperlakukan sebagai badan hukum. Beberapa faktor yang menjadi alasan pemilihan perseroan terbatas adalah sebagai berikut :

- a. Kemudahan dalam mendapatkan modal dengan menjual saham perusahaan maupun berasal dari bank.

- b. Kelancaran produksi hanya bisa dipegang oleh pimpinan perusahaan karena tanggung jawab pemegang saham yang sangat terbatas.
- c. Pemilik dan pengelola perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah pemilik saham dan pengelola perusahaan adalah manajemen eksekutif beserta timnya yang diawasi oleh dewan pengawas sehingga kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemilik saham, manajemen eksekutif beserta timnya atau karyawan perusahaan.
- d. Efisiensi dari manajemen dimana para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang cukup cakap dan berpengalaman.
- e. Lapangan usaha yang lebih luas karena suatu perusahaan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat sehingga dengan modal ini dapat memperluas usahanya.
- f. Dapat dengan mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.

4.4.2 Struktur Organisasi

Dalam menjalankan perusahaan yang perlu dibutuhkan yaitu sumber daya manusia dan juga sistem manajemen atau organisasi yang mempunyai pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat disesuaikan dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Terbentuknya struktur organisasi yang baik dapat diperoleh dari manajemen perusahaan yang baik juga. Struktur organisasi membantu perusahaan untuk mengatur dan membagi bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang, dan tanggung jawab dari masing-masing bagian atau divisi yang terbentuk di dalam perusahaan tersebut. Bagian-bagian atau jabatan yang akan dibentuk dalam perusahaan ini dimulai dari jenjang tertinggi dimana terdapat dua bentuk struktur organisasi yang baik yaitu sistem line dan staf. Ada dua jenis kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini diantaranya adalah sebagai berikut :

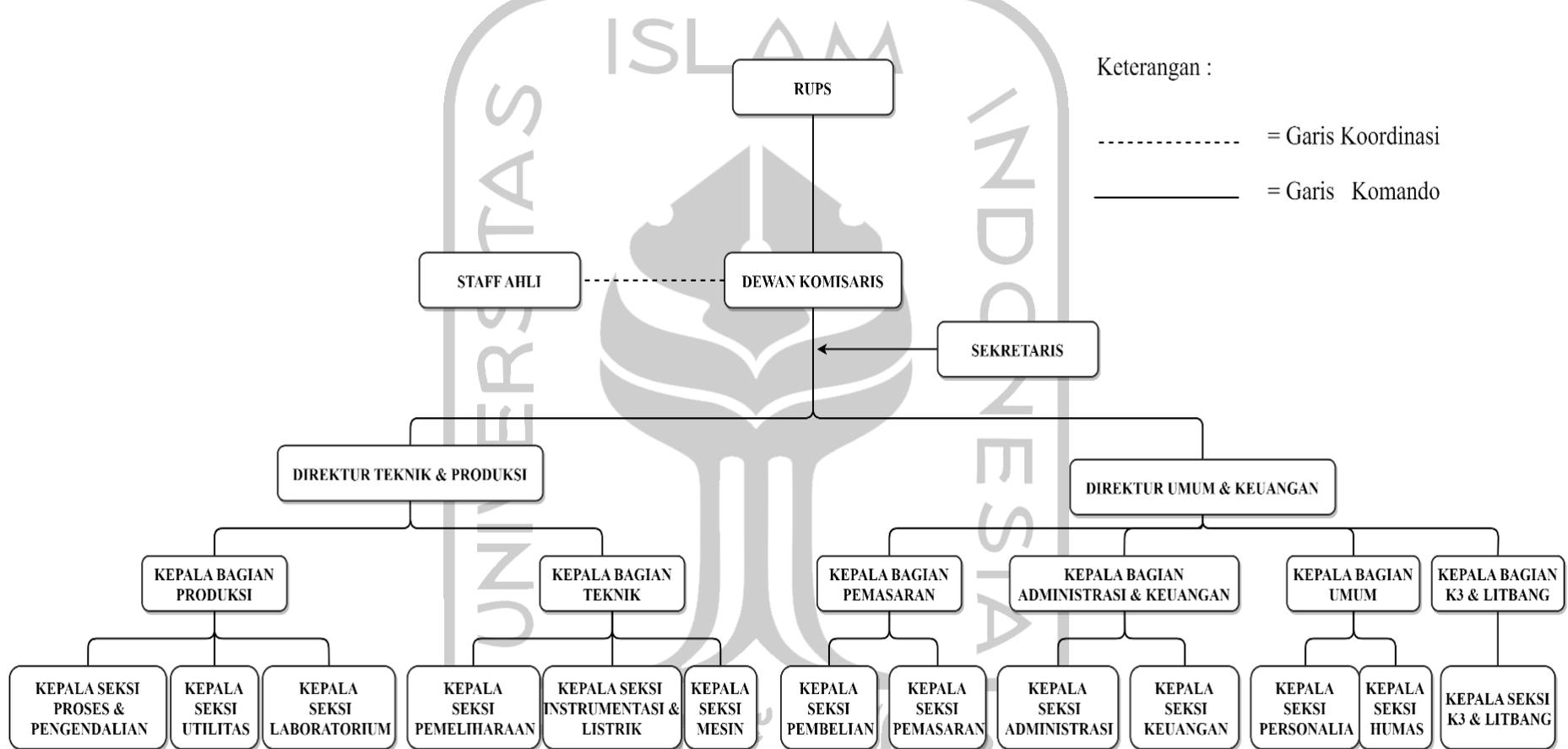
1. Sebagai garis atau line yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh manajer produksi dan direktur administrasi, keuangan dan umum. Manajer produksi mengawasi produksi, proses, kontrol, pasokan, dan pemeliharaan. Tanggung jawab administrasi, keuangan dan administrasi meliputi pengadaan, pemasaran, administrasi dan keuangan, sumber daya manusia, hubungan masyarakat dan keamanan, serta penelitian dan pengembangan.

Direktur membawahi sejumlah kepala departemen yang bertanggung jawab kepada bawahannya sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Setiap manajer departemen mengelola beberapa departemen, dan setiap departemen mengawasi dan mengarahkan beberapa karyawan perusahaan di area masing-masing. Karyawan perusahaan dibagi menjadi beberapa kelompok tim yang masing-masing dipimpin oleh seorang pemimpin tim, dimana pemimpin tim tersebut bertanggung jawab kepada manajer departemen masing-masing. Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menjelaskan mengenai pembatasan, tugas, tanggung jawab dan wewenang.
2. Sebagai materi pengantar untuk pejabat.
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
4. Penyusunan rencana pengembangan manajemen
5. Penataan ulang langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar dan tidak memenuhi syarat.

STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan Pabrik Fenol

4.4.3 Tugas dan Wewenang

4.4.3.1 Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS)

Pemegang kekuasaan tertinggi pada struktur organisasi garis dan staf adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). RUPS dihadiri oleh pemilik saham serta dewan komisaris, dan dilaksanakan minimal satu kali dalam setahun untuk terus memantau dan mengevaluasi jalannya perusahaan. Akan tetapi, apabila terjadi hal mendesak, RUPS dapat tetap dilaksanakan sesuai ketentuan forum. Hak dan wewenang RUPS adalah sebagai berikut :

- a. Meminta pertanggungjawaban Dewan Komisaris
- b. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direktur serta mengesahkan anggota pemegang saham apabila mengundurkan diri sesuai dengan musyawarah
- c. Mengesahkan hasil-hasil kerja serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan
- d. Menetapkan besar keuntungan tahunan yang diperoleh untuk dibagikan, disimpan, atau ditanamkan kembali.

4.4.3.2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris dipilih RUPS yang merupakan pelaksana dari pemilik saham, sehingga bertanggung jawab terhadap pemilik saham.

Tugas-tugas Dewan Komisaris diantaranya sebagai berikut :

- a. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana, dan pengarahannya pemasaran.
- b. Melaksanakan pengawasan terhadap seluruh aktivitas dan pelaksanaan tugas direktur.
- c. Membantu direktur utama dalam kegiatan yang bersifat penting.

4.4.3.3. Direktur Utama

Direktur utama memiliki jabatan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggung jawab sepenuhnya terhadap keberhasilan perusahaan sesuai dengan target dari RUPS. Direktur utama sebagai pimpinan tertinggi dalam perusahaan memiliki tanggung jawab atas segala tindakan dan kebijaksanaan terhadap dewan komisaris. Tugas-tugas Direktur utama meliputi :

- a. Memimpin dan mengembangkan perusahaan secara efektif dan efisien.
- b. Merumuskan dan melaksanakan kebijaksanaan umum pabrik sesuai dengan kebijaksanaan RUPS.
- c. Mengusulkan kerjasama dengan pihak eksternal demi kepentingan perusahaan.
- d. Mewakili perusahaan untuk menjalin hubungan maupun perjanjian-perjanjian dengan pihak ketiga.
- e. Merencanakan dan mengawasi pelaksanaan tugas setiap orang yang bekerja dalam perusahaan.

Dalam melaksanakan tugasnya, Direktur Utama akan dibantu oleh Sekretaris, Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum. Berikut merupakan tugas masing-masing sebagai berikut :

1. Sekretaris

Sekretaris diangkat oleh direktur utama untuk menangani masalah surat-menyurat untuk pihak perusahaan, menangani kearsipan dan pekerjaan lain untuk membantu dalam menangani administrasi perusahaan.

2. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur teknik dan produksi bertanggung jawab langsung terhadap direktur utama. Tugas direktur teknik dan produksi adalah memimpin semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang memiliki

hubungan dengan bidang produksi, operasi, teknik, utilitas, pengembangan, pemeliharaan, pengadaan, dan laboratorium. Direktur teknik dan produksi dibantu oleh dua kepala bagian, yaitu :

a. Kepala Bagian Produksi

Tugas dari kepala bagian produksi adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang produksi, proses, pengendalian, dan laboratorium. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian produksi akan dibantu oleh beberapa seksi yaitu, seksi proses & pengendalian, seksi utilitas dan seksi laboratorium.

b. Kepala Bagian Teknik

Tugas dari kepala bagian teknik adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang teknik dan pemeliharaan. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian teknik dibantu oleh 3 Kepala seksi yaitu seksi pemeliharaan, seksi instrumentasi & listrik serta seksi mesin.

3. Direktur Keuangan dan Umum

Direktur keuangan dan umum bertanggung jawab langsung terhadap direktur utama. Tugas direktur keuangan dan umum adalah memimpin semua kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja. Direktur keuangan dan umum dibantu oleh beberapa kepala bagian yaitu :

a. Kepala Bagian Pemasaran

Tugas kepala bagian pemasaran adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang pembelian bahan baku dan pemasaran produk. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian pemasaran dibantu oleh dua kepala seksi, yaitu seksi pembelian dan seksi pemasaran.

b. Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan

Tugas kepala bagian administrasi dan keuangan adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan operasional perusahaan serta pembukuan dan pengaturan gaji karyawan. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian administrasi dan keuangan dibantu oleh dua kepala seksi, yaitu seksi administrasi dan seksi keuangan.

c. Kepala Bagian Umum

Tugas kepala bagian umum adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang personalia, humas, dan keamanan. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian umum dibantu oleh kepala seksi, yaitu seksi personalia, seksi humas, dan seksi keamanan.

d. Kepala Bagian K3 dan Litbang

Tugas dari kepala bagian K3 dan litbang yaitu mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang K3 dan litbang. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian K3 dan litbang dibantu oleh dua kepala seksi, meliputi seksi K3 dan seksi Litbang.

4.4.3.4. Staff Ahli

Staff ahli memiliki tugas memberi masukan, berupa saran, nasihat, dan pandangannya terhadap segala aspek operasional yang terlibat dalam perusahaan.

4.4.4 Pengaturan Jam Kerja

Pabrik Fenol direncanakan akan dioperasikan selama 330 hari selama satu tahun secara kontinyu dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Menurut pengaturan jam kerja, karyawan dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu:

1. Karyawan *non-shift* yaitu karyawan yang bekerja selama 5 hari dengan total kerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari Sabtu, Minggu dan hari besar ditetapkan sebagai hari libur. Karyawan *non-shift* adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan *non-shift* adalah Direktur Utama, Sekretaris, Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum, Kepala Bagian serta bawahan yang berada di kantor. Berikut merupakan perincian jam kerja karyawan *non-shift* sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Jadwal kerja karyawan *non-shift*

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin – Kamis	07.00 – 16.00	12.00 – 13.00
Jum'at	07.00 – 16.00	12.00 – 13.00

2. Karyawan *Shift*, yaitu karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari perusahaan yang memiliki hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi selama 24 jam. Yang termasuk karyawan *shift* ini adalah operator produksi, bagian teknik, bagian gudang dan bagian-bagian yang harus siaga untuk menjaga keselamatan dan keamanan pabrik. Adapun jam kerja *shift* dalam 1 hari diatur dalam 3 *shift* diantaranya sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Jadwal kerja karyawan *shift*

Kelompok Kerja	Jam Kerja	Jam Istirahat
Shift 1	07.00 – 15.00	11.00 – 12.00
Shift 2	15.00 – 23.00	19.00 – 20.00
Shift 3	23.00 – 07.00	03.00 – 04.00

Karyawan *shift* dilakukan dalam 4 kelompok (A/B/C/D) dimana dalam satu hari kerja hanya tiga kelompok yang masuk dan ada satu kelompok yang libur. Setiap kelompok mempunyai giliran enam hari kerja

dan dua hari libur untuk setiap minggunya. Untuk hari libur atau hari besar yang sudah ditentukan oleh pemerintah, kelompok yang bertugas tetap harus masuk, akan tetapi dihitung kerja lembur dan mendapat intensif tambahan. Masing-masing shift dikepalai oleh satu orang kepala shift. Jadwal kerja masing-masing kelompok sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Jadwal Kerja Setiap Kelompok

Kelompok	Tanggal														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
B	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
C	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
D	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M

Tabel 4.4 Jadwal Kerja Setiap Kelompok (Lanjutan)

Kelompok	Tanggal														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
B	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
C	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
D	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S

Keterangan :

P = Shift Pagi (07.00 – 15.00)

S = Shift Sore (15.00 – 23.00)

M = Shift Malam (23.00 – 07.00)

L = Libur

4.4.5. Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Jumlah tenaga kerja disesuaikan dengan kebutuhan agar pekerjaan dapat diselesaikan secara efektif. Berikut Tabel 4.5 merupakan rincian jumlah tenaga kerja dan sistem penggajiannya.

Tabel 4. 5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Jumlah (Rp)	Gaji/Tahun (Rp)	Jumlah (Rp)
1.	Direktur Utama	1	40,000,000	40,000,000	480,000,000	480,000,000
2.	Staff Ahli	1	18,000,000	18,000,000	216,000,000	216,000,000
3.	Sekretaris	1	18,000,000	18,000,000	216,000,000	216,000,000
4.	Direktur Teknik dan Produksi	1	30,000,000	30,000,000	360,000,000	360,000,000
5.	Direktur Keuangan dan Umum	1	30,000,000	30,000,000	360,000,000	360,000,000
6.	Kepala Bagian Umum	1	16,000,000	16,000,000	192,000,000	192,000,000
7.	Kepala Bagian Pemasaran	1	16,000,000	16,000,000	192,000,000	192,000,000
8.	Kepala Bagian Keuangan	1	16,000,000	16,000,000	192,000,000	192,000,000
9.	Kepala Bagian Teknik	1	16,000,000	16,000,000	192,000,000	192,000,000
10.	Kepala Bagian Produksi	1	16,000,000	16,000,000	192,000,000	192,000,000
11.	Kepala Bagian Litbang	1	16,000,000	16,000,000	192,000,000	192,000,000
12.	Kepala Seksi Personalia	1	15,000,000	15,000,000	180,000,000	180,000,000
13.	Kepala Seksi Humas	1	15,000,000	15,000,000	180,000,000	180,000,000
14.	Kepala Seksi Keamanan	1	15,000,000	15,000,000	180,000,000	180,000,000
15.	Kepala Seksi Pembelian	1	15,000,000	15,000,000	180,000,000	180,000,000
16.	Kepala Seksi Pemasaran	1	15,000,000	15,000,000	180,000,000	180,000,000
17.	Kepala Seksi Administrasi	1	15,000,000	15,000,000	180,000,000	180,000,000

Tabel 4.5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian (Lanjutan)

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Jumlah (Rp)	Gaji/Tahun (Rp)	Jumlah (Rp)
18.	Kepala Seksi Kas/Anggaran	1	15,000,000	15,000,000	180,000,000	180,000,000
19.	Kepala Seksi Proses	1	15,000,000	15,000,000	180,000,000	180,000,000
20.	Kepala Seksi Pengendalian	1	15,000,000	15,000,000	180,000,000	180,000,000
21.	Kepala Seksi Laboratorium	1	15,000,000	15,000,000	180,000,000	180,000,000
22.	Kepala Seksi Utilitas	1	15,000,000	15,000,000	180,000,000	180,000,000
23.	Kepala Seksi Pengembangan	1	15,000,000	15,000,000	180,000,000	180,000,000
24.	Kepala Seksi Penelitian	1	15,000,000	15,000,000	180,000,000	180,000,000
25.	Kepala Seksi Instrumentasi & Listrik	1	15,000,000	15,000,000	180,000,000	180,000,000
26.	Karyawan Personalia	4	8,000,000	32,000,000	384,000,000	384,000,000
27.	Karyawan Humas	4	8,000,000	32,000,000	384,000,000	384,000,000
28.	Karyawan Pembelian	4	8,000,000	32,000,000	384,000,000	384,000,000
29.	Karyawan Pemasaran	4	8,000,000	32,000,000	384,000,000	384,000,000
30.	Karyawan Administrasi & Keuangan	5	8,000,000	40,000,000	480,000,000	480,000,000
31.	Karyawan Proses	10	8,000,000	80,000,000	960,000,000	960,000,000
32.	Karyawan Pengendalian	3	8,000,000	24,000,000	288,000,000	288,000,000
33.	Karyawan Laboratorium	3	8,000,000	24,000,000	288,000,000	288,000,000
34.	Karyawan Pemeliharaan	3	8,000,000	24,000,000	288,000,000	288,000,000
35.	Karyawan Utilitas	8	8,000,000	64,000,000	768,000,000	768,000,000
36.	Karyawan K3	4	8,000,000	32,000,000	384,000,000	384,000,000
37.	Karyawan Litbang	4	8,000,000	32,000,000	384,000,000	384,000,000

Tabel 4.5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian (Lanjutan)

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Jumlah (Rp)	Gaji/Tahun (Rp)	Jumlah (Rp)
38.	Operator Proses	22	6,000,000	132,000,000	1,584,000,000	1,584,000,000
39.	Operator Utilitas	14	6,000,000	84,000,000	1,008,000,000	1,008,000,000
40.	Dokter	2	8,000,000	16,000,000	192,000,000	192,000,000
41.	Perawat	4	5,000,000	20,000,000	240,000,000	240,000,000
42.	Satpam	6	4,500,000	27,000,000	324,000,000	324,000,000
43.	Supir	6	5,000,000	30,000,000	360,000,000	360,000,000
44.	Cleaning Service	5	4,500,000	22,500,000	270,000,000	270,000,000
Total		140		1,221,500,000		14,658,000,000

Gaji karyawan dibayarkan pada tanggal 1 setiap bulannya. Apabila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji akan dilakukan sehari sebelumnya.

4.4.6. Fasilitas dan Hak Karyawan

Berikut merupakan fasilitas serta hak karyawan yang diberikan oleh perusahaan untuk menunjang aktivitas kerja karyawan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Hak Cuti

a. Cuti Tahunan

Setiap karyawan dalam perusahaan mempunyai hak cuti maksimal sebanyak 12 hari dalam satu tahun. Apabila dalam waktu satu tahun tersebut hak cuti tidak digunakan, maka hak cuti akan hilang dan tidak dapat diakumulasikan untuk tahun selanjutnya.

b. Cuti Massal

Setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

c. Cuti Hamil

Wanita yang akan melahirkan berhak cuti selama 3 bulan dan selamacuti tersebut gaji tetap dibayar dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dan anak kedua minimal 2 tahun.

2. Hari Libur Nasional

Untuk karyawan harian (*non shift*), hari libur nasional adalah hari libur kerja. Sedangkan untuk karyawan *shift*, pada hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari tersebut diperhitungkan sebagai hari kerja lembur (*overtime*).

3. Kerja Lembur

Kerja lembur dilaksanakan atas persetujuan kepala bagian apabila ada pekerjaan yang mendesak harus segera diselesaikan.

4. Pakaian Kerja

Untuk menghindari kesenjangan antar karyawan, perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahun. Selain itu, disediakan masker sebagai alat pengaman dalam bekerja.

5. Jamsostek

Jamsostek merupakan asuransi pertanggungan jiwa dan asuransi kecelakaan yang bertujuan untuk memberikan rasa aman kepada para karyawan ketika sedang menjalankan tugasnya.

6. Penyediaan fasilitas bagi karyawan :

- a. Penyediaan sarana transportasi/bus karyawan.
- b. Penyediaan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh dokter dan perawat.
- c. Penyediaan fasilitas tempat ibadah yang dilengkapi dengan sarana air dan listrik.
- d. Penyediaan fasilitas koperasi karyawan.
- e. Penyediaan fasilitas kantin
- f. Memberikan tanda penghargaan dalam bentuk tanda mata kepada pekerja yang mencapai masa kerja berturut-turut 10 tahun.

BAB V

UTILITAS

Salah satu sarana penunjang untuk membantu jalannya suatu proses pada pabrik adalah unit utilitas, dimana perancangan utilitas sendiri akan menjamin keberlangsungan berdirinya suatu pabrik. Ada beberapa unit penyediaan yang dibutuhkan suatu pabrik, antara lain :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyediaan Bahan Bakar
6. Unit Pengelolaan Limbah

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Secara umum kebutuhan air suatu industri dipenuhi menggunakan air sumur, air danau, air sungai, atau air laut sebagai sumbernya. Perancangan pabrik Fenol ini menggunakan Sungai Berung sebagai sumber mendapatkan air karena dekat dengan lokasi pabrik. Untuk menghindari *fouling* yang terjadi pada alat-alat penukar panas maka perlu diadakan pengolahan air sungai yang dilakukan secara fisis dan kimia. Adapun pertimbangan dalam memilih air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut :

- Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga akan selalu tersedia dan akan terhindarkan dari kendala kekurangan air.
- Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air

laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya lebih besar karena membutuhkan alat yang relatif lebih mahal.

- Jumlah air sungai yang lebih banyak dibandingkan jumlah air sumur.
- Lokasi sungai berada tidak jauh dari lokasi pembangunan pabrik.

Secara keseluruhan, kebutuhan air pada pabrik ini digunakan untuk keperluan :

a. Air Domestik

Berdasarkan standar WHO, kebutuhan air per orang berkisar antara 100-120 liter per hari. Untuk suatu pabrik atau kantor, kebutuhan air untuk satu orang sebesar 100 liter per hari (Sularso, 2001). Jumlah karyawan pada pabrik ini berjumlah 150 orang. Sehingga total kebutuhan air domestik sebesar :

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik

No.	Keterangan	Kebutuhan Air (kg/jam)
1.	Karyawan	14662,57
2.	Perumahan Karyawan	7812,5
Total		22475,07

b. Air Pendingin

Air pendingin berfungsi untuk membantu dalam penurunan suhu pada beberapa alat. Kebutuhan air pendingin pada pabrik Fenol ini telampir pada Tabel 5.2 sebagai berikut :

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah (kg/jam)
Reaktor-01	R-01	9.746,9
Cooler-01	CL-01	1.154,3
Condensor-01	CD-01	406,12
Total		11.307,37

Perancangan untuk kebutuhan air pendingin dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga kebutuhan air pendingin menjadi 13.568,84

kg/jam. Kebutuhan air *make-up* dengan *over desain* 20% yaitu sebesar 276,80 kg/jam.

c. Air untuk *Steam*

Air *steam* merupakan media pemanas dalam suatu pabrik, air *steam* ini berfungsi untuk membantu beberapa alat untuk menaikkan suhu. Air *steam* yang digunakan untuk boiler harus sesuai dengan persyaratan yang ada, sehingga tidak terjadinya kerusakan seperti *scalling*, *fouling* dan *foaming*. Kebutuhan *steam* tiap-tiap alat pada perancangan pabrik fenol ini terlampir pada tabel sebagai berikut :

Tabel 5. 3 Kebutuhan Air untuk *Steam*

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah (kg/jam)
<i>Heat Exchanger-01</i>	HE-01	331,64
<i>Heat Exchanger-02</i>	HE-02	498,39
<i>Heat Exchanger-03</i>	HE-03	162,90
<i>Reboiler-01</i>	RB-01	506,23
Total		1.499,18

Perancangan dibuat dengan *over design* sebesar 20% sehingga total kebutuhan untuk air *steam* adalah sebanyak 1.799,01 kg/jam. Setelah terjadinya proses, air pembangkit *steam* akan digunakan kembali sebanyak 85%, ini karena terjadinya *blowdown* pada *boiler* dan penggunaan *steam trap* sebesar 5%. Maka diperlukan air *make-up steam* sebanyak 15% yaitu sebesar 269,85 kg/jam.

d. Air Proses

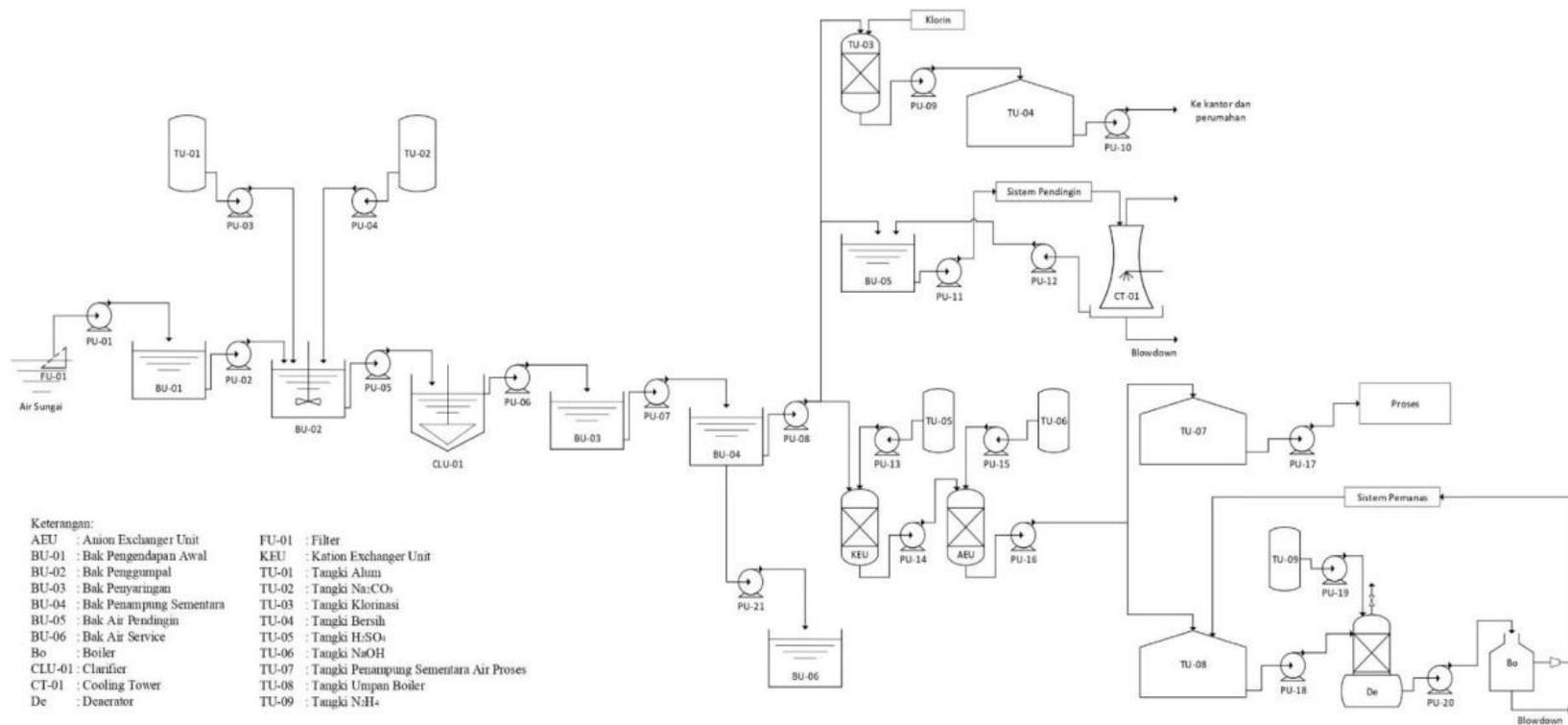
Air proses merupakan air yang digunakan untuk kebutuhan proses pembuatan produk pada pabrik Fenol. Air ini masuk melalui alat *mixer-01*. Air proses yang dibutuhkan adalah sebesar 2901,35 kg/jam.

e. Air *Service*

Air *service* digunakan untuk kebutuhan penggunaan layanan umum seperti masjid, kantin, laboratorium, dan lain-lain sebesar 500 kg/jam.

DIAGRAM UTILITAS

UNIT PENGOLAHAN AIR



الجامعة الإسلامية

Gambar 5. 1 Diagram Utilitas

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Air yang diambil dari sungai berung tidak dapat langsung digunakan, air ini membutuhkan pengolahan agar nantinya bisa dipakai untuk keperluan pada pabrik Fenol. Ada beberapa tahapan dalam proses pengolahan air ini, yaitu :

a. Penghisapan

Air dari sungai dipompa dan dialirkan menuju alat penyaringan (*screen*) untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar. Setelah tahap *screening* air akan ditampung di dalam reservoir.

b. Screening

Tahap ini dilakukan untuk memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran cukup besar seperti daun, ranting, dan sampah-sampah lainnya tanpa menggunakan bahan kimia. Sedangkan partikel kecil yang masih terbawa akan diolah di tahap-tahap berikutnya. Pada sisi hisap pompa perlu dipasang saringan (*screen*) dan ditambah fasilitas pembilas untuk meminimalisir alat penyaring menjadi kotor dan menjadi cepat rusak.

c. Penggumpalan/Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan partikel koloid akibat penambahan bahan koagulan atau zat kimia sehingga partikel-partikel tersebut bersifat netral dan membentuk endapan karena gravitasi. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$), yang merupakan garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur karena kapur berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Sedangkan proses flokulasi bertujuan untuk menggumpalkan partikel-partikel tersebut menjadi *flok* dengan ukuran yang memungkinkan untuk dipisahkan dengan sedimentasi dan filtrasi.

d. Pengendapan

Pengendapan ini dilakukan di dalam bak pengendapan yang bertujuan untuk mengendapkan *flok* yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi. Bentuk-bentuk *flok* tadi akan mengendap yang selanjutnya dapat dibuang (*blow down*).

e. Sand filter

Air dari bak pengendap yang masih mengandung padatan tersuspensi selanjutnya memasuki alat sand filter untuk difiltrasi. Filtrasi ini bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} dan lain-lain dengan menggunakan resin. *Sand Filter* dicuci (*back wash, rinse*) bila sudah dianggap kotor.

f. Penampungan air bersih

Air yang sudah melalui tahap filtrasi bisa disebut sebagai air bersih dan ditampung dalam bak penampung air bersih. Air tersebut kemudian didistribusikan untuk keperluan :

- *Service water*
- Air domestik
- *Make up cooling tower*
- Bahan baku *demin plant*

g. Demineralisasi

Tujuan dari proses demineralisasi adalah menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water* untuk umpan *boiler*. Proses demineralisasi ini terbagi menjadi 2, yaitu pelunakan air dan dealkalinasi. Proses pelunakan air terjadi pada kation *exchanger*. Di dalam kation *exchanger*, mineral-mineral sadah seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , dan mineral lainnya akan dibebaskan dari air bersih. Mineral ini akan ditangkap oleh suatu resin berjenis *hydrogen-zeolite*. Resin memiliki kapasitas untuk menangkap ion-ion ini. Suatu waktu resin tidak mampu lagi untuk menangkap mineral, maka akan disubjekkan kedalam proses regenerasi resin. Regenerasi resin kation *exchanger* dilakukan dengan penambahan asam kuat H_2SO_4 . Air keluaran dari kation *exchanger*

adalah air bebas mineral yang tendensi untuk membentuk *scalling*-nya sudah diminimalkan. Air yang telah melewati kation *exchanger* akan disubjekkan kedalam anion *exchanger* untuk dilakukan proses dealkalinasi. Proses ini bertujuan untuk menangkap ion-ion negatif seperti HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- dan lain-lain. Ion negatif ini harus ditangkap karena akan jika air bersifat basa ini dipanaskan, akan berpotensi untuk membentuk gas CO_2 yang bisa menurunkan performa *boiler* dan alat proses lainnya. Proses penangkapan ion-ion memiliki mekanisme yang mirip pada proses pelunakan air. Perbedaan utamanya adalah jenis resin yang digunakan. Jenis resin yang digunakan *weakly basic anion exchanger*. Pada proses ini, saat resin sudah memenuhi kapasitasnya untuk menangkap ion, resin akan diregenerasikan dengan menambahkan basa kuat NaOH . Air keluaran dari anion *exchanger* ini sudah bisa digunakan sebagai air proses. Tetapi untuk penggunaan sebagai air umpan *boiler*, perlu dilakukan proses lebih lanjut.

h. Deaerasi

Air keluaran dari proses demineralisasi yang akan dijadikan umpan boiler akan disubjekkan ke proses deaerasi untuk menghilangkan gas-gas terlarut dalam air, terutama gas O_2 yang berpotensi untuk menyebabkan korosi pada *boiler*. Korosi pada *boiler* memiliki konsekuensi yang sangat berbahaya, selain perpendekan umur *boiler*. Pengikisan didalam *boiler* berpotensi menyebabkan peledakandikarenakan ekspansi tekanan yang tidak sesuai dengan tekanan desain. Untuk menghilangkan gas-gas terlarut, senyawa N_2H_4 (hidrazin) ditambahkan untuk mengikat O_2 dan gas terlarut lainnya. Setelah dihilangkan kandungan gas terlarut, maka air keluaran deaerator dapat langsung diumpankan ke *boiler feed water*, kemudian diumpankan ke *boiler*. Di dalam boiler akan berlangsung proses pembangkitan air menjadi *steam*. Namun, untuk menjaga konsentrasi *suspended solid* yang terakumulasi di dalam *boiler*, dilakukan sistem *blowdown* pada periode tertentu sehingga menghilangkan sejumlah air. Untuk mengganti air

yang hilang tersebut, ditambahkan *make up water* agar tetap memenuhi kebutuhan proses.

5.2 Unit Pembangkit Steam (*Steam Generator System*)

Steam Generator System merupakan unit yang berfungsi untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi Fenol, dimana unit ini menyediakan *boiler* untuk mencukupi kebutuhan *steam* tersebut. *Boiler* ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Kapasitas : 2.248,76 kg/jam

Jenis : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve system* dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pH nya yaitu sekitar 10,5–11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosifitasnya tinggi. Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran batubara yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 150 °C, kemudian diumpankan ke *boiler*.

Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam boiler menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih, Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses produksi.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik di fenol ini dipenuhi oleh PLN, selain itu listrik cadangan dihasilkan dari generator pabrik apabila ada gangguan pasokan listrik dari PLN setempat. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. Energi listrik yang dihasilkan generator berasal dari putaran poros engkol yang digerakkan oleh panas yang dihasilkan dari bahan bakar solar. Spesifikasi generator yang digunakan dalam pabrik ini yaitu :

Kapasitas : 750 kW

Jenis : AC Generator

Jumlah : 1 buah

Berikut merupakan rincian untuk kebutuhan listrik pabrik fenol diantaranya sebagai berikut :

- a. Kebutuhan listrik untuk alat proses

Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Reaktor	R-01	60,8	45338,56
Mixer	M-01	147,68	110124,976
Mixer	M-02	178,93	133428,101
Screw Conveyor	SC-01	4,8	3579,36
Screw Conveyor	SC-02	4,8	3579,36
Pompa	P-01	0,25	186,425
Pompa	P-02	0,75	559,275
Pompa	P-03	7,5	5592,75
Pompa	P-04	5	3728,5
Pompa	P-05	0,75	559,275
Pompa	P-06	0,25	186,425
Pompa	P-07	0,13	96,941

Tabel 5.4 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses (Lanjutan)

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa	P-08	0,13	96,941
Pompa	P-09	0,25	186,425
Pompa	P-10	0,33	246,081
Total		412.35	307489.395

Jumlah power total yang dibutuhkan untuk alat proses adalah 307489,395 Watt atau 307,489395 Kw.

b. Kebutuhan listrik untuk utilitas

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal dan Koagulasi	BU-02	2	1491,4
<i>Blower Cooling Tower</i>	BL-01	3	2237,1
Kompresor udara	CP-01	3	2237,1
Pompa-01	PU-01	3	2237,1
Pompa-02	PU-02	3	2237,1
Pompa-03	PU-03	3	2237,1
Pompa-04	PU-04	0,13	93,2125
Pompa-05	PU-05	3	2237,1
Pompa-06	PU-06	3	2237,1
Pompa-07	PU-07	0,75	559,275
Pompa-08	PU-08	1,50	1118,55
Pompa-09	PU-09	1,50	1118,55
Pompa-10	PU-10	0,13	93,2125
Pompa-11	PU-11	2	1491,4
Pompa-12	PU-12	2	1491,4
Pompa-13	PU-13	0,13	93,2125
Pompa-14	PU-14	0,13	93,2125

Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas (Lanjutan)

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa-15	PU-15	1	745,7
Pompa-16	PU-16	1	745,7
Pompa-17	PU-17	0,13	93,2125
Pompa-18	PU-18	1	745,7
Pompa-19	PU-19	1	745,7
Pompa-20	PU-20	0,13	93,2125
Pompa-21	PU-21	1	745,7
Total		36,5	27218,05

Jumlah power total yang dibutuhkan untuk unit utilitas adalah 27218,05 Watt atau 27,21805 Kw.

c. Kebutuhan listrik alat kontrol

Power yang dibutuhkan untuk alat kontrol diperkirakan 25% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor, yaitu sebesar 92,04454738 kW.

d. Kebutuhan listrik untuk penerangan

Power yang dibutuhkan untuk alat penerangan diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor, yaitu sebesar 55,22672843 kW.

e. Kebutuhan listrik untuk peralatan kantor

Power yang dibutuhkan untuk penunjang dikantor seperti *air conditioner*, *computer*, dan lain-lain adalah sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor, yaitu sebesar 55,22672843 kW.

f. Kebutuhan listrik untuk bengkel, laboratorium, dan lain-lain

Power yang dibutuhkan untuk bengkel, laboratorium dan lain-lain diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor, yaitu sebesar 55,22672843 kW

g. Kebutuhan listrik perumahan

Power yang dibutuhkan untuk perumahan dilingkungan pabrik adalah 32,5 kW dengan asumsi ada 25 unit rumah dan tiap rumah membutuhkan sekitar 1.3 kW.

Total kebutuhan listrik pabrik fenol dapat dilihat berdasarkan tabel dbawah ini :

Tabel 5. 6 Total Kebutuhan Listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (Kw)
1.	Power Plant	307.489395
2.	Utilitas	27.21805
3.	Listrik Ac	55.22672843
4.	Listrik Penerangan	55.22672843
5.	Laboratorium dan Bengkel	55.22672843
6.	Instrumentasi/alat kontrol	92.04454738
7.	Perumahan	32.5
	Total	624.9321777

Semua kebutuhan listrik yang ada di pabrik fenol ini disuplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), dan untuk cadangan terdapat sebuah generator mandiri jika terjadi pemadaman listrik oleh PLN secara mendadak.

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Dalam pabrik ini udara tekan dibutuhkan untuk menggerakkan *instrumen-instrumen control* sebagai penggerak alat-alat kontrol di pabrik yang bekerja secara pneumatis. Tekanan udara instrumen yang digunakan adalah 7,2 bar. Dalam pabrik fenol ini terdapat sekitar 13 alat kontrol yang memerlukan udara tekan untuk menggerakkannya. Mekanisme atau proses untuk membuat udara tekan yaitu udara lingkungan ditekan menggunakan *compressor* yang dilengkapi *filter* (penyaring) udara hingga mencapai tekanan 7,2 bar, selanjutnya udara tersebut dialirkan menuju alat kontrol dan alat

proses yang membutuhkannya. Total kebutuhan udara instrumen diperkirakan sebesar 24,3 m³/jam. Udara yang digunakan harus dalam keadaan kering sehingga begitu keluar dari *blower*, udara dilewatkan melalui sebuah tangki udara (bejana pengering) yang berisi *silica gel*.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang dipergunakan pada *power plant* dan *boiler*. Bahan bakar yang digunakan adalah solar sebesar 99,75 L/jam pada *power plant* dan 208,33 L/jam pada *boiler*.

5.6 Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan

Limbah yang dihasilkan dari pabrik fenol dapat diklasifikasikan menjadi dua:

1. Bahan buangan cair.

Buangan cairan dapat berupa:

- a. Air buangan yang mengandung zat organik
- b. Buangan air domestik.
- c. *Back washfilter*, air berminyak dari pompa
- d. *Blow down cooling water*

Air buangan domestik berasal dari toilet di sekitar pabrik dan perkantoran. Air tersebut dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi dan injeksi gas klorin. Air limbah dari laboratorium diolah melalui beberapa proses terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah cair ini adalah *physical treatment*, (pengendapan, penyaringan), *chemical treatment* (penambahan bahan kimia, pengontrolan pH) dan *biological treatment*.

2. Bahan buangan padat berupa lumpur dari proses pengolahan air dan *slurry* dari unit proses

Untuk menghindari pencemaran dari bahan buangan padat maka dilakukan penanganan terhadap bahan buangan tersebut dengan cara membuat unit pembuangan limbah yang aman bagi lingkungan sekitar.

Tabel 5. 7 Spesifikasi *Screener* Utilitas

Alat	<i>Screener</i> (FU-01)
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang terbawa oleh air sungai dengan ukuran besar
Jenis	Aluminium
Spesifikasi	
Kapasitas (kg/jam)	59926,68
Panjang (ft)	10
Lebar (ft)	8
Diameter (cm)	1
Jumlah	1

Tabel 5. 8 Spesifikasi *Sand Filter* Utilitas

Alat	<i>Sand Filter</i> (FU-02)
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air yang akan diolah
Bahan	Bak Berbentuk balok
Material	<i>Spheres</i>
Ukuran Pasir (<i>mesh</i>)	28
Spesifikasi	
Volume (m ³)	6,67
Panjang (m)	2,38
Lebar (m)	2,38
Tinggi (m)	1,18
Jumlah	1

Tabel 5. 9 Spesifikasi *Cooling Tower* Utilitas

Alat	<i>Cooling Tower</i> (CT-01)
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Jenis	<i>Cooling Tower Inducerd Draft</i>
Spesifikasi	
Panjang (m)	5,58
Lebar (m)	1,70
Tinggi (m)	3,57
Jumlah	1

Tabel 5. 10 Spesifikasi *Mixed Bed* Utilitas

Alat	<i>Mixed Bed (TU-05)</i>
Fungsi	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO ₄ dan NO ₃
Jenis	Tangki <i>Silinder</i> Tegak
Resin	<i>Zeolit</i>
Spesifikasi	
Diameter Tangki (m)	0,40
Tinggi tangki (m)	0,91
Tinggi <i>bed</i> (m)	0,76
Volume <i>bed</i> (m ³)	0,09
Volume bak resin (m ³)	32788,50
Tebal (in)	0.1875
Jumlah	1

Tabel 5. 11 Spesifikasi *Blower Cooling Tower*

Alat	<i>Blower Cooling Tower (BL-01)</i>
Fungsi	Menghembuskan udara ke <i>cooling tower</i>
Jenis	<i>Centrifugal Blower</i>
Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	159715,74
Efisiensi	0,88
Power (Hp)	3
Bahan	<i>Carbon Steel SA-285 Grade C</i>
Jumlah	1

Tabel 5. 12 Spesifikasi Dearator

Alat	<i>Dearator (De-01)</i>
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam <i>feed water</i> yang menyebabkan kerak pada <i>reboiler</i> dan <i>turbin</i>
Jenis	Tangki <i>Silinder</i> Tegak
Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	1,19
Tinggi (m)	1,22
Diameter (m)	1,22
Volume (m ³)	1,43
Jumlah	1

Tabel 5. 13 Spesifikasi Bak Utilitas

Bak	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04	BU-05	BU-06
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi	Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan yang berfungsi untuk menggumpalkan kotoran	Mengendapkan endapan yang berbentuk <i>flok</i> yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)	Mengendapkan endapan yang berbentuk <i>flok</i> yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi O ₂)	Menampung sementara <i>raw water</i> setelah disaring di <i>sand filter</i>	Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	Bak Persegi	Bak <i>Silinder</i> Tegak	Bak Persegi	Bak Persegi	Bak Persegi	Bak Persegi Panjang
Bahan	Bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang dan dilapisi porselin	Beton bertulang dan dilapisi porselin	Beton Bertulang
Spesifikasi						
Panjang (m)	13,53	-	8,97	8,81	4,98	11,22
Lebar (m)	13,53	-	8,97	17,62	4,98	11,22
Tinggi (m)	6,77	4,5	4,48	4,4	2,5	5,61
Diameter (m)	-	4,5	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1	1

Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki Utilitas

Tangki	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04	TU-05
Fungsi	Menyimpan dan menyiapkan larutan alum 5% untuk 2 minggu operasi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan ke dalam tangki klorinasi (TU-02)	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum
Jenis	<i>Silinder Tegak</i>				
Bahan	<i>Carbon Steel</i>				
Spesifikasi					
Tinggi (m)	2,39	3,25	0,42	9,37	2,09
Diameter (m)	1,19	3,25	0,42	9,37	2,09
Volume (m ³)	2,7	26,97	0,05	647,28	7,2
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5.14 Spesifikasi Tangki Utilitas (Lanjutan)

Tangki	TU-06	TU-07	TU-08	TU-09
Fungsi	Menampung/menyimpan larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi kation <i>exchanger</i>	Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi anion <i>exchanger</i>	Menampung air bebas mineral sebagian air proses dan air umpan <i>boiler</i>	Menyimpan larutan N ₂ H ₄
Jenis	Silinder Tegak			
Bahan	Carbom Steel			
Spesifikasi				
Tinggi (m)	0,82	0,72	3,5	1,22
Diameter (m)	0,82	0,72	3,5	1,22
Volume (m ³)	0,44	0,3	34,3	1,45
Jumlah	1	1	1	1

Tabel 5. 15 Spesifikasi Pompa Utilitas

Pompa	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai menuju <i>screening</i>	Mengalirkan air dari <i>Screener</i> menuju Reservoir/ Sedimentasi (B-02)	Mengalirkan air dari bak Sedimentasi (B-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (B-02)	Mengalirkan air dari Tangki Alum (T-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (B-02)	Mengalirkan air dari Bak Koagulasi/Flokulasi(B-02) menuju Bak Pengendap (BU-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>				
Tipe	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>				
Kapasitas (gpm)	309,5	325,785	309,5	0,0004	309,5
Head Pompa (m)	3,7	7,6	5,24	4,5	5,2
Spesifikasi					
IPS (in)	6	6	6	0,125	6
No. Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	6,625	6,625	6,625	0,405	6,625
ID (in)	6,065	6,065	6,065	0,269	6,065
Efisiensi Pompa (%)	78	80	79	42	79
Tenaga Pompa (HP)	1,24	2,64	1,7	0,00003	1,7
Tenaga Motor (HP)	3	3	3	0,13	3
Jumlah	2	2	2	2	2

Tabel 5.15 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

Pompa	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	PU-10
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Pengendap 1 (BU-01) menuju Bak Pengendap 2 (BU-02)	dari Bak Pengendap 1 (BU-01) menuju Bak Pengendap 2 (BU-02) Mengalirkan air dari Bak Pengendap 2 (BU-02) menuju Bak Saringan Pasir (FU-02)	Mengalirkan air dari Bak <i>Sand Filter</i> (FU-02) menuju Bak Penampung Sementara (BU-03)	Mengalirkan air dari Bak Penampung Sementara (BU-03) menuju ke area kebutuhan air	Mengalirkan Kaporit dari Tangki Kaporit (TU-03) menuju Tangki Klorinasi (TU-02)
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>				
Tipe	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>				
Kapasitas (gpm)	294,02	279,32	265,35	265,35	0,6
Head Pompa (ft)	5,06	1,7	3	3	6,6
Spesifikasi					
IPS (in)	6	6	6	6	0,25
No. Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	6,625	6,625	6,625	6,625	0,54
ID (in)	6,065	6,065	6,065	6,065	0,364
Efisiensi Pompa	78	75	72	72	40
Tenaga Pompa (HP)	1,62	0,54	1	1	0,008
Tenaga Motor (HP)	3	0,75	3	1,5	0,13
Jumlah	2	2	2	2	2

Tabel 5.15 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

Pompa	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14	PU-15
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Klorinasi menuju Tangki Air Bersih (T-01)	Mengalirkan air dari Tangki Air Bersih (T-01) Menuju area domestik	Mengalirkan air dari Tangki Air <i>Servis</i> menuju Tangki Air Bertekanan	Mengalirkan air dari Tangki Air Bertekanan menuju Area Kebutuhan <i>Servis</i>	Mengalirkan Air dari Bak Air Dingin (BU-04) menuju <i>Cooling Tower</i>
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>				
Tipe	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>				
Kapasitas (gpm)	116,074	116,074	1,3	1,3	126,85
Head Pompa (m)	3	3	2,61	2,61	4,4
Spesifikasi					
IPS (in)	4	4	0,5	0,5	4
No. Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	4,5	4,5	0,84	0,84	4,5
ID (in)	4,026	4,026	0,622	0,622	4,026
Efisiensi Pompa (%)	67	67	40	40	67
Tenaga Pompa (HP)	1,5	1,5	0,007	0,004	0,7
Tenaga Motor (HP)	2	2	0,13	0,13	1
Jumlah	2	2	2	2	2

Tabel 5.15 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

Pompa	PU-16	PU-17	PU-18	PU-19	PU-20	PU-21
Fungsi	Mengalirkan air dari <i>Cooling Tower</i> (CT-01) menuju <i>recycle</i> dari Bak Air Dingin	Mengalirkan air dari Tangki Penampung NaCl menuju <i>Mixed Bed</i>	Mengalirkan air dari <i>Mixed Bed</i> (TU-05) menuju Tangki Air Demin	Mengalirkan air dari Tangki Air Demin menuju Tangki Daerator (De-01)	Mengalirkan Larutan <i>Hydrazine</i> dari Tangki N ₂ H ₄ (T 09) menuju Tangki Daerator (De-01)	Mengalirkan Air dari Tangki Daerator (De- 01) menuju <i>Boiler</i>
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>					
Tipe	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>					
Kapasitas (gpm)	126,85	0,322	6,1	6,15	0,00018	6,15
Head Pompa (ft)	2,6	3	5,8	3,3	1,2	3,3
Spesifikasi						
IPS (in)	4	0,25	1	1	0,125	1
No. Sch	40	40	40	40	40	40
OD (in)	4,5	0,54	1,049	1,049	0,405	1,049
ID (in)	4,026	0,364	1,32	1,32	0,269	1,32
Efisiensi Pompa	67	40	44	44	42	44
Tenaga Pompa (HP)	0,6	0,0026	0,07	0,03	0,000004	0,03
Tenaga Motor (HP)	1	0,13	1	1	0,13	1
Jumlah	2	2	2	2	2	2

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi pabrik fenol merupakan salah satu aspek yang sangat penting dalam pendirian suatu pabrik. Salah satu bagian penting dari perancangan pabrik ini adalah estimasi harga dari alat-alat yang akan digunakan dalam kebutuhan pabrik, karena harga tersebut dipakai sebagai dasar untuk estimasi evaluasi ekonomi tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas.

Untuk itu perhitungan evaluasi ekonomi meliputi :

1. Modal (*Capital Investment*)
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Cost*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - c. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran Umum (*General Cost*)
4. Analisa Kelayakan Ekonomi
 - a. *Percent return on invesment* (ROI)
 - b. *Pay out time* (POT)
 - c. *Break event point* (BEP)
 - d. *Shut down point* (SDP)
 - e. *Discounted cash flow* (DCF)

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang dipeoleh tergolong besar atau tidak sehingga dapat diketahui apakah pabrik tersebut berpotensi untuk didirikan atau tidak maka dilakukan Analisa kelayakan.

Beberapa analisis untuk menyatakan kelayakan :

a. *Percent return on investment* (ROI)

Percent return on investment merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasikan.

b. *Pay out time* (POT)

Pay Out Time adalah jumlah tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya capital investment dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

c. *Break event point* (BEP)

Break Event Point adalah terjadinya titik impas dimana tingkat penjualan atau pendapatan yang diperoleh dan modal yang digunakan untuk menghasilkan laba berada dalam posisi yang sama.

d. *Shut down point* (SDP)

Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan keuntungan).

e. *Discounted cash flow* (DCF)

Analisis kelayakan ekonomi dengan menggunakan "*Discounted Cash Flow*" merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi. *Rated of return based on discounted cash flow* adalah laju bunga maksimal dimana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga peralatan yang ada sekarang, dapat ditaksir dari harga tahun sebelumnya berdasarkan

indeks harga. Berikut adalah indeks harga yang di dalam teknik kimia disebut CEP indeks atau *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI).

Tabel 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 1987-2018

(Xi)	Indeks (Yi)
1987	323,8
1988	342,5
1989	355,4
1990	357,6
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	541,7
2017	507,5
2018	603,1

Untuk memperkirakan harga alat, ada dua persamaan pendekatan yang dapat digunakan. Harga alat pada tahun pabrik didirikandapat ditentukan

berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga (Aries & Newton, 1955).

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (6.1)$$

Dimana :

Ex : Harga pembelian pada tahun 2027

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi 2014

Nx : Index harga pada tahun 2027

Ny : Index harga pada tahun referensi 2014

Berdasarkan data nilai CEP indeks yang ada kemudian dilakukan perhitungan menggunakan metode regresi linear untuk mengetahui nilai CEP indeks pada tahun referensi dan tahun pembelian. Nilai CEP indeks pada tahun referensi 2014 adalah 576,10. Sementara nilai CEP indeks pada tahun pembelian yaitu tahun 2027 adalah 674,88. Berdasarkan nilai CEP indeks tersebut, dapat ditentukan harga alat proses dan alat utilitas sebagai berikut :

Tabel 6. 2 Harga Alat Proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	CY	CX
				2014	2027	2014 (\$)	2027 (\$)
1.	Tangki klorobenzena	T-01	1	576,10	674,88	206.100	241.437
2.	Tangki fenol	T-02	1	576,10	674,88	118.700	139.052
3.	Silo NaOH	SL-01	1	576,10	674,88	57.554	67.422
4.	Silo katalis Cu2O	SL-01	1	576,10	674,88	14.616	17.123
5.	Silo NaCl	SL-01	1	576,10	674,88	40.500	47.444
6.	Reaktor	R-01	1	576,10	674,88	587.800	688.581
7.	Mixer	M-01	1	576,10	674,88	112.000	262.406
8.	Mixer	M-02	1	576,10	674,88	112.000	262.406
9.	Dekanter	D-01	1	576,10	674,88	9.249	10.835
10.	Menara Distilasi	MD-01	1	576,10	674,88	289.935	339.646
11.	Screw Conveyor	SC-01	2	576,10	674,88	15.200	71.224
12.	Screw Conveyor	SC-02	2	576,10	674,88	15.200	71.224
13.	Expansion Valve	EV-01	1	576,10	674,88	724,09	848.24

Tabel 6.2 Harga Alat Proses (Lanjutan)

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	CY	CX
				2014	2027	2014 (\$)	2027 (\$)
14.	<i>Condensor</i>	CD-01	1	576,10	674,88	27.200	31.864
15.	<i>Reboiler</i>	RB-01	1	576,10	674,88	21.400	25.069
16.	<i>Heater</i>	HE-01	1	576,10	674,88	9.600	33.738
17.	<i>Heater</i>	HE-02	1	576,10	674,88	9.600	33.738
18.	<i>Heater</i>	HE-03	1	576,10	674,88	9.600	33.738
19.	<i>Cooler</i>	CL-01	1	576,10	674,88	18.800	22.023
20.	Pompa	P-01	2	576,10	674,88	7.600	160.255
21.	Pompa	P-02	2	576,10	674,88	7.600	160.255
22.	Pompa	P-03	2	576,10	674,88	7.600	160.255
23.	Pompa	P-04	2	576,10	674,88	7.600	160.255
24.	Pompa	P-05	2	576,10	674,88	7.600	160.255
25.	Pompa	P-06	2	576,10	674,88	7.600	160.255
26.	Pompa	P-07	2	576,10	674,88	7.600	160.255
27.	Pompa	P-08	2	576,10	674,88	7.600	160.255
28.	Pompa	P-09	2	576,10	674,88	7.600	160.255
Total			39	9217,60	10.798	1.536.979	2.158.966

Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	CY	CX
				2014	2027	2014 (\$)	2027 (\$)
1.	Screening	FU-01	1	576,10	674,88	17.400	20.383
2.	Bak Pengendapan Sedimentasi	BU-01	1	576,10	674,88	17.900	20.969
3.	Bak Koagulasi dan Flokulasi	BU-02	1	576,10	674,88	8.100	9.489
4.	Bak Pengendap I	BU-03	1	576,10	674,88	17.900	20.969
5.	Bak Pengendap II	BU-04	1	576,10	674,88	17.900	20.969
6.	Sand Filter	FU-02	1	576,10	674,88	32.400	37.955
7.	Bak Air Penampung Sementara	BU-05	1	576,10	674,88	8.100	9.489
8.	Bak Air Pendingin	BU-06	1	576,10	674,88	800	937
9.	Cooling Tower	CT-01	1	576,10	674,88	224.200	262.640
10.	Blower Cooling Tower	BL-01	1	576,10	674,88	300	351

Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas (Lanjutan)

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	CY	CX
				2014	2027	2014 (\$)	2027 (\$)
11.	Deaerator	DE	1	576,10	674,88	11.082	12.982
12.	Boiler	BO-01	1	576,10	674,88	301.500	353.194
13.	Tangki Alum	TU-01	1	576,10	674,88	30.900	36.198
14.	Tangki Klorinasi	TU-02	1	576,10	674,88	10.700	12.535
15.	Tangki Kaporit	TU-03	1	576,10	674,88	30.900	36.198
16.	Tangki Air Bersih	T-01	1	576,10	674,88	43.400	50.841
17.	Tangki Air Bertekanan	TU-04	1	576,10	674,88	20.900	24.483
18.	Mixed Bed	TU-05	1	576,10	674,88	1.500	1.757
19.	Tangki NaCl	T-02	1	576,10	674,88	2.700	3.163
20.	Tangki Air Demin	TU-09	1	576,10	674,88	11.900	13.940
21.	Tangki NaOH	T-03	1	576,10	674,88	2.500	2.929
22.	Tangki N2H4	T-09	1	576,10	674,88	2.500	2.929
23.	Pompa 1	PU-01	2	576,10	674,88	13.852	16.227
24.	Pompa 2	PU-02	2	576,10	674,88	13.852	16.227
25.	Pompa 3	PU-03	2	576,10	674,88	17.000	19.914
26.	Pompa 4	PU-04	2	576,10	674,88	17.000	19.914
27.	Pompa 5	PU-05	2	576,10	674,88	17.000	19.914
28.	Pompa 6	PU-06	2	576,10	674,88	3.662	4.289,87
29.	Pompa 7	PU-07	2	576,10	674,88	3.662	4.289,87
30.	Pompa 8	PU-08	2	576,10	674,88	3.662	4.289,87
31.	Pompa 9	PU-09	2	576,10	674,88	2.034	2.382,74
32.	Pompa 10	PU-10	2	576,10	674,88	3.662	4.289,87
33.	Pompa 11	PU-11	2	576,10	674,88	2.034	2.382,74
34.	Pompa 12	PU-12	2	576,10	674,88	2.034	2.382,74
35.	Pompa 13	PU-13	2	576,10	674,88	2.034	2.382,74
36.	Pompa 14	PU-14	2	576,10	674,88	3.662	4.289,87
37.	Pompa 15	PU-15	2	576,10	674,88	3.662	4.289,87
38.	Pompa 16	PU-16	2	576,10	674,88	2.034	2.382,74
39.	Pompa 17	PU-17	2	576,10	674,88	2.034	2.382,74
40.	Pompa 18	PU-18	2	576,10	674,88	2.034	2.382,74
41.	Pompa 19	PU-19	2	576,10	674,88	2.034	2.382,74
42.	Pompa 20	PU-20	2	576,10	674,88	2.034	2.382,74
43.	Pompa 21	PU-21	2	576,10	674,88	2.034	2.382,74
44.	Tangki Bahan Bakar Boiler	T-06	1	576,10	674,88	3.300	3.865,80
45.	Tangki bahan bakar generator	T-07	1	576,10	674,88	13.800	16.166,08
Total							1.123.540

6.2 Dasar Perhitungan

- a. Kapasitas produksi : 45.000 Ton / Tahun
- b. Pabrik beroperasi : 330 hari kerja
- c. Umur alat : 10 Tahun
- d. Kurs mata uang : 1 \$ = Rp 15.045 (Per 23 Juni 2023)
- e. Tahun pabrik didirikan : 2027

6.3 Komponen Biaya

1. Modal (*Capital Investment*)

Capital investment adalah biaya untuk pengadaan fasilitas pabrik beserta kelengkapannya dan biaya untuk mengoperasikan pabrik.

Capital investment terdiri dari :

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas pabrik.

Tabel 6. 4 *Physical plant cost (PPC)*

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Purchased Equipment cost</i>	49.373.525.658	3.281.658
2.	<i>Delivered Equipment Cost</i>	12.343.381.415	820.414
3.	<i>Instalasi cost</i>	8.715.124.139	579.259
4.	Pemipaan	11.907.832.412	791.465
5.	Instrumentasi	12.465.402.967	828.525
6.	Insulasi	1.994.336.444	132.555
7.	Listrik	4.937.352.566	328.166
8.	Bangunan	122.850.000.000	8.165.341
9.	<i>Land & Yard Improvement</i>	4.500.000.000	299.097
	Total	229.086.955.601	15.226.480

Tabel 6. 5 *Direct plant cost (DPC)*

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Engineering and Constrution</i>	45.817.391.120	3.045.296
	Total	45.817.391.120	3.045.296

Tabel 6. 6 *Fixed capital investment (FCI)*

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Direct Plant Cost</i>	274.904.346.721	18.271.776
2.	<i>Cotractor's fee</i>	10.996.173.869	730.871
3.	<i>Contingency</i>	27.490.434.672	1.827.178
Total		313.390.955.262	20.829.824

b. *Working Capital Investment*

Working capital investment yaitu modal biaya yang diperlukan dalam mendirikan pabrik atau usaha untuk mengoperasikan suatu pabrik selama kurun waktu tertentu. Ada beberapa sumber modal yang bisa didapatkan dalam pendirian suatu pabrik yaitu bisa dari pinjaman bank, uang pribadi, atau dari pihak investor. Rasio perbandingan antara uang pribadi dengan pinjaman dari bank tergantung dari jumlah uang sendiri dan uang pinjaman bisa menggunakan sharing profit atau sebesar 40:60 atau 30:70 atau perbandingan lainnya menyesuaikan dari uang yang ditanamkan. Tujuan akhir dari penanaman modal adalah mendapatkan keuntungan dari modal yang sudah ditanam, beberapa ciri-ciri investasi yang baik yaitu :

- Bisa menghasilkan laba yang maksimum
- Investasi yang cepat kembali
- Menganut hukum yang baik, teknologi yang memadai, aman, dan lain-lain

Tabel 6. 7 *Working capital investment (WCI)*

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Raw Material Inventory</i>	76.419.064.602	5.079.265
2.	<i>Inproses Onventory</i>	45.612.656.582	3.031.688
3.	<i>Product Inventory</i>	91.225.313.165	6.063.376
4.	<i>Extended Credit</i>	108.941.649.545	7.240.909
5.	<i>Available Cash</i>	91.225.313.165	6.063.376
Total		413.423.997.060	27.478.614

2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost adalah biaya yang harus disediakan atau dikeluarkan untuk melakukan produksi suatu produk dalam pabrik, meliputi *Direct Cost*, *Indirect Cost*, *Fixed Cost* yang selalu berkaitan dengan pembuatan suatu produk. *Manufacturing Cost* antara lain :

a. *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

Direct Manufacturing cost atau biaya langsung adalah biaya pengeluaran yang masih berkaitan langsung dalam pembuatan produk yang berhubungan dengan memproduksi suatu produk dalam pabrik.

Tabel 6. 8 *Direct manufacturing cost* (DMC)

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Raw Material</i>	840.609.710.625	55.871.914
2.	<i>Labor</i>	14.658.000.000	974.258
3.	<i>Supervision</i>	1.465.800.000	97.426
4.	<i>Maintenance</i>	6.267.819.105	416.596
5.	<i>Plant Supplies</i>	940.172.866	62.489
6.	<i>Royalty and Patents</i>	11.983.581.450	796.500
7.	<i>Utilities</i>	25,302,857,990	1.681.778
	Total	901.227.942.036	59.900.962

b. *Indirect Manufacturing Cost* (IMC)

Indirect Manufacturing Cost atau biaya tidak langsung adalah biaya-biaya yang tidak ikut terkait langsung oleh unit produksi dalam pabrik.

Tabel 6. 9 *Indirect manufacturing cost* (IMC)

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Payroll Overhead</i>	2.198.700.000	146.139
2.	<i>Laboratory</i>	1.465.800.000	97.426
3.	<i>Plant Overhead</i>	7.329.000.000	487.129
4.	<i>Packaging and Shipping</i>	59.917.907.250	3.982.500
	Total	70.911.407.250	4.713.193

c. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Fixed Manufacturing Cost atau biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan oleh pabrik pada saat kondisi operasi maupun tidak. Pengeluaran yang bersifat konstan atau tetap yang tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 6. 10 *Fixed manufacturing cost (FMC)*

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Depreciation</i>	25.071.276.421	1.666.386
2.	<i>Property taxes</i>	3.133.909.553	208.298
3.	<i>Insurance</i>	3.133.909.553	208.298
Total		31.339.095.526	2.082.982

Tabel 6. 11 *Total manufacturing cost*

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	901.227.942.036	59.900.962
2.	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	70.911.407.250	4.713.193
3.	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	31.339.095.526	2.082.982
Total		1.003.478.444.812	66.697.138

3. Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

General Expenses atau disebut pengeluaran umum terdiri dari pengeluaran-pengeluaran yang berhubungan dengan fungsi dari perusahaan yang tidak termasuk oleh *Manufacturing cost*. Biaya yang harus dikeluarkan guna untuk kepentingan dalam kelancaran jalannya perusahaan secara keseluruhan.

Tabel 6. 12 *General expense (GE)*

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Administration</i>	20.069.568.896	1.333.943
2.	<i>Sales Expense</i>	50.173.922.241	3.334.857
3.	<i>Research</i>	40.139.137.792	2.667.886
4.	<i>Finance</i>	14.536.299.046	966.169
Total		124.918.927.976	8.302.854

Tabel 6. 13 Total *production cost*

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Manufacturing Cost</i> (MC)	1.003.478.444.812	66.697.138
2.	<i>General Expenses</i> (GE)	124.918.927.976	8.302.854
Total		1.128.397.372.788	74.999.992

6.4 Analisa Keuntungan

1. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp 1.198.358.145.000

Total Production cost : Rp 1.128.397.372.788

Keuntungan : Total Penjualan – Total biaya produksi
Rp 69.960.772.212

2. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak 20% dari keuntungan : 20% x Rp 69.960.772.212

Rp 13.992.154.442

Keuntungan : Keuntungan Sebelum Pajak - Pajak
Rp 55.968.617.769

6.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan berfungsi untuk mengetahui laba yang didapatkan agar mendapatkan keuntungan maksimum dan bisa melihat hasil keuntungan kecil atau besar, agar bisa dikategorikan pabrik yang potensial atau tidak potensial dari sisi ekonomi, ada beberapa cara yang dilakukan untuk melihat suatu kelayakan pabrik, antara lain :

1. *Return on Investment* (ROI)

Return On Investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang di dapat setiap tahun dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai minimum ROI *before tax* sebesar 11%, sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi mempunyai minimum ROI *before tax* sebesar 44%. Jumlah uang yang diterima atau hilang disebut laba/rugi atau bunga.

$$\%ROI = \frac{\text{Profit}}{\text{Fixed Capital Investment}} \quad (6.2)$$

a. ROI sebelum pajak (ROI b)

$$ROI \text{ b} = 22,32\%$$

b. ROI Setelah Pajak (ROI a)

$$ROI \text{ a} = 17,86\%$$

2. Pay Out Time (POT)

Pay Out Time adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan kembali.

$$\%POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresant}} \quad (6.3)$$

a. POT Sebelum Pajak (POTb)

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun.

$$POT \text{ b} = 3,3 \text{ tahun}$$

b. POT setelah pajak (POTa)

$$POT \text{ a} = 3,9 \text{ tahun}$$

3. Break Even Point (BEP)

Break even point merupakan titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya dan penghasilan jumlahnya adalah sama. Dengan *break even point* kita dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga perunit yang dijual agar mendapat keuntungan. Nilai BEP pabrik kimia umumnya berada pada range 40-60%.

$$BEP = \frac{Fa + 0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\% \quad (6.4)$$

Dimana :

Fa = *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va = *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum Annual

Tabel 6. 14 Annual fixed manufacturing cost (Fa)

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Depreciation</i>	25.071.276.421	1.666.386
2.	<i>Property taxes</i>	3.133.909.553	208.298
3.	<i>Insurance</i>	3.133.909.553	208.298
Total		31.339.095.526	2.082.982

Tabel 6. 15 Annual regulated expenses (Ra)

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	Gaji Karyawan	14.658.000.000	974.258
2.	<i>Payroll Overhead</i>	2.198.700.000	146.139
3.	<i>Supervision</i>	1.465.800.000	97.426
4.	<i>Plant Overhead</i>	7.329.000.000	487.129
5.	Laboratorium	1.465.800.000	97.426
6.	<i>General Expense</i>	124.918.927.976	8.302.854
7.	<i>Maintenance</i>	6.267.819.105	416.596
8.	<i>Plant Supplies</i>	940.172.866	62.489
Total		159.244.219.947	10.584.317

Tabel 6. 16 Annual variable value (Va)

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Raw Material</i>	840.609.710.625	55.871.914
2.	<i>Packaging and Shipping</i>	59.917.907.250	3.982.500
3.	<i>Utilities</i>	25.302.857.990	1.681.778
4.	<i>Royalty & Patent</i>	11.983.581.450	796.500
Total		937.814.057.315	62.332.692

Tabel 6. 17 Annual sales value (Sa)

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Annual Sales Value</i>	1.198.358.145.000	79.650.000
Total		1.198.358.145.000	79.650.000

Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan pada tabel diatas, maka didapatkan nilai BEP sebesar :

$$\text{BEP} = 53,07 \%$$

4. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah titik atau kondisi saat penentuan suatu aktivitas produksi harus berhenti. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Hal tersebut diakibatkan karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

$$BEP = \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\% \quad (6.5)$$

Didapatkan SDP = 32,05 %

5. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Discounted cash flow rate of return adalah besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya. Didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. Batasan DCFR sendiri adalah 1,5 kali bunga bank.

$$\frac{(WC + FCI) \times (1 + i)^{10}}{CF} = ((1 + i)^9 + (1 + i)^8 + \dots + (1 + i)^1) \frac{WC + SV}{CV} \quad (6.6)$$

Dimana :

FCI = *Fixed capital investment*

WC = *Working capital investment*

SV = *Salvage value* = depresiasi

n = Umur pabrik 10 tahun

i = Nilai DCFR

Sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut

FCI = Rp 313.390.955.262

WCI = Rp 413.423.997.060

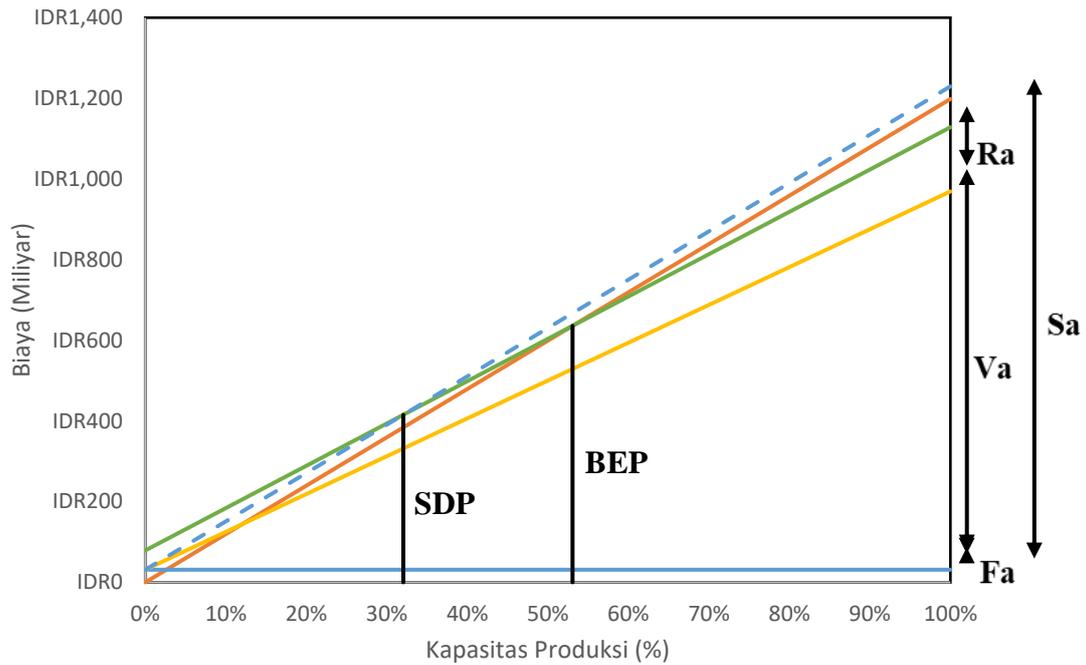
SV = Rp 25.071.276.421

n = 10 tahun

Sehingga diperoleh *trial & error* dapat dihitung nilai DCFR. Diperoleh nilai DCFR adalah :

$$\text{DCFR} = 12,50 \%$$

Setelah dilakukan analisa terhadap evaluasi ekonomi didapat grafik sebagai berikut:



Gambar 6. 1 Grafik Evaluasi Ekonomi

الجمعة المباركة
الاستد بالاندية

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

1. Prarancangan pabrik Fenol dari klorobenzena dan natrium hidroksida dengan kapasitas 45.000 ton/tahun akan didirikan di Kecamatan Kramatwatu, Kabupaten Serang, Banten dengan luas 27.300 m² dan jumlah pekerja 140 orang.
2. Dari segi evaluasi ekonomi serta analisis kelayakan, pabrik ini cukup menarik dan layak untuk didirikan dengan beberapa parameter kelayakan sebagai berikut:
 - a. *Return On Investment* (ROI)
 - ROI sebelum pajak = 22,32%
 - ROI setelah pajak = 17,86%
 - b. *Pay Out Time* (POT)
 - POT sebelum pajak = 3,3 tahun
 - POT setelah pajak = 3,9 tahunSyarat POT maksimum sebelum pajak untuk pabrik dengan resiko rendah adalah 5 tahun.
 - c. *Break Event Point* (BEP) = 53,07%
Nilai BEP untuk pabrik pada umumnya berada pada rentang 40% - 60%.
 - d. *Shut Down Point* (SDP) = 32,05 %
Nilai SDP pada umumnya berkisar lebih dari 20%.
 - e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) = DCFR = 12,50 %
Syarat minimum DCFR adalah diatas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 kali suku bunga pinjaman bank. Dengan pertimbangan hasil diatas, maka pabrik fenol dengan kapasitas 45.000 ton/tahun layak dari aspek teknis dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

7.2 Saran

Dalam perancangan pabrik kimia diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang didukung dengan adanya referensi dan pranalar lain yang berhubungan dengan konsep dasar pendirian suatu pabrik. Mempelajari lebih dalam akan seluruh konsep tersebut harapannya akan menjadikan produk fenol dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor keluar negeri dimasa yang akan mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.



DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S. and Newton, R. D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Badan Pusat Statistik. 2022. <https://www.bps.go.id/>. Diakses Pada Tanggal 8 Januari 2023 Pukul 13.00 WIB.
- Bodman, S. W. 1968. *The Industrial Practice of Chemical Process Engineering*. Massachusetts Institute of Technology. London, England
- Brown, G G. 1977. *Unit Operations*. CBS, New Delhi
- Brownell, L E. Young, E H. 1959. *Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Coulson, J. M and Richardson, J.F. 1989. *An introduction to chemical Engineering*. Pergamon Press : Oxford.
- Froment, Gillbert. 2011. *Chemical Reactor Design*. Hamilton Printing Company. United States of America.
- Geankoplis, C J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations Third Edition*. Prentice-Hall International, Inc. New Jersey
- Kemenperin. <https://kemenperin.go.id/>. Diakses Pada Tanggal 8 Januari 2023 Pukul 13.00 WIB.
- Kern, D.Q. 1983. *Process Heat Transfer*. Mc GrawHill Book Co.Inc., New York.
- Kirk, R.E. and Othmer, D. 2007. *Concise Encyclopedia of Chemical Technology, 2 Volume Set, 5th edition*. In Wiley. Hoboken, N.J : Wiley-Interscience.
- LabChem. 2017. *Phenol Safety Data Sheet*. Pennsylvania: LabChem, Inc.
- LabChem. 2018. *Sodium Hydroxide Safety Data Sheet*. Pennsylvania: LabChem, Inc.

Perry, R.H. and D. W. Green. 1997. *Perry's Chemical Engineering Handbooks*, 7th edition, McGraw Hill Book Co., New York.

Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1991, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th Ed., Mc Graw-Hill Book Co., Inc., New York.

Rase, H.F., 1977, *Chemical Reactor Design for Process Plant*, vol II, John Willey and Sons Inc., New York.

Smith, J.M., 1981, *Chemical Engineering Kinetics*, 3rd Ed., Mc.Graw-Hill Book CO-Kogakusha Ltd., Tokyo.

Smith, J.M., Ness, Van H.C., Abbott, M.M., 2001, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 6th Ed., Mc. Graw-Hill Inc., Singapore.

Yaws, Carl. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. McGraw-Hill. New York.

Zhao, H., Liu, S., Shang, M., & Su, Y. (2021). Direct oxidation of benzene to phenol in a microreactor: Process parameters and reaction kinetics study. *Chemical Engineering Science*, 246, 116907.

United State Patent. 1987. *Procces For The Synthesis Of Phenol*. <https://patents.google.com/patent/US4684749>. Diakses Pada Tanggal 15 Februari 2023 Pukul 18.30 WIB.

<https://www.chemengonline.com/pci> diakses pada tanggal 4 Juni 2023

<http://www.labchem.com/tools/msd> diakses pada tanggal 7 Maret 2023





LAMPIRAN A
PERANCANGAN REAKTOR-01

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara klorobenzene (C₆H₅Cl) dengan Natrium Hidrosida (NaOH) dan Katalis Cu₂O

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Kondisi Operasi : Suhu : 120 °C

Tekanan : 2 atm : 29,3919 psi

Reaksi sintesis : $C_6H_5Cl + NaOH \rightarrow C_6H_5OH + NaCl$

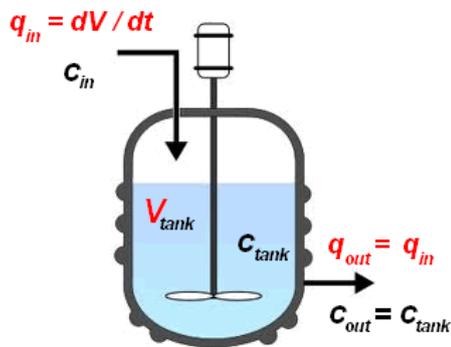
Kinetika Reaksi :

Diketahui nilai analogi kinetika reaksi benzena menjadi fenol dalam mikroreaktor sebagai berikut :

Maka,

$$k = 0,02181 \text{ min}^{-1} \text{ (orde 1)}$$

Model matematis perancangan reaktor :



(<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Cstr.png>)

Asumsi Reaktor :

1. Isotermal
2. Pengadukan sempurna
3. Laju alir volumetrik tetap
4. *Steady state*

Pada keadaan *steady state* maka dapat dituliskan :

Laju A masuk – Laju A keluar – Laju reaksi A = Laju akumulasi

$$F_V \cdot C_{A \text{ in}} - F_V \cdot C_{A \text{ out}} + (-r_A)V = 0$$

$$F_V \cdot C_{A \text{ in}} - F_V \cdot C_{A \text{ out}} = (-r_A)V$$

$$F_V(C_{A \text{ in}} - C_{A \text{ out}}) = (-r_A)V$$

$$V = \frac{F_V(C_{A \text{ in}} - C_{A \text{ out}})}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{F_V(C_{A0} - C_{A0}(1 - X_A))}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{F_V(C_{A0} \cdot X_A)}{k \cdot C_A}$$

$$V = \frac{F_V(C_{A0} \cdot X_A)}{k \cdot (C_{A0}(1 - X_A))}$$

$$V = \frac{F_V \cdot X_A}{k \cdot (1 - X_A)}$$

Maka diperoleh V sebesar $63,90 \text{ m}^3 = 16880,98 \text{ gallon}$

Optimasi Reaktor

1. Jumlah Reaktor 1

$$V_1 = 66,92 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0$$

$$X_1 = 0,90$$

2. Jumlah Reaktor 2

$$V_1 = V_2 = 30,95 \text{ m}^3$$

$$\tau = 3,18 \text{ jam}$$

3. Jumlah Reaktor 3

$$V_1 = V_2 = V_3 = 25,75 \text{ m}^3$$

$$\tau = 2,65 \text{ jam}$$

4. Jumlah Reaktor 4

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = 22,95 \text{ m}^3$$

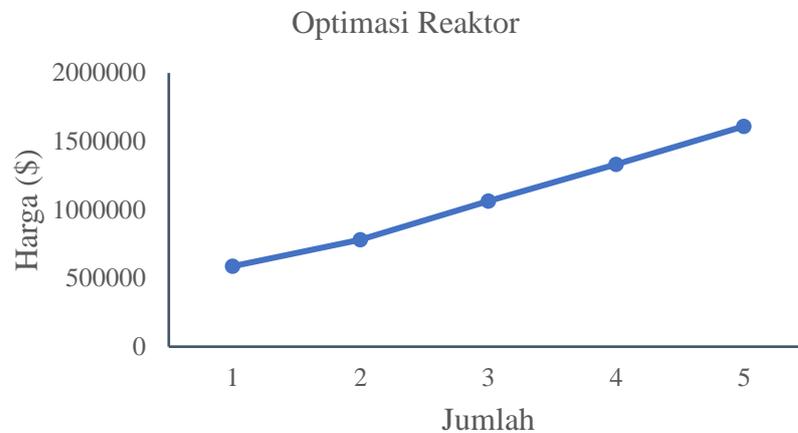
$$\tau = 2,36 \text{ jam}$$

5. Jumlah Reaktor 5

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = V_5 = 21,51 \text{ m}^3$$

$$\tau = 2,21 \text{ jam}$$

n	V (gallon)	Harga (\$)	Total Harga (\$)
1	17677.10	587800	587800
2	8176.12	390600	781200
3	6802.43	354300	1062900
4	6062.75	333300	1333200
5	5682.34	322100	1610500



(sumber harga reaktor <https://www.matche.com/equipcost/Reactor.html>)

Menghitung Dimensi Reaktor

Untuk perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum adalah 1 : 1.5
($H=1,5D$)

Jenis tutup bagian atas dan bawah yang digunakan adalah torispherical head.

(Brownell, 1959 hal.41)

Densitas

Komponen	BM	kg/jam	kmol/jam	ρ (kg/m ³)	fraksi massa	ρ campuran (kg/m ³)
C6H5Cl	112	6769,83	60,44	997,24	0,5795	577,93
NaOH	40	2417,79	60,44	1870,05	0,2070	387,05
Cu2O	143	76,20	0,53	6480,00	0,0065	42,27
H2O	18	2417,79	134,32	935,26	0,2070	193,57
total		11681,62	255,74	10282,55	1,0000	1200,83

Densitas campuran = 1200,83 kg/m³

$$F_v = \frac{\text{Massa} \left(\frac{\text{kg}}{\text{jam}} \right)}{\rho \text{ campuran} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)}$$

$$= 9,7280 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$V = 63,90 \text{ m}^3$$

$$V \text{ over design (20\%)} = 1,2 \times 63,90 \text{ m}^3 = 80,2981 \text{ m}^3$$

$$V = \frac{\pi \times D^2 \times (H)}{4}$$

$$D = 4,6768 \text{ m} = 184,1241 \text{ in}$$

$$H = 7,0151 \text{ m} = 276,1862 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi Cairan (Hi)} = \frac{4 \times V}{\pi \times D^2} = 4,6768 \text{ m}$$

Menghitung Tekanan Desain

$$\text{Tekanan Operasi} = 2 \text{ atm} = 29,3918 \text{ psi}$$

$$\text{Densitas Campuran} = 1200,83 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{\rho \times g \times h}{gc}$$

Maka,

$$P_{\text{hidrostatik}} = 5.615,9765 \text{ kg/m}^2 = 7,9747 \text{ psi}$$

$$P_{\text{absolute}} = \text{Tekanan operasi} + \text{Tekanan hidrostatik}$$

$$P_{\text{absolute}} = 37,3665 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,2 \text{ (overdesign 20\%)} \times \text{Tekanan absolut}$$

$$P_{\text{desain}} = 44,8398 \text{ psi}$$

Menghitung Tebal Shell

$$ts = \frac{P \times r}{f \times E - 0,6 \times P} + C$$

$$P \text{ (Tekanan dalam tangki, psi)} = 44,8398 \text{ psi}$$

$$f \text{ (Allowable stress, psi)} = 18.750 \text{ psi (Brownell, 1959 tabel 5.7 hal. 342)}$$

ri (jari-jari reaktor, in)	= 92,0621 in
C (faktor korosi, in)	= 0,125 in
E (efisiensi sambungan, 80%)	= 0,8 (Brownell, 1959 tabel 13.2 hal. 254)
ts (Tebal <i>shell</i> , in)	= 0,4007 in

Maka, diperoleh ts standar sebesar 0,4375 in atau 7/16 in (Brownell, 1959 tabel 5.7 hal. 91)

Menghitung Dimensi Head

$$OD = (2 \times r) + (2 \times \text{tebal shell})$$

$$OD \text{ (outside design, in)} = 184,9991 \text{ in}$$

Pada tabel 5.7 hal. 91 (Brownell, 1959), di dapat :

$$OD = 192 \text{ in}$$

$$icr = 11,5 \text{ in}$$

$$r = 170 \text{ in}$$

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right)$$

$$w = 1,7112 \text{ in}$$

$$th = \frac{P \times r \times w}{2 \times f \times E - 0,2 \times P} + C$$

$$th \text{ (tebal head, in)} = 0,375 \text{ in}$$

Berdasarkan tabel 5.8 brownell hal. 93, dengan th standar sebesar 0.375 (3/8 in) maka nilai sf adalah 1 1/2 - 3, sehingga dipilih nilai sf sebesar 3 in.

Menghitung Tinggi Head

$$ID \text{ (inside diameter, in)} = 191,1250 \text{ in}$$

$$OD \text{ (outside diameter, in)} = 192 \text{ in}$$

$$th \text{ (tebal head, in)} = 0.375 \text{ in}$$

$$ID = OD - 2 \times th$$

$$ID = 191,1250 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$a = 95,5625 \text{ in}$$

$$AB = a - icr$$

$$AB = 84,0625 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 158,5000 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 + AB^2}$$

$$AC = 134,3717 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$b = 35,6283 \text{ in}$$

$$H_{head} (OA) = th + b + sf$$

$$H_{head} (OA) = 39,0033 \text{ in} = 0,9906 \text{ m}$$

$$h_{Reaktor} = 2 \times H_{head} + h_{Shell}$$

$$h_{Reaktor} = 354,1928 \text{ in} = 8,9965 \text{ m}$$

Menghitung Ukuran Pengaduk

berdasarkan padatan katalis dipilih pengaduk dengan tipe Turbine with 6 Flat Blades sangat diperlukan untuk mencapai pengadukan 500 rpm. Berdasarkan buku brown (1978), hal. 507 diperoleh data:

$$Dt/Di = 3$$

$$Zl/Di = 2,7 - 3,9$$

$$Zi/Di = 0,75 - 1,3$$

$$Wb/Di = 0,17$$

$$L/Di = 1$$

$$\text{Baffle} = 4$$

$$Di \text{ (diameter pengaduk, in)} = 1,5589 \text{ m} = 61,3749 \text{ in}$$

$$ZL \text{ (tinggi cairan dalam reaktor, in)} = 6,0798 \text{ m} = 239,3620 \text{ in}$$

$$Wb \text{ (lebar baffle, in)} = 0,2650 \text{ m} = 10,4337 \text{ in}$$

$$Zi \text{ (jarak pengaduk, in)} = 2,0266 \text{ m} = 79,7873 \text{ in}$$

$$L \text{ (lebar pengaduk, in)} = 1,5589 \text{ m} = 61,3749 \text{ in}$$

$$\text{Jumlah Impeler} = 1$$

Menghitung Kecepatan Putaran Pengaduk

$$N = \frac{600}{\pi \times Di} \times \sqrt{\frac{WELH}{2 \times Di}}$$

$$WELH = Z_L \times Sg$$

$$\text{Spesific Gravity} = 1,0311$$

$$WELH = 5,6318 \text{ m} = 18,4771 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah Putaran (N)} = 50,2123 \text{ rpm} = 0,8369 \text{ rps}$$

Menghitung Power Pengaduk

$$Pa = \frac{Np \times \rho \times N^3 D^5}{550 \times gc}$$

$$Np \text{ (power number)} = 7 \text{ (fig. 447 buku brown hal.507)}$$

$$\rho \text{ (densitas campuran)} = 1200,83 \text{ kg/m}^3$$

Di (diameter pengaduk) = 5,1146 ft

gc = 32,2 ft.lbm/s².lbf

N (kecepatan putaran pengaduk) = 0,8369 rps

Pa = 60,7819 hp

Maka, daya efisiensi motor adalah 86% (figur 14.38 Peters hal. 521)

P (daya motor) = 70,6766 hp

Neraca Panas Reaktor

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
ΔH1 (masuk)	2323946,6311	
ΔH2 (keluar)		2686797,8896
ΔHR (Reaksi)	770377,8754	
Q pendingin		407526,6170
Total	3094324,5065	3094324,5065

Media pendingin yang digunakan adalah Cooling Water dengan suhu masuk 30 °C dan suhu keluar 45 °C.

$$\Delta H = Cp \times \Delta T$$

$$\Delta H = 4,1799 (313K - 298K) - 4,1775 (303K - 298K)$$

$$\Delta H = 4,1811 \text{ kj/kg}$$

Maka kebutuhan air pendingin :

$$Q = m \times Cp \times \Delta T$$

$$m = \frac{Q}{\Delta H}$$

$$m = 9.746,8756 \text{ kg/jam}$$

Suhu LMTD

Komponen	°C	K	°F
Suhu fluida panas masuk (T ₁)	120	393	248
Suhu fluida panas keluar(T ₂)	120	393	248
Suhu fluida dingin masuk (t ₁)	30	303	86
Suhu fluida dingin keluar (t ₂)	40	313	104

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_2 - t_1) - (T_1 - t_2)}{\ln \frac{(T_2 - t_1)}{(T_1 - t_2)}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 152,8234 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Menghitung Luas Perpindahan Panas

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta T_{LMTD}}$$

Nilai UD untuk light organic (hot) dan water (cold) sebesar 75 - 150 Btu/ft².°F jam. Maka nilai UD = 150 btu/jam.ft².°F

$$A = 1,6516 \text{ m}^2$$

Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$A = \pi \times D \times H$$

$$A = 52,8389 \text{ m}^2$$

Karena luas transfer panas < luas selubung reaktor maka dipilih jaket pendingin.

Perhitungan Desain Jaket Pendingin

Menghitung Ukuran Jaket Pendingin

Jarak antara dinding luar tangki dan dinding bagian dalam jaket (jw) diambil :

$$ID = OD + 2 \times jw$$

$$ID = 196 \text{ in}$$

$$H = 1,5 \times ID$$

$$H = 294 \text{ in}$$

Menghitung Tebal Dinding Jaket

$$ts = \frac{P \times r}{f \times E - 0,6 \times P} + C$$

P (Tekanan dalam tangki, psi) = 44,8398 psi

f (*Allowable stress*, psi) = 18.750 psi (Brownell, 1959 tabel 5.7 hal. 342)

ri (jari-jari reaktor, in) = 98 in

C (faktor korosi, in) = 0,125 in

E (efisiensi sambungan, 80%) = 0,8 (Brownell, 1959 tabel 13.2 hal. 254)

ts (Tebal *shell*, in) = 0,4185 in

Maka, diperoleh ts standar sebesar 0,4375 in atau 7/16 in (Brownell, 1959 tabel 5.7 hal. 91)

Menghitung Tebal Bottom

$$OD = (2 \times r) + (2 \times \text{tebal shell})$$

OD (*outside design*, in) = 196,8370 in

Pada tabel 5.7 hal. 91 (Brownell, 1959), di dapat :

OD = 204 in

icr = 12,25 in

r = 170 in

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right)$$

w = 1,6813 in

$$th = \frac{P \times r \times w}{2 \times f \times E - 0,2 \times P} + C \quad (\text{Persamaan 7.77 Brownell, 1959})$$

th (tebal *Bottom*, in) = 0,6177 in

Berdasarkan tabel 5.8 brownell hal. 93, dengan th standar sebesar 0.6177 (3/4 in) maka nilai sf adalah 1 1/2 – 4, sehingga dipilih nilai sf sebesar 3 in.

Sehingga diperoleh tinggi bottom sebesar 40,3415 in

Menentukan Luas Transfer Panas Jacket

Luas permukaan tangki untuk tebal head > 1 in (Persamaan 5.13 Brownell, 1959 hal. 88) :

$$\text{Diameter } (De) = OD + \frac{OD}{24} + 2 \times sf + \frac{2}{3} \times icr + th$$

Diameter (De) = 227,4167 in

Rumus luas transfer panas jacket :

$$A = OD \times H + \frac{\pi}{4} \times OD^2$$

A = 92644,56 in²

Menentukan Koefisien Perpindahan Panas antara Reaktor Dan Jacket

Berikut merupakan persamaan 2.10, kern hal.718 :

$$\frac{hi \times Di}{k} = 0,36 \left(\frac{L^2 \times N \times \rho}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{Cp \times \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

Dengan $\mu = \mu_w$, sehingga $\frac{\mu}{\mu_w} = 1$

Di (diameter reaktor (ID shell), ft)	= 15,3437 ft
ρ (densitas campuran, lb/ft ³)	= 79,5754 lb/ft ³
Cp (kapasitas panas larutan, Btu/lb.°F)	= 6.117,1531 Btu/lb.°F
DI/L (Diameter pengaduk, ft)	= 5,1146 ft
N (Kecepatan rotasi pengaduk, rph)	= 3012,7403 rph
k (Konduktivitas panas larutan, Btu/jam.ft ² .(°F /ft)	= 0,3577 Btu/jam.ft ² .(°F /ft)
μ (Viskositas campuran, lb/ft.jam)	= 53,9903 lb/ft.jam
hi (koefisien perpindahan panas, Btu/jam ft ² .°F)	= 1945,6169 Btu/jam ft ² .°F

Menghitung hi_o

$$hi_o = hi \frac{ID}{OD}$$

$$hi_o = 1827,7340 \text{ Btu/jam ft}^2 \cdot \text{°F}$$

Menghitung ho

Diketahui nilai j sebesar 110 dengan nilai Re_j 2540,55 (kern, fig. 20.2 hal. 718)

$$ho = j \frac{k}{De} \left(\frac{Cp \times \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$ho = 72,3259 \text{ Btu/jam ft}^2 \cdot \text{°F}$$

Menghitung Clean Overall Coefficient (Uc) dan Designed Overall Coefficient (Ud)

$$Uc = \frac{hi_o \times ho}{hi_o + ho}$$

$$Uc = 69,5728 \text{ Btu/jam ft}^2 \cdot \text{°F}$$

Diketahui nilai *fouling factor* (kern, tabel 12, hal.845) :

$$Rd = 0,002$$

Maka, $hD = 1/Rd$

$= 500$

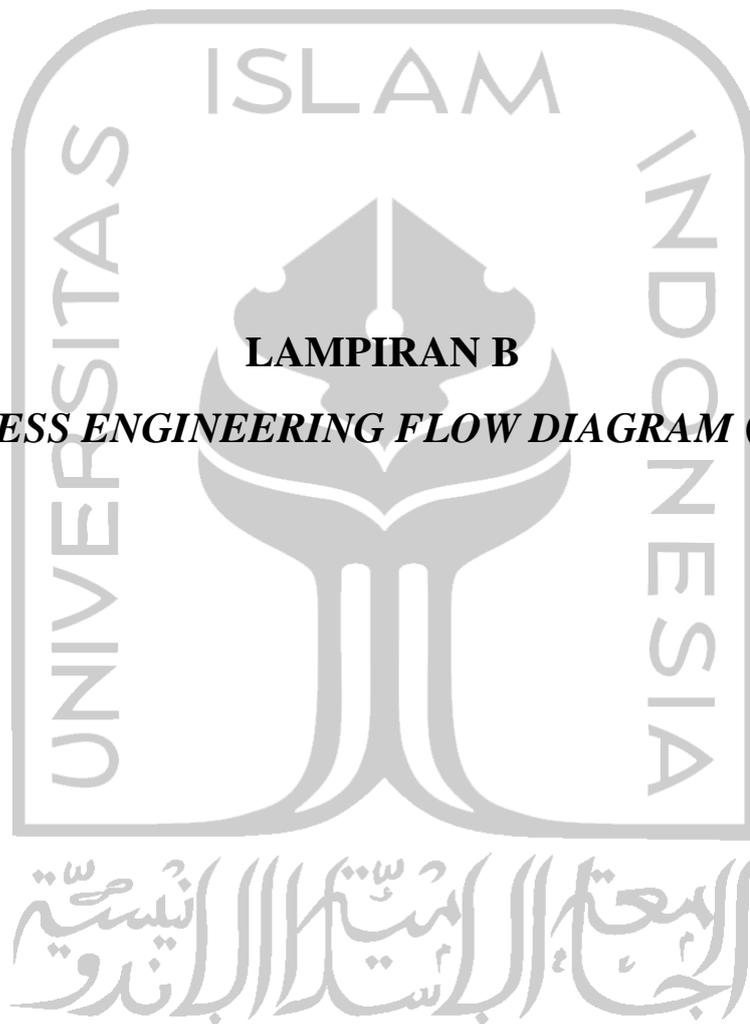
Berdasarkan example 20.1, Kern, hal. 720 :

$$Ud = \frac{U_c \times h_d}{U_c + h_d}$$

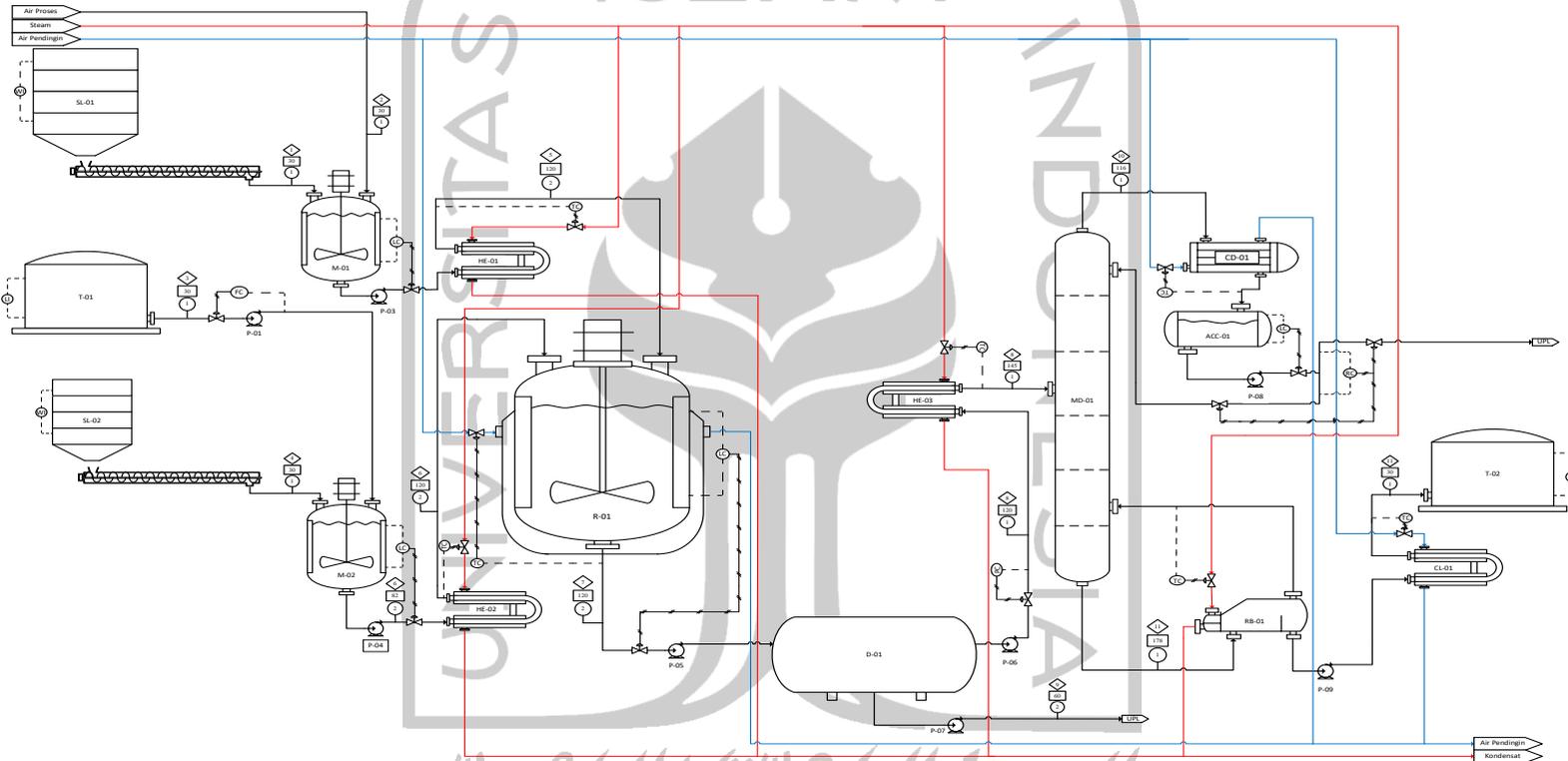
$Ud = 61,0746 \text{ Btu/jam ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

$Ud = 133,0471 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$





PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK FENOL DARI KLOROBENZENA DAN NATRIUM HIDROKSIDA
DENGAN KATALIS CUPPER OXIDE
KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN



Komponen	Arus (kg/jam)										
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11
C ₆ H ₅ Cl	-	-	6769,83	-	-	6769,83	676,98	0,14	676,84	0,0511	0,0890
NaOH	2417,79	-	-	-	2417,79	-	241,78	-	241,78	-	-
Cu ₂ O	-	-	-	76,20	-	76,20	76,20	-	76,20	-	-
H ₂ O	-	2417,79	-	-	2417,79	-	2417,79	203,09	2214,70	203,09	-
NaCl	-	-	-	-	-	-	3155,22	-	3155,22	-	-
C ₆ H ₅ OH	-	-	-	-	-	-	5113,64	4684,09	429,55	605,13	4076,96
Total	2417,79	2417,79	6769,83	76,20	4835,59	6846,03	11681,62	4887,33	6794,29	808,27	4079,05

Keterangan Instrumen	
FC	Flow Controller
LC	Level Controller
LI	Level Indicator
PC	Pressure Controller
RC	Ratio Controller
TC	Temperature Controller
WI	Weight Indicator
Keterangan Instrumen	
(atom)	Tekanan (atom)
(°C)	Temperature (°C)
(Nomor Arus)	Nomor Arus
(Control Valve)	Control Valve
(Pipe)	Pipe
(Sinyal Pneumatic)	Sinyal Pneumatic
(Sinyal Elektrik)	Sinyal Elektrik

Keterangan Alat	
ACC	Accumulator
CD	Condenser
CL	Cooler
DC	Descender
HE	Heater
MD	Mesra Distilasi
P	Pompa
R	Reaktor
RB	Reboiler
SC	Screw Conveyor
SI	Silo
T	Tangki



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 2023

PRA RANCANGAN PABRIK FENOL DARI KLOROBENZENA DAN NATRIUM HIDROKSIDA DENGAN KATALIS CUPPER OXIDE KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN

DISUSUN OLEH :
 Rizkiun Abdul Maman (19521215)
 Feby Rizki Ramadhan (19521217)

DOSEN PEMBIMBING
 Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.



LAMPIRAN C

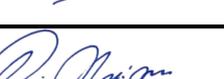
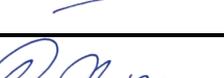
KARTU KONSULTASI PRARANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Teddy Rizki Ramadhan
No. MHS : 19521217
2. Nama Mahasiswa : Rizkita Abdul Manan
No. MHS : 19521215

Judul Prarancangan : Prarancangan Pabrik Fenol Dari Klorobenzena dan Natrium Hidroksida Kapasitas 45.000 Ton/Tahun

Mulai Masa Bimbingan : 10 Oktober 2022
Batas Akhir Bimbingan : 06 Oktober 2023

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	10/10/2022	Perkenalan dan Pengarahan awal mengenai tahap prarancangan pabrik	
2.	30/11/2022	Revisi judul tugas akhir	
3.	17/01/2023	Penentuan kapasitas pabrik	
4.	19/01/2023	Persetujuan luaran tahap 1	
5.	03/02/2023	Penentuan nilai kinetika reaksi	
6.	15/03/2023	Persetujuan luaran tahap 2 dan 3	
7.	14/04/2023	Persetujuan luaran tahap 4 dan 5	
8.	20/06/2023	Bimbingan ptimasi volume reaktor dan persetujuan luaran 6	

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
9.	04/07/2023	Bimbingan alat pemisah, PEFD dan persetujuan luaran 7	
10.	11/07/2023	Bimbingan alat penyimpanan, alat transportasi dan persetujuan luaran 8, 9,10 dan 11	
11.	25/07/2023	Bimbingan lokasi pabrik, utilitas dan analisa ekonomi	
12.	31/07/2023	Bimbingan naskah	

Disetujui draft penulisan:

Yogyakarta, 31 Juli 2023

Pembimbing,



Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.

الجامعة الإسلامية
الاستاذ الدكتور