

**PRARANCANGAN PABRIK *BISPHENOL A*  
DARI *ACETONE* DAN *PHENOL*  
DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN  
PERANCANGAN PABRIK**

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



Oleh

**Nama : Fadya Syahrani**

**NIM : 16521084**

**Nama: Naufal Shalahuddin**

**NIM : 16521149**

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2021**

# LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

## PRARANCANGAN PABRIK *BISPHENOL A*

### DARI *ACETONE* DAN *PHENOL*

## DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fadya Syahrani

NIM : 16521084

Nama : Naufal Shalahuddin

NIM : 16521149

**Yogyakarta, 05 Oktober 2021**

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

Demikian surat pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya

Td. Tangan



Fadya Syahrani

NIM. 16521084

Td. Tangan



Naufal Shalahuddin

NIM.16521149

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**  
**PRARANCANGAN PABRIK *BISPHENOL A***  
**DARI *ACETONE* DAN *PHENOL***  
**DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN PABRIK**



**Oleh**

Nama : Fadya Syahrani

NIM : 16521084

Nama: Naufal Shalahuddin

NIM : 16521149

**Yogyakarta, 5 Oktober 2021**

Pembimbing 1,



**Suharno Rusdi, Ph.D.**

Pembimbing 2,



**Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.**

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**  
**PRARANCANGAN PABRIK *BISPHENOL A***  
**DARI ACETONE DAN PHENOL**  
**DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN PABRIK**

Oleh:

Nama : Fadya Syahrani

Nama : Naufal Shalahuddin

NIM : 16521084

NIM : 16521149

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia Program  
Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 21 Desember 2021

Tim Penguji

Suharno Rusdi, Ph.D.

Ketua Penguji

Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.

Penguji I

Umi Rofiqah S.T., M.T.

Penguji II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



Suharno Rusdi, Ph.D.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh*

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, Semoga shalawat dan salam senantiasa dilimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW., keluarganya, dan para sahabatnya, serta orang-orang yang memegang teguh kitab Allah dan sunnah Rasul-Nya hingga hari kiamat.

Alhamdulillah, atas taufik dan hidayah dari Allah SWT, penyusun dapat melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Penyusunan tugas akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik *Bisphenol A* dari *Acetone* dan *Phenol* Dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penyelesaian tugas akhir dapat berjalan dengan baik atas bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan, perhatian, dan pengarahan dalam menjalankan penyusunan tugas akhir ini. Maka, pada kesempatan kali ini penyusun ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala petunjuk dan pertolongan kepada hamba-Mu yang sedang menuntut ilmu ini beserta Rasul-Nya yang membawa kita hingga ke zaman saat ini.
2. Kedua Orang Tua dan Keluarga Besar Penulis atas semua doa yang tidak pernah putus dipanjatkan untuk kesuksesan penulis serta dorongan semangat dan dukungannya selama ini sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir (skripsi) ini dengan lancar.

3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Suharno Rusdi. Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia juga selaku Pembimbing 1 dalam penyusunan tugas akhir ini .
5. Ibu Ariany Zulkania S.T., M.Eng. selaku pembimbing 2 yang telah memberikan banyak ilmu kepada kami dan juga telah sabar dalam membimbing kami selama melaksanakan penyelesaian tugas akhir sampai di tahap ini.
6. Teman-teman yang telah turut memberi bantuan, kerjasama , semangat, dukungan dan do'a sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Semua pihak yang telah ikut membantu kelancaran dalam penyusunan tugas akhir ini, yang tidak bisa kami sebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT memberi keberkahan atas pertolongan dan kebaikan yang telah diberikan kepada kami.

Kami menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat kesalahan dan kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan diri pribadi. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati kami mengharapkan adanya saran dan kritik yang membangun demi perbaikan tugas akhir ini dan pembelajaran di masa mendatang. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat yang baik bagi pihak yang membutuhkan.

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Yogyakarta, 5 Oktober 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.1.1 Kapasitas Perancangan .....	2
1.1.2 Ketersediaan Bahan Baku .....	7
1.1.3 Perusahaan Kompetitor .....	9
1.1.4 Penentuan Kapasitas.....	9
1.2. Tinjauan Pustaka .....	10
1.2.1. Tinjauan Proses .....	10
1.2.2. Pemilihan Proses.....	13
1.2.3. Mekanisme Reaksi .....	14
1.2.4. Kegunaan <i>Bisphenol A</i> .....	16
<b>BAB II PERANCANGAN PRODUK.....</b>	<b>18</b>
2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	18

2.2. Pengendalian Kualitas .....	20
<b>BAB III PERANCANGAN PROSES .....</b>	<b>26</b>
3.1. Uraian Proses .....	26
3.2. Spesifikasi Alat Proses .....	28
3.2.1. Mixer, M.....	28
3.2.2. Reaktor, R.....	28
3.2.3. <i>Evaporator</i> , E.....	29
3.2.4. Kristalizer, CR .....	31
3.2.5. <i>Centrifuge</i> , CF.....	32
3.2.6. Dephenolizer, DP.....	32
3.2.7. Condensor Parsial, CP .....	33
3.2.8. Separator, SP .....	34
3.2.9. <i>Rotary Cooler</i> , RC .....	34
3.2.10. Tangki, T .....	35
3.2.11. Silo <i>Phenol</i> , S-01.....	36
3.2.12. Silo <i>Bisphenol A</i> , S-02 .....	36
3.2.13. Heater, H.....	37
3.2.14. Ekspansi Valve, EV.....	38
3.2.15. Fan 1, F-01.....	38
3.2.16. Fan 2, F-02.....	39
3.2.17. Fan 3, F-03.....	39
3.2.18. Fan 4, F-04.....	40
3.2.19. Belt Conveyor 1, BC-01 .....	40
3.2.20. Belt Conveyor 2, BC-02 .....	41
3.2.21. Belt Conveyor 3, BC-03 .....	41



3.2.22. Belt Conveyor 4, BC-04 .....	41
3.2.23. Belt Conveyor 5, BC-05 .....	42
3.2.24. Bucket Elevator 1, BE-01 .....	42
3.2.25. Bucket Elevator 2, BE-02 .....	43
3.2.26. Bucket Elevator 3, BE-03 .....	43
3.2.27. Bucket Elevator 4, BE-04 .....	44
3.2.28. Bucket Elevator 5, BE-05 .....	44
3.2.29. Pompa 1, P-01 .....	45
3.2.30. Pompa 2, P-02 .....	45
3.2.31. Pompa 3, P-03 .....	46
3.2.32. Pompa 4, P-04 .....	46
3.2.33. Pompa 5, P-05 .....	47
3.2.34. Pompa 6, P-06 .....	47
3.2.35. Pompa 7, P-07 .....	48
3.3. Perencanaan Produksi.....	48
3.3.1. Kapasitas Perancangan .....	48
3.3.2. Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses .....	49
<b>BAB IV .....</b>	<b>51</b>
<b>PERANCANGAN PABRIK.....</b>	<b>51</b>
4.1 Lokasi Pabrik.....	56
4.2 Tata Letak Pabrik .....	58
4.3 Tata Letak Alat Proses .....	63
4.4 Neraca Massa.....	68
4.5 Neraca Panas .....	72
4.6 Pelayanan Teknik (Utilitas).....	76

4.6.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	77
4.6.2 Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System).....	92
4.6.3 Unit pembangkit Listrik ( <i>Power Plant System</i> ).....	93
4.6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan.....	97
4.6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	97
4.6.6 Unit Pengolahan Limbah.....	97
4.7 Organisasi Perusahaan.....	99
4.7.1 Bentuk Perusahaan.....	99
4.7.2 Struktur Organisasi.....	100
4.7.3 Tugas dan Wewenang.....	105
4.7.4 Status Karyawan.....	111
4.7.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	112
4.7.6 Daftar Gaji Karyawan.....	115
4.7.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	117
4.8 Evaluasi Ekonomi.....	119
4.8.1 Harga Alat.....	120
4.8.2 Analisa Kelayakan.....	123
4.9 Analisis keuntungan.....	148
<b>BAB V.....</b>	<b>150</b>
<b>PENUTUP.....</b>	<b>150</b>
5.1 Kesimpulan.....	150
5.2 Saran.....	152
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>153</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>155</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Data Impor Bisphenol A .....	2
Tabel 1. 2. Produksi Bisphenol A di Indonesia.....	4
Tabel 1. 3. Data Ekspor Bisphenol A di Indonesia .....	5
Tabel 1. 4. Perusahaan penyedia Acetone.....	7
Tabel 1. 5. Perusahaan penyedia Phenol .....	8
Tabel 1. 6. Pabrik Penghasil Bisphenol A.....	9
Tabel 1. 7. Perbandingan Proses Pembuatan Bisphenol A.....	13
Tabel 4. 1. Luas Tanah dan Bangunan.....	60
Tabel 4. 2. Neraca Massa Mixer .....	68
Tabel 4. 3. Neraca Massa Reaktor .....	68
Tabel 4. 4. Neraca Massa Evaporator .....	69
Tabel 4. 5. Neraca Massa Crystallizer .....	69
Tabel 4. 6. Neraca Massa Centrifuge .....	70
Tabel 4. 7. Neraca Massa Dephenolizer.....	70
Tabel 4. 8. Neraca Massa Condensor Parsial .....	71
Tabel 4. 9. Neraca Massa Separator.....	71
Tabel 4. 10. Neraca Massa Rotary Cooler .....	72
Tabel 4. 11. Neraca Panas Mixer .....	72
Tabel 4. 12. Neraca Panas Reaktor .....	73
Tabel 4. 13. Evaporator.....	73
Tabel 4. 14. Neraca Panas Crystallizer .....	74
Tabel 4. 15. Neraca Panas Centrifuge.....	74
Tabel 4. 16. Neraca Panas Dephenolizer .....	75
Tabel 4. 17. Neraca Panas Condensor Parsial.....	75
Tabel 4. 18. Neraca Panas Separator.....	76
Tabel 4. 19. Neraca Panas Rotary Cooler .....	76
Tabel 4. 20. Kebutuhan air pembangkit steam.....	89
Tabel 4. 21. Kebutuhan air pendingin.....	90
Tabel 4. 22. Kebutuhan Listrik Proses .....	94

Tabel 4. 23. Kebutuhan Listrik Utilitas.....	95
Tabel 4. 24. Kebutuhan Listrik Utilitas.....	96
Tabel 4. 25. Jadwal Kerja Karyawan Shift .....	113
Tabel 4. 26. Jumlah Karyawan Pabrik .....	115
Tabel 4. 27. Indeks Harga Alat .....	120
Tabel 4. 28. Harga Alat Proses .....	123
Tabel 4. 29. Physical Plant Cost (PPC).....	142
Tabel 4. 30. Direct Plant Cost (DPC).....	142
Tabel 4. 31. Fixed Capital Investment (FCI) .....	142
Tabel 4. 32. Direct Manufacturing Cost (DMC).....	143
Tabel 4. 33. Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	143
Tabel 4. 34. Fixed Manufacturing Cost (FMC) .....	143
Tabel 4. 35. Manufacturing Cost (MC).....	144
Tabel 4. 36. Working Capital (WC).....	144
Tabel 4. 37. General Expense (GE) .....	144
Tabel 4. 38. Total Production Cost (TPC) .....	145
Tabel 4. 39. Fixed Cost (Fa) .....	145
Tabel 4. 40. Variable Cost (Va) .....	145
Tabel 4. 41. Regulated Cost (Ra).....	146

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik impor Bisphenol A.....	3
Gambar 1. 2. Grafik Ekspor Bisphenol A.....	5
Gambar 4. 1. Tata Letak Pabrik.....	62
Gambar 4. 2. Tata Letak Alat Proses.....	65
Gambar 4. 3. Diagram Alir Kualitatif.....	66
Gambar 4. 4. Diagram Alir Kuantitaif.....	67
Gambar 4. 5. Diagram Alir Air Proses.....	81
Gambar 4. 6. Struktur Organisasi.....	104
Gambar 4. 7. Indeks Harga Alat.....	122
Gambar 4. 8. Grafik Analisa Kelayakan.....	149



## ABSTRAK

Produksi *Bisphenol A* memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan dikarenakan kebutuhan akan *Bisphenol A* semakin meningkat namun sampai saat ini Indonesia masih memenuhi kebutuhan akan *Bisphenol A* dengan impor dari luar negeri. Pabrik *Bisphenol A* ini direncanakan didirikan di kawasan industri Serang, Banten dengan kapasitas produksi 50.000 Ton/Tahun. Pabrik ini berjalan selama 330 hari dalam setahun dan berbadan hukum Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line* dan *staff* yang dipimpin oleh seorang Direktur dengan jumlah karyawan 205 orang. Reaktor yang digunakan adalah *fixed bed reactor* yang berlangsung secara *irreversible*, eksotemis, *non-isothermal* dan *non-adiabatic* pada suhu 50°C sampai 80 °C dan tekanan 1 atm. Pabrik ini membutuhkan *acetone* sebanyak 2.271,071 Kg/jam dan *phenol* sebanyak 5.277,970 Kg/jam untuk menghasilkan *Bisphenol A* sebanyak 6.186,868 Kg/jam.. Pabrik ini juga memerlukan utilitas pendukung proses meliputi penyediaan air sebesar 16.821,91 Kg/jam yang diperoleh dari sungai Cidanau, penyediaan *steam* dengan suhu 160 °C sebanyak 314,268 Kg/jam, kebutuhan listrik yang diperoleh dari PLN dan generator sebagai cadangan. Dari hasil analisa ekonomi, pendirian pabrik ini memiliki keuntungan sebelum pajak Rp 250.480.501.821/tahun, dan keuntungan setelah pajak 25% sebesar Rp 187.960.376.366/tahun. Presentase ROI sebelum pajak sebesar 14,92% dan ROI setelah pajak sebesar 11,19%. POT sebelum pajak selama 6,70 tahun dan POT setelah pajak selama 8,94 tahun. BEP sebesar 42,00%, dan SDP pada 21,56%. Dari hasil analisa ekonomi di atas, pabrik ini menguntungkan dan layak untuk didirikan.

Kata Kunci: *Bisphenol A*, *Phenol*, *Acetone*, *Fixed Bed Reactor*.

## ABSTRACT

Production of Bisphenol A has good prospects due to the increasing demand for Bisphenol A but until now Indonesia still fulfills the need for Bisphenol A by importing it from abroad. The Bisphenol A factory is plan to build in the industrial area of Serang, Banten with a 50,000 tons/year production capacity. This factory runs for 330 days a year and is incorporated as a Limited Liability Company (PT) with a line and staff organization system led by a Director with 205 employees. The reactor used is a fixed bed reactor in an irreversible, exothermic, non-isothermal and non-adiabatic process at a 50 °C to 80 °C temperatures and a 1 atm pressure. This factory requires acetone as much as 2,271.071 Kg/hour and phenol as much as 5,277.97 Kg/hour to produce 6,186.868 Kg/hour of Bisphenol A. This factory also need a process support utilities such as 16,821.91 Kg/hour of water supply obtained from the Cidanau river, 314.268 Kg/hour of steam with a 160 °C temperatures, electricity which provided by PLN and generator as a backup. From the results of economic analysis, the establishment of this factory has Rp. 250,480,501,821/year of profit before tax , and profit after 25% of tax is Rp. 187,960,376,366/year. The percentage of ROI before tax is 14.92% and ROI after tax is 11.19%. POT before tax for 6.70 years and POT after tax for 8.94 years. BEP is at 42.00%, and SDP is at 21.56%. From the results of the economic analysis, this factory is profitable and worth to establish.

Keywords: Bisphenol A, Phenol, Acetone, Fixed Bed Reactor.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia per 10 Februari tahun 2020 sudah dinobatkan menjadi negara maju oleh Amerika Serikat. Negara maju tidak berbicara soal pendapatan saja, tetapi juga tentang sikap bahwa Indonesia bisa percaya diri untuk lebih produktif dan meningkatkan produksi agar sejajar dengan negara maju lainnya. Peningkatan produksi ini sudah terlihat dari industri di Indonesia yang sudah berkembang dari segala bidang salah satunya yaitu industri kimia. Industri kimia di Indonesia sudah banyak menghasilkan produk jadi dan produk intermediet dimana hal ini dapat mengurangi ketergantungan impor dari Negara lain.

*Bisphenol A* atau dengan nama lain *4,4 IsopropylidenediPhenol* adalah salah satu produk intermediet yang dihasilkan oleh industri kimia. Produk ini biasanya digunakan pada industri polikarbonat, epoxy resin, industri cat dan polimer lainnya. Kebutuhan BPA di Indonesia semakin lama semakin meningkat namun sampai saat ini hanya terdapat dua perusahaan yang telah memproduksi *Bisphenol A* tersebut yaitu PT. Indo Nan Pao Resin Chemical dengan kapasitas produksi sebesar 12.000 ton/ tahun dan PT. Phodia dengan kapasitas produksi sebesar 20.000 ton/tahun. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, Indonesia masih membutuhkan impor dari Negara lain yaitu: China, Amerika, India, Inggris, Taiwan, Singapura, Itali, Jepang, Jordan, Saudi Arabia dan Korea. Ketergantungan impor ini mengakibatkan devisa negara berkurang sehingga dibutuhkan perusahaan yang dapat memproduksi *Bisphenol A* di Indonesia. Dengan adanya industri juga memungkinkan produk *Bisphenol A* yang dihasilkan dapat di ekspor ke Negara lain.



Pendirian pabrik *Bisphenol A* membutuhkan bahan baku berupa *Acetone* dan *Phenol* dimana ketersediaan bahan baku ini sangat melimpah sehingga mudah didapatkan. Dari segi sosial-ekonomi, pendirian pabrik ini terbilang menguntungkan dapat dilihat dari harga *Bisphenol A* yang lebih tinggi dari harga bahan bakunya dimana harga *Bisphenol A* adalah USD 1577/mt sedangkan harga *Acetone* adalah USD 537 /mt dan *Phenol* USD adalah 696/mt ([www.chemicalbook.com](http://www.chemicalbook.com)). Pendirian pabrik *Bisphenol A* selain menguntungkan juga terbilang aman karena tidak berisiko tinggi seperti mudah terbakar, mudah meledak atau terlalu banyak mencemari lingkungan.

#### 1.1.1 Kapasitas Perancangan

Prediksi akan kapasitas pabrik yang dibangun didasarkan pada kebutuhan *Bisphenol A* yang ada di Indonesia. Data yang diambil dari Badan Pusat Statistik (BPS) meliputi data impor, ekspor, konsumsi, dan produksi. Penentuan kapasitas meliputi demand dan supply:

##### A. Supply

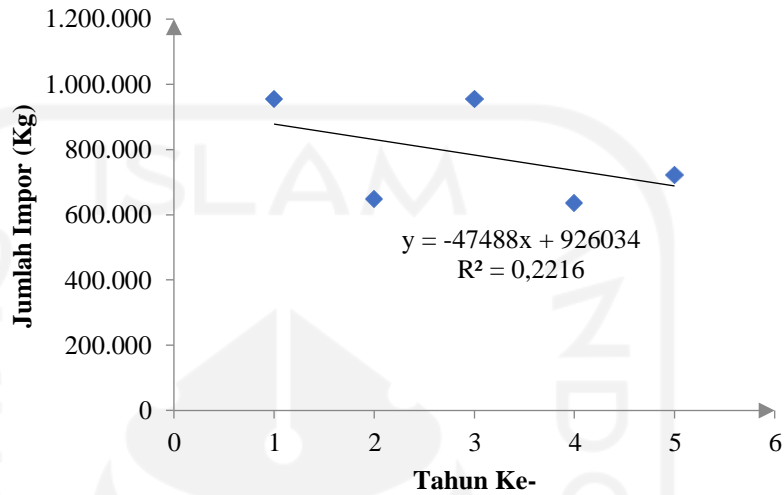
##### a) Impor

Tabel 1. 1. Data Impor *Bisphenol A*

No.	Tahun	Impor (kg)
1	2015	954.650
2	2016	648.629
3	2017	954.406
4	2018	637.275
5	2019	722.886

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS)

Berdasarkan Table 1.1, dibuat grafik hubungan antara tahun dan jumlah impor Bisphenol A.



Gambar 1. 1 Grafik impor *Bisphenol A*

Dari Gambar 1.1 berlaku suatu persamaan regresi linear, maka,

$$y = ax + b \quad (1.1)$$

$$y = -47488x + 926034$$

Pabrik ini direncanakan akan beroperasi pada tahun 2024. Prediksi impor *Bisphenol A* pada tahun ke-10 dapat dihitung sebagai berikut :

$$y = -47488(10) + 926034$$

$$y = 451.514$$

Data proyeksi nilai import pada tahun 2024 sebesar 451.514 kg/tahun atau 451,514 ton/tahun.

b) Produksi dalam negeri

Tabel 1. 2. Produksi *Bisphenol A* di Indonesia

<b>Perusahaan</b>	<b>Alamat</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
PT. Indo Nan Pao Resin Chemical	Tangerang, Banten	12.000
PT. Phodia	Jaksel	20.000
<b>Total</b>		<b>32.000</b>

Sumber: dataperusahaanindonesia.com

Produk *Bisphenol A* telah diproduksi dalam negeri oleh perusahaan diatas yaitu sebesar 32.000 ton/tahun. Diasumsikan hingga tahun 2024 tidak ada pabrik baru yang memproduksi *Bisphenol A*. Produksi *Bisphenol A* pada tahun 2024 bekisar diharga 32.000 ton.

Berdasarkan data impor dan produksi *Bisphenol A* di Indonesia pada tahun 2024 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai supply *Bisphenol A* di Indonesia, yaitu:

$$Supply = Impor + Produksi \quad (1.2)$$

$$\begin{aligned} Supply &= 451,514 \text{ ton/tahun} + 32.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 32.451,514 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

B. Demand

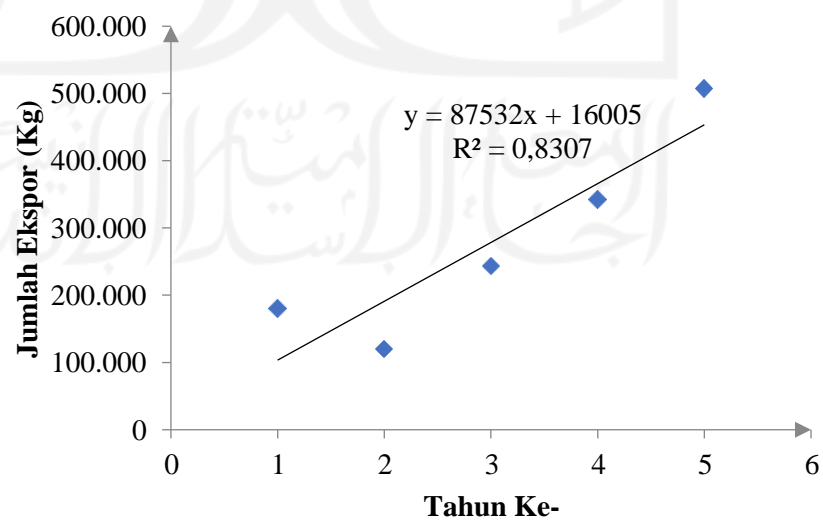
a) Ekspor

Tabel 1. 3. Data Ekspor *Bisphenol A* di Indonesia

No	Tahun	Ekspor (kg)
1	2015	180.400
2	2016	120.000
3	2017	243.484
4	2018	342.120
5	2019	507.000

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS)

Dari data ekspor pada Tabel 1.3, dibuat grafik hubungan antara tahun dan jumlah ekspor *Bisphenol* di Indonesia:



Gambar 1. 2. Grafik Ekspor *Bisphenol A*

Dari Gambar 1.2. berlaku suatu persamaan regresi linear, maka,

$$y = ax + b \quad (1.3)$$

$$y = 87532x + 16005$$

Sehingga prediksi ekspor *Bisphenol A* pada tahun 2024 adalah:

$$y = 87532(10) + 16005$$

$$y = 891.325$$

Data proyeksi nilai ekspor *Bisphenol A* di Indonesia pada tahun 2024 adalah 891,325 ton/tahun.

#### b). Konsumsi

*Bisphenol A* banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan cat. Menurut data dari Asosiasi Produsen Cat Indonesia, pada tahun 2020 terdapat 131 perusahaan cat di Indonesia dengan total kapasitas produksi 1.500.000 ton/tahun. Kapasitas produksi cat di Indonesia memiliki pertumbuhan 10% tiap tahunnya sehingga dapat di proyeksikan total kapasitas produksi pada tahun 2024 sebesar 2.196.150 ton/tahun. Diasumsikan dalam pembuatan cat membutuhkan 5% *Bisphenol A*. Maka pada tahun 2024 produksi cat di Indonesia diperkirakan mengkonsumsi 109.807 ton *Bisphenol A*.

Berdasarkan data ekspor dan konsumsi *Bisphenol A* di Indonesia pada tahun 2024 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai demand *Bisphenol A* di Indonesia, yaitu:

$$\text{Demand} = \text{Ekspor} + \text{Konsumsi} \quad (1.4)$$

$$\begin{aligned} \text{Demand} &= 891,325 \text{ ton/tahun} + 109.807 \text{ ton/tahun} \\ &= 110.698,328 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

### 1.1.2 Ketersediaan Bahan Baku

#### 1. Acetone

Tabel 1. 4. Perusahaan penyedia Acetone

<b>Perusahaan</b>	<b>Alamat</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
General Electric Company	Mount Vernon, Indiana	177.000
Shell Oil Company	Deer Park Texas USA	166.000
Allied Signal Corporation	Frankford. Philadelphia	221.000
Aristech Chemical Corporation, Haverhill, Ohio	Haverhill, Ohio	172.000
BTL Specialty Resins Corporation	Blue Island. Illinois	24.000
Texaco Corporation	El Dorado, Kansas	25.000

(Kirk & Othmer, 1998)

## 2. Phenol

Tabel 1. 5. Perusahaan penyedia Phenol

<b>Perusahaan</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
PT. Metropolitan Penol Pratama	40000
PT. Lambang Tri Usaha	45000
PT. Batu Penggal Chemical Industri	35000
PT. Bumi Banjar Utama Sakti	5.250

[www.daftarperusahaanindonesia.com](http://www.daftarperusahaanindonesia.com)

### 1.1.3 Perusahaan Kompetitor

Tabel 1. 6. Pabrik Penghasil Bisphenol A

<b>Pabrik</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
GE Plastics	Mt. Vernon, Ind., USA	265.000
Dow Chemical	Freeport, Texas, USA	185.000
Shell	Rotterdam, Belanda	125.000
Mitsubishi Chemical Co	Nagoya , Japan	100.000
Nan Ya	Mailiao, Taiwan	50.000
Rhodia	Paulinia, Brazil	20.000

([http ://google.com/plant of Bisphenol – A](http://google.com/plant of Bisphenol – A))

### 1.1.4 Penentuan Kapasitas

Berdasarkan proyeksi impor, ekspor, konsumsi dan produksi pada tahun 2024, maka peluang pasar untuk kapasitas pabrik *Bisphenol A* yang didirikan adalah:

$$\begin{aligned}\text{Peluang} &= \text{Demand} - \text{Supply} && (1.5) \\ &= 110.698,328 \text{ ton/tahun} - 32.451,514 \text{ ton/tahun} \\ &= 78,246.814 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$



Pabrik *Bisphenol A* yang sudah berjalan memiliki kapasitas minimal 12.000 ton/tahun dan kapasitas maksimal 265.000 ton/tahun. Sehingga dilihat dari latar belakang tersebut dan peluang pendirian pabrik *Bisphenol A* berdasarkan analisis supply-demand ditentukan pendirian pabrik Bisphenol dengan kapasitas 50.000 ton/tahun.

## 1.2. Tinjauan Pustaka

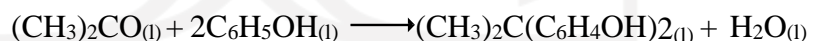
### 1.2.1. Tinjauan Proses

Pembentukan *Bisphenol A* dapat dilakukan dengan bermacam-macam proses, yaitu:

1. Pembentukan *Bisphenol A* dengan bahan baku *Acetone* dan *Phenol*

a. Katalis asam

Reaksi yang terjadi dalam proses ini adalah:



Acetone                      Phenol                      BPA                      air

Acetone dan *Phenol* dengan perbandingan 1:4 / 1:3 yang terdapat dalam reaksi ini dikontakkan dalam reaktor selama beberapa jam dengan katalis asam berupa HCl atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 70% pada tekanan atmosferik hingga 2 kg/cm<sup>2</sup>. Namun pada penggunaan pabrik dengan skala yang besar katalis yang umumnya digunakan adalah HCl. Hal ini dikarenakan penggunaan Asam Sulfat dapat mengakibatkan kerusakan pada

alat. Selain itu, produk Bisphenol-A yang dihasilkan akan susah mengalami pemisahan. Reaksi ini berlangsung pada suhu yang telah dibatasi yaitu antara 35 °C - 60 °C dengan hasil konversi 50%. Hal ini dikarenakan suhu yang terlalu rendah dapat memperlambat reaksi dan suhu yang terlalu tinggi dapat menghasilkan produk samping yang berlebih. Dalam perkembangan pembuatan Bisphenol-A, penambahan katalis asam dan promotor *methyl mercaptan* dengan proses Epoxy grade dapat meningkatkan konversi sampai 98%. (US Patents 4400555A, 1981)

b. Katalis Styrene Divynil Benzene

Reaksi ini berjalan sama seperti reaksi dengan menggunakan katalis asam. Namun yang membedakan adalah penggunaan katalisnya yaitu dengan menggunakan katalis padat berupa sulfonated styrene-divinylbenzene. Reaksi berlangsung pada fasa cair dengan suhu 45-85 °C dan tekanan 1 atm dengan perbandingan *Acetone* 1 : *Phenol* 10 dan konversi mencapai 75%. Reaksi ini termasuk reaksi eksotermis. (EP Patent 0683761B1, 1994)

c. Ion exchange

Katalis yang digunakan pada reaksi ini yaitu polysterene sulfonated resin. Katalis lain yang dapat digunakan adalah katalis dari group mercaptan (SH) berupa sulfur diclorida, sodium thiosulfat, hidrogen sulfida dan iron sulfide. Dalam perkembangan selanjutnya grup mercaptan dimodifikasi sebagai ion exchange dengan suatu grup asam.

Penggunaan ion exchange pada proses ini dapat meningkatkan nilai konversi *Bisphenol A* yang dihasilkan yaitu sebesar 60%. Reaksi ini berlangsung pada suhu 70 °C - 90 °C.

## 2. Pembentukan *Bisphenol A* dengan bahan baku selain *Acetone* dan *Phenol*

Bahan baku yang dapat menghasilkan Bisphenol-A selain menggunakan *Acetone* adalah *propylene (methylacetylene)*, *commercial propyne propadiene (MAPP)*. Proses pembentukan *Bisphenol A* dari bahan baku tersebut menggunakan katalis seperti Boron trifloride, katalis anhidrous hydrogen flouride, sulfuric acid, atau juga asam kuat resin *ion exchanger*. Proses ini biasanya digunakan secara semi komersial di Rusia tetapi hasil yang diperoleh tidak sebaik bila menggunakan *Acetone* sebagai bahan bakunya. (McKetta, 1994).

1.2.2. Pemilihan Proses

Tabel 1. 7. Perbandingan Proses Pembuatan Bisphenol A

<b>Pertimbangan</b>	<b>Katalis Asam</b>	<b>Ion Exchange</b>	<b>Katalis Padat</b>	<b>Bahan baku selain Acetone</b>
<b>Konversi</b>	50 %	60 %	75%	< 50 %
<b>T Operasi</b>	30-60 °C	70 – 90 °C	45-85 °C	30-50 °C
<b>P Operasi</b>	Atmosfiris	Atmosfiris	Atmosfiris	Atmosfiris
<b>Fasa</b>	Cair-cair	Padat-cair	Cair-cair	Cair-cair
<b>Katalis</b>	HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Polystyrene divynil benzene, Sulfonated resin	Polystyrene divynil benzene	HCl
<b>Korosifitas</b>	Besar	Kecil	Kecil	Besar
<b>Biaya</b>	Tinggi	Rendah	Rendah	Tinggi

Dari berbagai macam proses yang dapat menghasilkan *Bisphenol A*, Proses dengan bahan baku *Acetone* dan *Phenol* menggunakan katalis padat styrene divynilbenzene yang direaksikan pada suhu 50°C-80°C dan tekanan atmosfiris adalah proses yang lebih mudah dan memerlukan biaya yang lebih sedikit. Hal ini dikarenakan ketersediaan bahan baku yang melimpah juga proses

yang berjalan dalam reactor fixed bed dengan fasa cair-cair menghasilkan produk dengan konversi 70% dengan tingkat korosifitas yang paling rendah juga produk samping yang hanya berupa air.

*Acetone* dan *Phenol* dengan perbandingan mol 1:10 dimasukkan kedalam reactor yang didalamnya terdapat katalis padat dengan kondisi reaksi yang telah ditentukan. Setelah itu produk hasil dari reaktor berupa *Bisphenol A* mengalami proses pemurnian dengan cara di umpankan kedalam Evaporator, Crystallizer, Centrifuge, Dephenolizer dan Rotary Cooler. ((EP Patent 0683761B1, 1994)

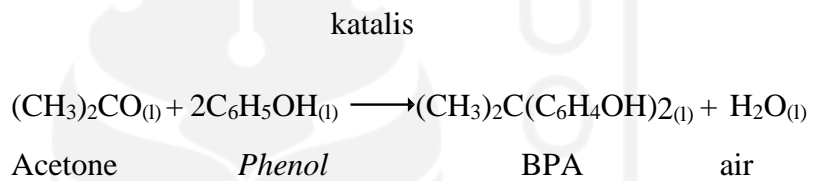
### 1.2.3. Mekanisme Reaksi

Mekanisme yang terjadi pada reaksi cair-cair dengan katalis padat adalah sebagai berikut :

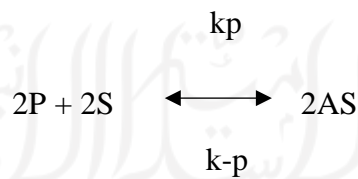
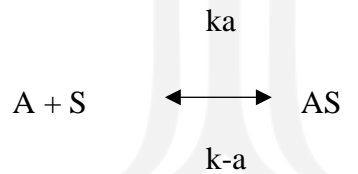
1. Transfer massa reaktan dari badan utama fluida ke permukaan luar katalis (*external diffusion*)
2. Transfer massa reaktan dari permukaan luar ke permukaan dalam pori-pori katalis (*internal diffusion*)
3. Adsorpsi reaktan pada permukaan katalis (*chemisorption*)
4. Reaksi pada permukaan katalis.
5. Desorpsi produk reaksi dari permukaan dalam katalis
6. Transfer massa produk dari permukaan dalam ke permukaan luar katalis
7. Transfer massa produk dari permukaan luar katalis ke badan utama fluida

Langkah yang menentukan adalah reaksi pada permukaan katalis. Oleh karena itu, langkah proses nomor 1, 2, 6, 7 sangat cepat dibandingkan langkah nomor 3, 4, 5 sehingga kecepatan reaksi tidak dipengaruhi oleh transfer massa. (Smith , 1981)

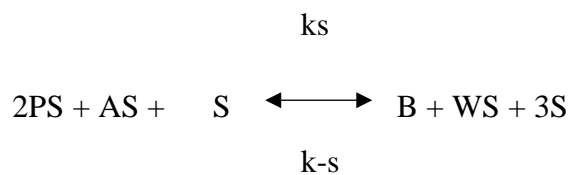
Reaksi permukaan dan desorpsi produk berlangsung sangat cepat, sehingga dapat diabaikan. Oleh karena itu, untuk menurunkan persamaan reaksi yang dipertimbangkan adalah tahap reaksi permukaan. Reaksi yang terjadi yaitu sebagai berikut:



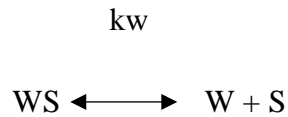
Adsorbsi:



Reaksi permukaan



Desorpsi



Dengan:

- A = *Acetone*  
P = *Phenol*  
B = *Bisphenol A*  
W = *Air*  
S = Permukaan aktif katalis  
K = Konstranta reaksi kecepatan

#### 1.2.4. Kegunaan *Bisphenol A*

Manfaat *Bisphenol-A* dalam perindustrian adalah sebagai berikut (McKetta,1982):

a. Industri epoksi resin

Epoksi resin termasuk dalam resin *thermosetting* yang dibuat dari reaksi antara *epichlorohidrin* dan *Bisphenol-A*. Epoksi resin digunakan sebagai zat pelapis atau *adhesive*. *Fiber glass* yang dilapisi dengan epoksi resin memiliki kelebihan yaitu lebih ringan dan memiliki daya rentang yang tinggi dan juga tahan terhadap zat-zat kimia sehingga dapat digunakan sebagai bahan kontruksi pabrik kimia.

b. Industri polikarbonat

Polikarbonat diproduksi dengan mereaksikan Bisphenol-A dengan *fosgene*. Polikarbonat ini termasuk dalam resin *thermoplastic* yang memiliki kekuatan lebih tinggi dan lebih tahan panas dibandingkan dengan resin *thermosetting*. Polikarbonat ini digunakan sebagai komponen-komponen listrik dan alat-alat elektronik.

c. Industri cat

Bisphenol-A digunakan sebagai stabilisator zat warna supaya warna tidak berubah.

d. Industri polimer lainnya

Bisphenol-A digunakan sebagai bahan baku pembuatan *polyester*, *polisulfonat*, dan *polysulphones*.

e. Kegunaan lainnya

Bisphenol-A juga digunakan sebagai bahan baku anti oksidan, *flame retardant*, dan industri hidrogenasi.



## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

Standard kebutuhan dapat dipenuhi dengan melihat keinginan pasar yang didasari oleh variabel spesifikasi bahan baku, spesifikasi produk dan pengendalian kualitas.

#### 2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Menurut data dari chemical book, sifat fisis yang dimiliki oleh *Acetone*, *Phenol* dan *Bisphenol A* adalah sebagai berikut:

1. *Acetone* (Yaws, 1999)

Rumus Kimia	: $C_3H_6O$
Wujud	: Cair
Kenampakan	: Tidak Berwarna
Berat Molekul	: 58,08 Kg/Kmol
Specific Gravity 60 F	: 0,7986
Suhu Kritis	: 235,05°C
Tekanan Kritis	: 4701 kPa
Titik Didih	: 56,25°C
Titik Leleh	: -94,7 °C
Densitas (25 °C)	: 0,792 kg/L
Kelarutan (25 °C)	: 100 mg/ml
Kemurninan	: 99%
Impuritas	: 1% air

2. *Phenol* (Yaws, 1999)

Rumus Kimia	: $C_6H_6O$
Wujud	: Padat

Kenampakan	: Tidak Berwarna
Berat Molekul	: 94,113 kg/kmol
Specific Gravity	: 1,071
Suhu Kritis	: 421,1°C
Tekanan Kritis	: 60,498 atm
Titik Didih	: 181,84°C
Titik Leleh	: 40,91°C
Densitas (25 °C)	: 1,071 g/L
Kelarutan	: 8,2/100ml
Kemurninan	: 99%
Impuritas	: 1% air

3. *Styrene Divynil Benzene* (ChemicalBook)

Wujud	: Padatan
Kenampakan	: Spherical Beads (Monodispersi)
Diameter	: 1,25 mm
Bulk Density	: 600 g/L
Porositas	: 0,36

4. *Bisphenol A* (Yaws, 1999)

Rumus Kimia	: C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O
Wujud	: Padat
Kenampakan	: kuning terang
Berat Molekul	: 228,29 Kg/Kmol
Specific Gravity 60 F	: 0,7985608
Suhu Kritis	: 575,85°C
Tekanan Kritis	: 28,917 atm
Titik Didih	: 360°C
Titik Leleh	: 159°C
Densitas	: 1,2 g/L
Kelarutan (g /100 g solven pada suhu kamar)	

Air	: < 0,1
<i>Methylene chloride</i>	: 0,86
<i>Acetone</i>	: 108,6
<i>Hexane</i>	: 0,11
Etanol	: 15

Kemurninan	: 98%
Impuritas	: 2% <i>phenol</i>

#### 5. Air

Rumus Kimia	: H <sub>2</sub> O
Wujud	: Cair
Kenampakan	: Tidak Berwarna
Berat Molekul	: 18 kg/kmol
Specific Gravity	: 1
Suhu Kritis	: 374,3 °C
Tekanan Kritis	: 79,9 atm
Titik Didih	: 100 °C
Titik Leleh	: 0 °C
Densitas	: 1

### 2.2. Pengendalian Kualitas

Menurut G.R Terry pengendalian dapat didefinisikan sebagai proses penentuan apa yang harus dicapai yaitu standar, apa yang sedang dilakukan yaitu pelaksanaan, menilai pelaksanaan dan apabila perlu melakukan perbaikan- perbaikan sehingga pelaksanaan sesuai dengan rencana yaitu selaras dengan standar. Menurut Dr. Zulian Yamit (2010) kualitas adalah suatu yang cocok dengan selera (*fitness for use*), produk dikatakan berkualitas apabila produk tersebut mempunyai kecocokan penggunaan bagi dirinya. Maka pengendalian kualitas dapat diartikan sebagai usaha

untuk mempertahankan mutu kualitas dari barang yang dihasilkan, agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijakan pimpinan perusahaan (Sofjan Assauri, 2008).

Dari pengertian diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa pengendalian kualitas adalah hal yang sangat penting dalam suatu perusahaan dalam hal ini adalah industri kimia. Hal ini berkaitan dengan kualitas dan mutu dari produk yang dihasilkan oleh sebuah industri yang nantinya akan sampai ketangan konsumen. Barang yang dihasilkan jangan sampai ada kerusakan apalagi cacat yang menyebabkan konsumen kecewa.

Dalam dunia industri kimia, pengendalian kualitas berawal dari pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk. Demikian juga dengan pabrik novolak yang dibangun mengikuti tahap pengendalian proses tersebut. Tujuan dari pengendalian ini adalah agar *Bisphenol A* yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi pasar yang ada.

### **2.2.1. Bahan Baku**

Pengendalian kualitas terhadap bahan baku adalah tahap pertama yang harus dilakukan untuk mengetahui kualitas bahan baku yang digunakan untuk proses. Pengendalian ini dilakukan untuk mengetahui spesifikasi dan kelayakan dari bahan baku yang digunakan. Hal ini perlu dilakukan supaya produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang tinggi sehingga mampu bersaing dengan pasar. Total bahan baku harus selalu dikontrol untuk mengantisipasi kekurangan bahan baku pada proses produksi, sehingga dapat menimbulkan kerugian.

### 2.2.2. Alat-Alat Proses

Alat proses merupakan salah satu bagian penting yang harus selalu dikontrol. Alat proses merupakan bagian terpenting dari suatu pabrik, karena untuk menjalankan proses produksi. Pemilihan alat dan spesifikasinya ditentukan dengan cermat sesuai kebutuhan proses yang berlangsung. Alat proses dalam pabrik novolak resin terdiri dari alat utama, alat pendukung, dan unit utilitas. Apabila ada salah satu diantaranya mengalami kerusakan, maka proses produksi akan terganggu. Hal ini akan menyebabkan kerugian.

Kerusakan pada alat industri, dapat diantisipasi dengan melakukan perawatan secara berkala. Perawatan alat meliputi pemeliharaan dan pengelolaan yang tepat. Pada prinsipnya terdapat 2 jenis pemeliharaan (*maintenance*) yaitu, *preventive maintenance* dan *line maintenance*. *Preventive maintenance* adalah pengecekan kondisi pada alat-alat yang baru dibeli, sedangkan *line maintenance* adalah pengecekan kondisi alat-alat yang digunakan setiap hari untuk proses produksi. (Neti Budiwati, 2004)

### 2.2.3. Proses Produksi

Pengendalian proses produksi perlu dilakukan untuk mengontrol terjadinya kesalahan yang bisa terjadi kapan saja. Pengendalian proses produksi dilakukan dengan alat pengendalian yang terpasang di setiap alat produksi. Proses pengendalian berpusat di *control room*.

Berdasarkan konsep kerjanya pengendalian proses produksi dibagi menjadi 2 jenis yaitu pengendalian secara manual dan pengendalian secara otomatis. Untuk pengendalian secara manual tidak membutuhkan alat instrumentasi dan instalasi yang cukup banyak, karena prosesnya dikendalikan langsung oleh operator. Namun, pengendalian ini berpotensi terjadi banyak kesalahan (*error*). Sedangkan pengendalian secara otomatis dijalankan oleh suatu *controller* yang menggantikan kerja operator (Johnson, 1997).

1. Pengendalian proses tidak terlepas dari penggunaan alat instrumen. Fungsi alat instrumen sebagai penunjuk (indikator), pencatat (*recorder*), pengontrol (*regulator*), dan pemberi tanda bahaya (*alarm*). Apabila terjadi penyimpangan pada indikator dari yang telah ditetapkan/diset, maka 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 *setting* semula baik secara manual maupun otomatis.
2. Dengan adanya rangkaian instrumen tersebut maka operasi semua peralatan yang terdapat dalam pabrik dapat dimonitor dan dikontrol dengan cermat, mudah dan efisien, sehingga kondisi operasi selalu berada dalam kondisi yang diharapkan. Pada dasarnya, tujuan pengendalian tersebut adalah agar kondisi proses di pabrik mencapai tingkat kesalahan (*error*) yang paling minimum, sehingga produk yang dihasilkan optimal (Perry & Green, 1999).

3. Variabel yang biasa dilakukan control beserta alat kontrolnya.

a. Suhu

Alat yang digunakan untuk mengendalikan suhu apabila terjadi perubahan adalah *temperature controller* (TC). Sedangkan *temperature indicator* (TI) adalah instrumen yang dapat menunjukkan suhu yang terukur pada alat.

b. Tinggi Cairan

Alat yang digunakan untuk mengendalikan ketinggian cairan apabila terjadi perubahan adalah *level controller* (LC). Sedangkan *level indicator* (LI) adalah instrumen yang dapat menunjukkan ketinggian permukaan cairan yang terukur dalam suatu alat.

c. Tekanan

Alat yang digunakan untuk mengendalikan tekanan apabila terjadi perubahan adalah *pressure controller* (PC). Sedangkan *pressure indicator* (PI) adalah alat yang digunakan untuk mengamati tekanan yang terukur dalam suatu alat.

d. Laju alir

Alat yang digunakan untuk mengendalikan laju alir apabila terjadi perubahan adalah *flow controller* (FC). Sedangkan *flow indicator* (FI) adalah alat yang digunakan untuk mengamati laju aliran dalam suatu alat.

e. Rasio

Alat yang digunakan untuk mengendalikan rasio pada refluks di menara distilasi apabila terjadi perubahan adalah *ratio controller* (RC). Sedangkan *ratio indicator* (RI) adalah alat yang digunakan untuk mengamati laju rasio dalam suatu alat.

Variabel-variabel tersebut dikontrol oleh sistem control yang mengacu pada tipe atau jenis aliran tertentu. Berikut jenis-jenis tipe aliran dalam sistem control,

- a. Aliran *pneumatic* (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*.

#### 2.2.4. Produk

Produk yang memiliki bermutu baik dan layak dipasarkan dihasilkan dari bahan baku yang berkualitas disertai dengan pengendalian terhadap proses dengan cara sistem kontrol. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada maka di lakukan uji densitas, viskositas, volatilitas, kemurnian produk, dan komposisi komponen produk.



## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

#### 3.1. Uraian Proses

Produksi *Bisphenol A* terdiri dari beberapa uraian proses.

##### 1. Proses Penyiapan Bahan Baku

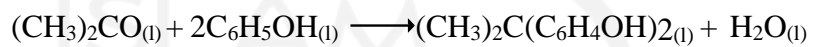
*Bisphenol A* ( $C_{15}H_{16}O_2$ ) diproduksi dengan menggunakan bahan baku yang terdiri dari *Acetone* ( $C_3H_6O$ ) dan *Phenol* ( $C_6H_6O$ ). *Acetone* fase cair dengan kemurnian 99% disimpan dalam Tangki-01 pada suhu  $30^\circ C$  dan tekanan 1 atm agar fasa *Acetone* tetap cair. *Phenol* fase padat dengan kemurnian 99% disimpan dalam Silo-01 pada suhu  $30^\circ C$  dan tekanan 1 atm.

*Acetone* sebelumnya diumpankan menuju *Heater* untuk dinaikkan suhunya menjadi  $50^\circ C$  kemudian *Acetone* dan *Phenol* dialirkan ke Mixer untuk melarutkan *Phenol* sehingga berubah fasa menjadi cair. Bahan baku cairan dialirkan menggunakan Pompa dan bahan baku padatan dipindahkan menggunakan Belt Conveyor dan Bucket Elevator. Mixer beroperasi pada suhu  $50^\circ C$  dan tekanan 1 atm sehingga fase kedua bahan baku tetap cair tanpa ada *Acetone* yang menguap. Rasio dari kedua bahan baku adalah 1 *Acetone* : 10 *Phenol*.

##### 2. Proses Pembentukan Produk

Setelah melewati Mixer, bahan baku dialirkan menggunakan pompa menuju Reaktor. Reaktor yang digunakan adalah *Fix Bed Reactor* (*Packed Bed*). Reaktor beroperasi secara *adiabatic* dan *non-isothermal*

pada suhu 50°C dan tekanan 1 atm. (US Patent 20080091051A1, 2008). Reaksi berjalan secara *irreversible* dan eksotermis. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai konstanta kesetimbangan (K1) yang besar dan perhitungan panas reaksi pembentukan standard yang bernilai *negative*. Sehingga dihasilkan produk *Bisphenol A* dengan konversi 70%.



### 3. Proses Pemurnian Produk

Produk hasil Reaktor diumpankan menggunakan Ekspansi Valve untuk diturunkan tekanannya sesuai dengan kondisi operasi Evaporator yaitu 0.7 atm. Setelah itu, produk diumpankan menuju Evaporator yang berfungsi untuk menguapkan *Acetone* dan sebagian besar air. Selanjutnya keluaran Evaporator akan dialirkan menggunakan pompa untuk dinaikkan tekanannya menjadi tekanan atmosferis untuk dikristalkan menggunakan Crystallizer sebelum akhirnya diumpankan ke Centrifuge untuk dimurnikan lebih lanjut.

Produk *Bisphenol A* keluaran dari Centrifuge dikeringkan dengan memindahkan produk menuju Dephenolizer. Pengeringan dilakukan dengan memanskan bahan hingga mencapai 114 °C dan bantuan gas inert Nitrogen dengan suhu 150 K yang dihembuskan oleh Fan sehingga diperoleh kristal *Bisphenol A* dengan kandungan *moisture* 0,2% berat. Selanjutnya produk didinginkan menggunakan Rotary Cooler sehingga dihasilkan produk pada suhu yang diinginkan yaitu 30°C.

## 3.2. Spesifikasi Alat Proses

### 3.2.1. Mixer, M

Fungsi	: - Mencampurkan Arus 1, Arus 2 dan Arus 14.
Jenis	: Tangki berpengaduk
Jumlah	1
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 tipe 316</i>
Volume	: 4,825 m <sup>3</sup>
Kondisi	
- Tekanan	: 1 atm
- Suhu	: 50°C
Dimensi	
- Diameter tangki	: 3,048 m
- Tinggi tangki	: 4,877 m
- Tebal <i>shell</i>	: 0,006 m
- Tebal <i>head</i>	: 0,008 m
- Tinggi <i>head</i>	: 0,644 m
- Tinggi total	: 4,909 m
Pengaduk	
- Tipe	: <i>Flat blade turbine</i>
- Jumlah	1
- Kecepatan	: 6,729 rpm
- <i>Power</i>	: 0,05 Hp
Pemanas	
Jumlah	: 1.679,982 Kj/Jam
Suhu	: 160 °C
D	: 0,305 m
Harga	: \$186.706,72

### 3.2.2. Reaktor, R

Fungsi	: Mereaksikan <i>Phenol</i> dan <i>Acetone</i> sehingga menghasilkan <i>Bisphenol A</i>
Jenis	: <i>Fixed bed catalytic reactor (single-bed)</i>
Jumlah	1
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 tipe 316</i>
Volume	: 4,292 m <sup>3</sup>
Kondisi	
- Tekanan	: 1 atm
- Suhu Masuk	: 50 °C
- Suhu Keluar	: 80 °C
Dimensi <i>shell</i>	
- Diameter	: 1,22 m
- Tinggi	: 3,7 m
- Tebal	: 0,005 m
Dimensi <i>head</i>	
- Jenis	: <i>Torispherical dished head</i>
- Diameter	: 1,22 m
- Tebal <i>head</i>	: 0,034 m
- Tinggi <i>head</i>	: 0,250 m
- Tinggi total	: 4,165 m
Katalis	: <i>Styrene Divynil Benzene</i>
Berat katalis	: 1373,553 Kg
Diameter pipa umpan	: 0,324 m
Diameter pipa keluar	: 0,324 m
Jaket pendingin	
Jumlah	1
Diameter	: 1,486 m
Tebal	: 0,006 m
Harga	: \$557.820,82

### 3.2.3. *Evaporator, E*

Fungsi	: Menguapkan seluruh <i>Acetone</i> dan Sebagian besar air.
Jenis	: <i>Long Tube Vertical Evaporator</i>
Jumlah	: 1
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 tipe 316</i>
Beban pemanas	: 175,275 Kj/Jam
Tekanan	: 0,7 atm
<i>Shell</i>	
- Fluida	: Produk Reaktor
- Kapasitas	: 38825,460 Kg/jam
- Suhu masuk	: 80 °C
- Suhu keluar	: 156 °C
- OD	: 0,406 m
- <i>Passes</i>	: 4
- <i>Pressure drop</i>	: 0,052 psi
- Tebal	: 0,0127 m
<i>Tube</i>	
- Fluida	: <i>Steam</i>
- Kapasitas	: 175,275 Kg/jam
- Suhu masuk	: 160 °C
- Suhu keluar	: 160 °C
- OD	: 0,025 m
- Jumlah	: 14
- Panjang	: 20 ft
- <i>Pitch</i>	: 1,25 in <i>triangular pitch</i>
- <i>Passes</i>	: 4
- <i>Pressure drop</i>	: 0,552 psi
Luas <i>transfer area</i>	: 150,720 ft <sup>2</sup>
Tinggi Total	: 2,066 m
Diameter	: 1,219 m
Jenis Head	: Torispherical Flanged & Dished Head

OD : 1,2192 m  
Tebal : 0,0127  
Harga : \$327.656,50

#### 3.2.4. Kristalizer, CR

Fungsi : Tempat pembentukan kristal *Bisphenol A*  
Jenis : *Continuous stirred tank cooling crystalizer*  
Jumlah : 1  
Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*  
Kapasitas : 83,971 m<sup>3</sup> /jam  
Kondisi  
- Tekanan : 1 atm  
- Suhu : 42 °C  
Dimensi  
- Diameter : 4,176 m  
- Tinggi : 6,264 m  
- Tebal : 0,006 m  
Pengaduk  
- Tipe : *Flat blade turbine*  
- Jumlah : 1  
- Diameter : 1,392 m  
- Kecepatan : 123 rpm  
- Power : 10 Hp  
Pendingin  
Media : *Cooling water*  
Suhu masuk : 25 °C  
Suhu keluar : 45 °C  
Massa : 11075,286 Kg/jam  
Harga : \$164.633,02

### 3.2.5. Centrifuge, CF

Fungsi	: Memurnikan produk <i>Bisphenol A</i> sebelum dikeringkan
Jenis	: <i>Helical conveyor centrifuge</i>
Jumlah	1
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 tipe 316</i>
Kapasitas	: 80,669 m <sup>3</sup> /jam
Kondisi	
- Tekanan	: 1 atm
- Suhu	: 42 °C
Dimensi	
- Diameter	: 0,607 m
- Tinggi	: 3,050 m
<i>Motor</i>	
- Kecepatan	: 3000 rpm
- <i>Power</i>	: 125 Hp
- Gaya	: 314195,497 N
Harga	: \$12.186,52

### 3.2.6. Dephenolizer, DP

Fungsi	: Menguapkan sebagian besar <i>Phenol</i>
Jenis	: <i>Fuidized Bed</i>
Jumlah	1
Bahan Konstruksi	: <i>Plate Steel SA 129 Grade B</i>
Kondisi	
- Tekanan	: 1 atm
- Suhu masuk	: 50 °C
- Suhu keluar	: 114 °C
<i>Carries Gas</i>	: Nitrogen
Massa <i>Carrier Gas</i>	: 90155,203 Kg/Jam

#### Dimensi

- Diameter : 5,486 m
- Tinggi : 13,716 m
- Tebal : 0,0254 m

#### Noozle

- Produk masuk : 0,273 m
- Produk keluar : 0,114 m
- Gas masuk : 0,219 m
- Gas keluar : 0,219 m

Harga : \$ 566.587,85

#### 3.2.7. Condensor Parsial, CP

Fungsi : Mengembunkan sebagian produk keluaran dari DP sebelum diumpankan menuju Separator.

Jenis : *Shell and tube*

Jumlah : 1

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*

Beban pendingin : 17.818,112 Kj/Jam

Tekanan : 1 atm

#### *Shell*

- Fluida : *Water*

- Kapasitas : 213,243 Kg/jam

- Suhu masuk : 25 °C

- Suhu keluar : 45 °C

- ID : 0,203 m

- *Passes* : 6

- *Pressure drop* : 0,004 psi

#### *Tube*

- Fluida : *Product Dephenolizer*

- Kapasitas : 121.431,621 Kg/jam



- Suhu masuk	: 114 °C
- Suhu keluar	: 50 °C
- OD	: 0,019 m
- ID	: 0,016 m
- Jumlah	24
- Panjang	: 20 ft
- <i>Pitch</i>	: 1 in <i>triangular pitch</i>
- <i>Passes</i>	6
- <i>Pressure drop</i>	: 1,404 psi
Luas <i>transfer area</i>	: 45,101 ft <sup>2</sup>
Harga	: \$ 24.287,29

### 3.2.8. Separator, SP

Fungsi	: Memisahkan cairan sebelum diumpankan ke Mixer
Jenis	: <i>Vertical Separator Single Stage</i>
Jumlah	1
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 tipe 316</i>
Kondisi	
- Tekanan	: 1 atm
- Suhu	: 50 °C
Dimensi	
- Diameter	: 1,016 m
- Tinggi	: 3,781 m
- Tebal	: 0,005 m
Harga	: \$ 24.288,46

### 3.2.9. Rotary Cooler, RC

Fungsi	: Mendinginkan produk <i>Bisphenol A</i> hingga suhu 30 °C
Jenis	: <i>Rotary Cooler</i>
Jumlah	1

Bahan Konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*  
Kapasitas : 6310,605 Kg/jam  
Kondisi  
- Tekanan : 1 atm  
- Suhu : 30 °C  
Dimensi  
- Diameter : 0,0998 m  
- Panjang : 0,031 m  
*Motor*  
- Kecepatan : 97,213 rpm  
- *Power* : 0,25 Hp  
- Jumlah *flight* : 2,0102  
Waktu tinggal : 0,814 menit  
Harga : \$113.702,55

### 3.2.10. Tangki, T

Fungsi : Tempat penyimpanan *Acetone*  
Jenis : Tangki silinder vertikal, *flat bottom, torispherical dished head*  
Jumlah : 1  
Bahan Konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*  
Volume : 965,599 m<sup>3</sup>  
Kondisi  
- Tekanan : 1 atm  
- Suhu : 30°C  
Dimensi  
- Diameter tangki : 9,146 m  
- Tinggi tangki : 18,410 m  
- Tebal tangki : Course 1 : 0,625 m  
Course 2 : 0,625 m

Course 3	: 0,625 m
Course 4	: 0,500 m
Course 5	: 0,438 m
Course 6	: 0,375 m
Course 7	: 0,313 m
Course 8	: 0,250 m
Course 9	: 0,250 m
Course 10	: 0,187 m
- Tebal <i>head</i>	: 0,005 m
Harga	: \$135.891,22

### 3.2.11. Silo *Phenol*, S-01

Fungsi	: Tempat penyimpanan bahan baku <i>Phenol</i>
Jenis	: Silinder tegak dengan <i>conical bottom</i> dan <i>flat head</i>
Jumlah	1
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kapasitas	: 5227,970 Kg/jam
Kondisi	
- Tekanan	: 1 atm
- Suhu	: 30°C
Dimensi	
- Diameter	: 7,656 m
- Tinggi	: 19,113 m
- Tebal <i>shell</i>	: 0,009 m
- Tebal <i>head</i>	: 0,0191 m
Harga	: \$49.435,89

### 3.2.12. Silo *Bisphenol A*, S-02

Fungsi	: Tempat penyimpanan produk <i>Bisphenol A</i>
Jenis	: Silinder tegak dengan <i>conical bottom</i> dan <i>flat head</i>

Jumlah : 1  
 Bahan Konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*  
 Kapasitas : 6310,301 Kg/jam  
 Kondisi  
 - Tekanan : 1 atm  
 - Suhu : 30°C  
 Dimensi  
 - Diameter : 8,554 m  
 - Tinggi : 21,356 m  
 - Tebal *shell* : 0,009 m  
 - Tebal *head* : 0,019 m  
 Harga : \$227.635,04

### 3.2.13. Heater, H

Fungsi : Menaikkan suhu *Acetone* sebelum diumpankan ke Mixer  
 Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*  
 Jumlah : 1  
 Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*  
 Beban pemanas : 61.061,270 Kj/Jam  
 Tekanan : 1 atm  
*Inner Pipe*  
 - Fluida : *Acetone*  
 - Kapasitas : 2.271,071 Kg/jam  
 - Suhu masuk : 30 °C  
 - Suhu keluar : 50 °C  
 - ID : 1,38 in  
 - *Pressure drop* : 0,046 psi  
*Annulus*  
 - Fluida : *Steam*  
 - Kapasitas : 42,159 Kg/jam

- Suhu masuk	: 160 °C
- Suhu keluar	: 160 °C
- OD	: 2,38 in
- ID	: 2,067 in
- Panjang	: 20 ft
- <i>Pressure drop</i>	: 0,055 psi
Luas <i>transfer area</i>	: 2,803 ft <sup>2</sup>
Harga	: \$24.028,14

#### 3.2.14. Ekspansion Valve, EV

Fungsi	: Menurunkan tekanan produk Reaktor dari 1 atm menjadi 0,7 atm.
Jenis	: <i>Globe Valve</i>
Jumlah	: 1
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 tipe 316</i>
Kapasitas	: 38.825,459 Kg /jam
Kondisi	
- Tekanan masuk	: 1 atm
- Tekanan keluar	: 0,7 atm
- Suhu operasi	: 156 °C
Dimensi	
- Diameter	: 0,114 m
- Tinggi	: 0,1023 m
- Tebal	: 0,006 m
Harga	: \$3.908,88

#### 3.2.15. Fan 1, F-01

Fungsi	: Menghembuskan gas hasil Evaporator menuju UPL
Jenis	: <i>Axial Fan</i>
Jumlah	: 1 Buah

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*  
Kapasitas : 1.238,436 Kg/jam  
Kondisi  
- Tekanan : 0,7 atm  
- Suhu : 156 °C  
Diameter pipa : 100 mm  
Power : 0,05 Hp  
Harga : \$1.609,54

### **3.2.16. Fan 2, F-02**

Fungsi : Menghembuskan gas Nitrogen menuju Dephenolizer  
Jenis : *Axial Fan*  
Jumlah : 1  
Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*  
Kapasitas : 90.115,203 Kg/jam  
Kondisi  
- Tekanan : 1 atm  
- Suhu : 114 °C  
Diameter pipa : 205 mm  
Power : 0,05 Hp  
Harga : \$1.609,54

### **3.2.17. Fan 3, F-03**

Fungsi : Menghembuskan produk hasil DP menuju CP.  
Jenis : *Axial Fan*  
Jumlah : 1  
Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*  
Kapasitas : 121.431,621 Kg /jam  
Kondisi  
- Tekanan : 1 atm

- Suhu : 114 °C  
Diameter pipa : 205 mm  
Power : 0,05 Hp  
Harga : \$1.609,54

### 3.2.18. Fan 4, F-04

Fungsi : Menghembuskan gas hasil pemisahan SP.  
Jenis : *Axial Fan*  
Jumlah : 1  
Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*  
Kapasitas : 90.155,203 Kg/jam  
Kondisi  
- Tekanan : 1 atm  
- Suhu : 50 °C  
Diameter pipa : 205 mm  
Power : 0,25 Hp  
Harga : \$1.609,54

### 3.2.19. Belt Conveyor 1, BC-01

Fungsi : Memindahkan padatan bahan baku *Phenol* dari silo ke BE.  
Jenis : *Closed belt conveyor continous*  
Jumlah : 1  
Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*  
*Power* : 0,5 Hp  
Kondisi operasi  
- Tekanan : 1 atm  
- Suhu : 30 °C  
Panjang : 9,144 m  
Harga : \$37.939,17

### 3.2.20. Belt Conveyor 2, BC-02

Fungsi	: Memindahkan kristal <i>Bisphenol A</i> dari CR menuju BE.
Jenis	: <i>Closed belt conveyor continous</i>
Jumlah	1
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 tipe 316</i>
Power	: 0,5 Hp
Kondisi operasi	
- Tekanan	: 1 atm
- Suhu	: 42 °C
Panjang	: 7,62 m
Harga	: \$37.939,1

### 3.2.21. Belt Conveyor 3, BC-03

Fungsi	: Memindahkan kristal <i>Bisphenol A</i> dari CF menuju BE.
Jenis	: <i>Closed belt conveyor continous</i>
Jumlah	: 1 Buah
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 tipe 316</i>
Power	: 1 Hp
Kondisi operasi	
- Tekanan	: 1 atm
- Suhu	: 42 °C
Panjang	: 7,62 m
Harga	: \$37.939,17

### 3.2.22. Belt Conveyor 4, BC-04

Fungsi	: Memindahkan kristal <i>Bisphenol A</i> dari DP menuju BE.
Jenis	: <i>Closed belt conveyor continous</i>
Jumlah	1
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 tipe 316</i>
Power	: 0,167 Hp



Kondisi operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 114 °C
- Panjang : 7,62 m
- Harga : \$37.939,17

### 3.2.23. Belt Conveyor 5, BC-05

- Fungsi : Memindahkan kristal *Bisphenol A* dari RC menuju BC.
- Jenis : *Closed belt conveyor continuous*
- Jumlah : 1
- Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*
- Power : 0,167 Hp
- Kondisi operasi
- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30 °C
- Panjang : 7,62 m
- Harga : \$37.939,17

### 3.2.24. Bucket Elevator 1, BE-01

- Fungsi : Memindahkan bahan baku *phenol* dari BC-01 menuju Mixer.
- Jenis : *Spaced-bucket centrifugal-discharge elevators*
- Jumlah : 1 Buah
- Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*
- Power : 0,75 Hp
- Kondisi operasi
- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30 °C
- Dimensi
- Ukuran : 8 x 5 x 5 ½ in

- Tinggi : 8 m
- Kecepatan bucket : 49,261 ft/min
- Kecepatan *shaft* : 43 rpm
- Harga : \$28.052,00

### 3.2.25. Bucket Elevator 2, BE-02

- Fungsi : Memindahkan kristal *Bisphenol A* dari BC-02 menuju CF.
- Jenis : *Spaced-bucket centrifugal-discharge elevators*
- Jumlah : 1
- Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*
- Power* : 0,75 Hp
- Kondisi operasi
  - Tekanan : 1 atm
  - Suhu : 42 °C
- Dimensi
  - Ukuran : 8 x 5 x 5 ½ in
  - Tinggi : 8 m
  - Kecepatan bucket : 89,407 ft/min
  - Kecepatan *shaft* : 43 rpm
- Harga : \$28.052,00

### 3.2.26. Bucket Elevator 3, BE-03

- Fungsi : Memindahkan kristal *Bisphenol A* dari BC-03 menuju DP.
- Jenis : *Spaced-bucket centrifugal-discharge elevators*
- Jumlah : 1
- Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*
- Power* : 5 Hp
- Kondisi operasi
  - Tekanan : 1 atm
  - Suhu : 42 °C

Dimensi

- Ukuran : 6 x 6 ½ - 16 in
  - Tinggi : 23 m
  - Kecepatan bucket : 210,487 ft/min
  - Kecepatan *shaft* : 43 rpm
- Harga : \$28.052,00

**3.2.27. Bucket Elevator 4, BE-04**

- Fungsi : Memindahkan kristal *Bisphenol A* dari BC-04 menuju RC.
- Jenis : *Spaced-bucket centrifugal-discharge elevators*
- Jumlah : 1
- Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*
- Power* : 0,25 Hp
- Kondisi operasi
- Tekanan : 1 atm
  - Suhu : 50 °C
- Dimensi
- Ukuran : 8 x 5 x 5 ½ in
  - Tinggi : 8 m
  - Kecepatana bucket : 58.899 ft/min
  - Kecepatan *shaft* : 43 rpm
- Harga : \$28.052,00

**3.2.28. Bucket Elevator 5, BE-05**

- Fungsi : Memindahkan kristal *Bisphenol A* dari BC-04 menuju Silo-02.
- Jenis : *Spaced-bucket centrifugal-discharge elevators*
- Jumlah : 1
- Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*

*Power* : 0,75 Hp

Kondisi operasi

- Tekanan : 1 atm

- Suhu : 30 °C

Dimensi

- Ukuran : 8 x 5 x 5 ½ in

- Tinggi : 23 m

- Kecepatana bucket : 58,899 ft/min

- Kecepatan *shaft* : 43 rpm

Harga : \$28.052,00

### **3.2.29. Pompa 1, P-01**

Fungsi : Mengalirkan *Acetone* dari Tangki *Acetone* menuju Heater.

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan Konstruksi : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Jumlah : 1

Kapasitas : 12,781 gal/min

*Power Motor* : 0,8 Hp

Dimensi Pipa

- OD : 0,048 m

- ID : 0,038 m

Jenis Impellers : *Mixed flow impellers*

Harga : \$6.600,00

### **3.2.30. Pompa 2, P-02**

Fungsi : Mengalirkan fluida dari Heater menuju Mixer.

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*

Jumlah : 1

Kapasitas : 13,184 gal/min

*Power Motor* : 0,5 Hp  
Dimensi Pipa  
- OD : 0,048 m  
- ID : 0,038  
Jenis impellers : *Axial flow impellers*  
Harga : \$6.600,00

### **3.2.31. Pompa 3, P-03**

Fungsi : Mengalirkan fluida dari Mixer menuju Reaktor.  
Jenis : *Centrifugal pump*  
Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*  
Jumlah : 1  
Kapasitas : 165,682 gal/min  
*Power Motor* : 0,5 Hp  
Dimensi Pipa  
- OD : 0,141 m  
- ID : 0,122 m  
Jenis impellers : *Axial flow impellers*  
Harga : \$6.600,00

### **3.2.32. Pompa 4, P-04**

Fungsi : Mengalirkan dan meaikkan tekan fluida dari E menuju CR.  
Jenis : *Centrifugal pump*  
Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*  
Jumlah : 1  
Kapasitas : 173,561 gal/min  
*Power Motor* : 1,5 Hp  
Dimensi Pipa  
- OD : 0,141 m  
- ID : 0,122 m

Jenis impellers : *Axial flow impellers*  
Harga : \$6.600,00

### **3.2.33. Pompa 5, P-05**

Fungsi : Mengalirkan fluida *recycle* dari CR menuju CF.  
Jenis : *Centrifugal pump*  
Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*  
Jumlah : 1  
Kapasitas : 0,000159 gal/min  
*Power Motor* : 0,5 Hp  
Dimensi Pipa  
- OD : 0,010 m  
- ID : 0,017 m  
Jenis impellers : *Radial flow impellers*  
Harga : \$6.600,00

### **3.2.34. Pompa 6, P-06**

Fungsi : Mengalirkan fluida dari CDP menuju SP.  
Jenis : *Centrifugal pump*  
Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 tipe 316*  
Jumlah : 1  
Kapasitas : 131,300 gal/min  
*Power Motor* : 1,5 Hp  
Dimensi Pipa  
- OD : 0,141 m  
- ID : 0,122 m  
Jenis impellers : *Axial flow impellers*  
Harga : \$6.600,00

### 3.2.35. Pompa 7, P-07

Fungsi	: Mengalirkan fluida dari SP menuju Mixer.
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 tipe 316</i>
Jumlah	1
Kapasitas	: 131,300 gal/min
Power Motor	: 0,5 Hp
Dimensi Pipa	
- OD	: 0,141 m
- ID	: 0,122 m
Jenis impellers	: <i>Axial flow impellers</i>
Harga	: \$6.600,00

## 3.3. Perencanaan Produksi

### 3.3.1. Kapasitas Perancangan

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan *Bisphenol A* di Indonesia, tersedianya bahan baku serta ketentuan kapasitas minimal. Kebutuhan *Bisphenol A* dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan pesatnya perkembangan industri kimia di Indonesia. Diperkirakan kebutuhan *Bisphenol A* akan terus meningkat di tahun yang akan datang, sejalan dengan berkembangnya industri - industri yang menggunakan *Bisphenol A* sebagai bahan baku maupun bahan tambahan. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka ditetapkan kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 50.000 ton/ tahun.

Untuk menentukan kapasitas produksi ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu :

### 1. Proyeksi kebutuhan dalam negeri

Berdasarkan data statistik yang diterbitkan oleh BPS dalam “Statistik Perdagangan Indonesia” tentang kebutuhan *Bisphenol A* di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat. Dengan kapasitas tersebut diharapkan :

- a. Dapat membantu memenuhi kebutuhan dalam negeri.
- b. Dapat menghemat devisa negara yang cukup besar karena laju import *Bisphenol A* dapat ditekan seminimal mungkin.

### 2. Ketersediaan bahan baku

Kontinuitas ketersediaan bahan baku dalam pembuatan *Bisphenol A* adalah penting dan mutlak yang harus diperhatikan pada penentuan kapasitas produksi suatu pabrik. Bahan baku pembuatan *Bisphenol A* terdiri dari *Phenol* dan *Acetone*. *Phenol* dapat dibeli di dalam negeri dikarenakan banyaknya perusahaan yang sudah memproduksi *Phenol* sedangkan *Acetone* diperoleh dengan cara import.

## 3.3.2. Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

### 1. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu :

- a. Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.



b. Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik. Oleh karena itu perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya:

Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.

2. Mencari daerah pemasaran.
3. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain:

a. Material ( bahan baku )

Dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan tercapai target produksi yang diinginkan.

b. Manusia ( tenaga kerja )

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat.

c. Mesin ( peralatan )

Ada dua hal yang mempengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu. Kemampuan mesin adalah kemampuan suatu alat dalam proses proses.

## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

Tata letak peralatan dan fasilitas suatu rancangan pabrik merupakan syarat terpenting untuk memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik yang meliputi desain sarana pemipaan, fasilitas bangunan, jenis dan jumlah peralatan dan kelistrikan.

Hal ini secara khusus memberikan informasi yang dapat digunakan terhadap biaya bangunan dan tempat agar diperoleh perhitungan biaya yang terperinci sebelum mendirikan pabrik.

Lokasi dari suatu pabrik merupakan bagian yang sangat terpenting karena dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan. Penentuan lokasi pabrik yang tepat tidak semudah yang diperkirakan, banyak faktor yang dapat mempengaruhinya. Idealnya, lokasi pabrik yang dipilih harus memberikan keuntungan untuk jangka panjang dan dapat memberikan kemungkinan untuk memperluas pabrik.

Lokasi yang baik akan menentukan hal-hal sebagai berikut :

1. Kemampuan untuk melayani konsumen dengan memuaskan.
2. Kemampuan untuk mendapatkan bahan mentah yang berkesinambungan dengan harga sampai ditempat cukup murah.
3. Kemudahan untuk mendapatkan tenaga karyawan.

Oleh karena itu, pemilihan tempat bagi berdirinya suatu pabrik harus memperhatikan beberapa faktor yang berperan yaitu faktor primer dan faktor sekunder.

#### a. Faktor Primer

Faktor ini secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik yang meliputi produksi dan distribusi produk yang diatur menurut macam dan kualitasnya. Yang termasuk dalam faktor utama adalah:

##### 1. Letak pasar

Pabrik yang letaknya dekat dengan pasar dapat lebih cepat melayani konsumen, sedangkan biayanya juga lebih terutama biaya angkutan.

##### 2. Letak sumber bahan baku

Idealnya, sumber bahan baku tersedia dekat dengan lokasi pabrik. Hal ini lebih menjamin penyediaan bahan baku, setidaknya dapat mengurangi keterlambatan penyediaan bahan baku, terutama untuk bahan baku yang berat. Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan baku adalah :

- a. Lokasi sumber bahan baku
- b. Besarnya kapasitas bahan baku dan berapa lama sumber, tersebut dapat diandalkan pengadaannya.
- c. Cara mendapatkan bahan baku dan cara transportasinya.
- d. Harga bahan baku serta biaya pengangkutan.
- e. Kemungkinan mendapatkan sumber bahan baku yang lain.

##### 3. Fasilitas Pengangkutan

Pertimbangan-pertimbangan kemungkinan pengangkutan bahan baku dan produk menggunakan angkutan gerbong kereta api, truk, angkutan melalui sungai dan laut dan juga angkutan melalui udara yang sangat mahal.

#### 4. Tenaga Kerja

Tersedianya tenaga kerja menurut kualifikasi tertentu merupakan faktor pertimbangan pada penetapan lokasi pabrik tetapi tenaga terlatih atau *skilled labor* di daerah setempat tidak selalu tersedia. Jika didatangkan dari daerah lain diperlukan peningkatan upah atau penyediaan fasilitas lainnya sebagai daya tarik.

#### 5. Pembangkit tenaga listrik

Pabrik yang menggunakan tenaga listrik yang besar akan memilih lokasi yang dekat dengan sumber tenaga listrik.

#### b. Faktor Sekunder

Yang termasuk ke dalam faktor sekunder antara lain adalah :

##### 1. Harga tanah dan gedung

Harga tanah dan gedung yang murah merupakan daya tarik tersendiri. Perlu dikaitkan dengan rencana jangka panjang. Jika harga tanah mahal mungkin hanya dapat diperoleh luas tanah yang terbatas, sehingga perlu dipikirkan untuk membuat bangunan walaupun pembangunan gedungnya lebih mahal.

##### 2. Kemungkinan perluasan

Perlu diperhatikan apakah perluasan dimasa yang akan datang dapat dikerjakan di satu tempat atau perlu lokasi lain, apakah disekitar sudah banyak pabrik lain. Hal ini menjadi masalah tersendiri dalam hal perluasan pabrik di masa mendatang.

### 3. Fasilitas servis

Terutama untuk pabrik yang relatif kecil yang tidak memiliki bengkel sendiri. Perlu dipelajari adanya bengkel-bengkel di sekitar daerah tersebut yang mungkin diperlukan untuk perbaikan alat-alat pabrik. Perlu juga dipelajari adanya fasilitas layanan masyarakat, misalnya rumah sakit umum, sekolah-sekolah, tempat-tempat ibadah, tempat-tempat kegiatan olahraga, tempat-tempat rekreasi, dan sebagainya.

Untuk pabrik yang besar, mungkin beberapa fasilitas tersebut dapat dilayani sendiri walaupun merupakan beban tambahan. Keuntungannya selain merupakan daya tarik bagi pekerja, juga membantu penjagaan kesehatan fisik dan mental sehingga efisiensi kerja dapat tetap dipertahankan.

### 4. Fasilitas finansial

Perkembangan perusahaan dibantu oleh fasilitas finansial, misalnya adanya pasar modal, bursa, sumber-sumber modal, bank, koperasi simpan pinjam, dan lembaga keuangan lainnya. Fasilitas tersebut akan lebih membantu untuk memberikan kemudahan bagi suksesnya dalam usaha pengembangan pabrik.

### 5. Persediaan air

Industri kimia memerlukan unit pendukung yaitu air untuk kebutuhan steam. Karena itu, di daerah lokasi diperlukan adanya sumber air yang kemungkinan diperoleh dari air sungai, danau, sumur, laut.

6. Peraturan daerah setempat

Peraturan daerah setempat perlu dipelajari terlebih dahulu mungkin terdapat beberapa persyaratan atau aturan yang berbeda dengan daerah lain.

7. Masyarakat daerah

Sikap tanggapan dari masyarakat daerah terhadap pembangunan pabrik perlu diperhatikan dengan seksama, karena hal ini akan menentukan perkembangan pabrik di masa yang akan datang. Keselamatan dan keamanan masyarakat perlu dijaga dengan baik. Hal ini merupakan suatu keharusan sebagai sumbangan kepada masyarakat.

8. Iklim di daerah lokasi

Suatu pabrik ditinjau dari segi teknik, adakalanya membutuhkan kondisi operasi misalnya kelembaban, udara, panas matahari, dan sebagainya. Hal ini berhubungan dengan kegiatan pengolahan, penyimpanan bahan baku atau produk. Disamping itu, iklim juga mempengaruhi gairah kerja dan moral para karyawan. Keaktifan kerja karyawan dapat meningkatkan hasil produksi.

9. Keadaan tanah

Sifat-sifat mekanika tanah dan tempat pembangunan pabrik harus diketahui. Hal ini berhubungan dengan rencana pondasi untuk alat-alat, bangunan gedung, dan bangunan pabrik.

## 10. Perumahan

Bila di sekitar daerah lokasi pabrik telah banyak perumahan, selain lebih membuat kerasan para karyawan juga dapat meringankan investasi perumahan karyawan.

## 11. Daerah pinggiran kota

Daerah pinggiran kota dapat menjadi lebih menarik untuk pembangunan pabrik. Akibatnya dapat timbul aspek desentralisasi industri. Alasan pemilihan daerah lokasi di pinggiran kota antara lain :

- a. Upah buruh relatif rendah.
- b. Harga tanah lebih murah.
- c. Servis industri tidak terlalu jauh dari kota

### 3.1 Lokasi Pabrik

Secara geografis, penentuan lokasi suatu pabrik sangat menentukan kemajuan pada saat produksi serta untuk masa yang akan datang karena akan berdampak pada faktor produksi dan distribusi dari suatu pabrik yang didirikan. Penentuan lokasi pabrik harus sesuai berdasarkan perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta pertimbangan sosiologis dan sikap masyarakat di daerah sekitar pabrik (Peters,2004).

Berdasarkan faktor-faktor diatas, maka pendirian Pabrik *Bisphenol A* direncanakan berlokasi dikawasan industri Serang, Banten.

Beberapa pertimbangannya sebagai berikut :

### 1. Bahan baku

Bahan baku utama pembuatan *Bisphenol A* adalah *phenol* dan *acetone*. Penyediaan bahan baku *phenol* berasal dari CV. Nijuu Indonesia Cemerlang, Banten. Sedangkan untuk penyediaan *acetone* berasal dari Hwatsi Chemical PVT. LTD. yang diimpor melalui transportasi laut. Untuk itu dibutuhkan infrastruktur transportasi yang memadai berupa pelabuhan dan jalur darat untuk memudahkan transportasi bahan baku.

### 2. Transportasi

Transportasi diperlukan untuk mendistribusikan bahan baku, pemasaran hasil produksi dan sebagainya. Pemilihan lokasi pabrik ini terletak di kawasan industri Tangerang, Banten yang berlokasi di tepi jalan tol Merak-Jakarta. Selain itu, ketersediaan transportasi laut dan transportasi udara sangat mendukung diantaranya pelabuhan Merak dan Bandara Soekarno-Hatta. Hal ini akan memudahkan transportasi bahan baku dan produk di Indonesia maupun di luar negeri.

### 3. Utilitas

Kebutuhan air bersih dapat diperoleh dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Cidanau yang digunakan sebagai sumber air untuk industri. Kebutuhan listrik juga dapat dipenuhi oleh generator dengan memanfaatkan bahan bakar gas produk samping yang berupa gas metan dan sebagainya.

### 4. Tenaga kerja

Kebutuhan tenaga kerja diantaranya tenaga kerja profesional dan non- profesional. Ketersediaan tenaga kerja di Indonesia cukup banyak mengingat jumlah penduduk yang ada di Pulau Jawa relatif tinggi.



### 5. Letak geografis

Kondisi iklim di Indonesia yang cukup normal dengan keadaan suhu rata-rata yaitu 30-40°C. Dipertengahan tahun pertama Indonesia mengalami musim kemarau sedangkan pada pertengahan selanjutnya Indonesia mengalami musim penghujan.

Potensi gempa di kawasan industri ini *relative* kecil mengingat letak geografis yang jauh dari cincin api (*ring of flame*) dan gunung berapi sehingga dapat dikatakan aman dan proses produksi dapat berjalan lancar.

### 6. Biaya untuk lahan pabrik

Lahan yang tersedia untuk lokasi pabrik ini masih cukup luas dan harganya yang terjangkau.

### 7. Bahan buangan dan kondisi lingkungan

Hasil samping yang dibuang ke lingkungan diolah terlebih dahulu pada sistem utilitas sehingga tidak menyebabkan pencemaran lingkungan.

### 8. Kemungkinan perluasan dan ekspansi

Ekspansi pabrik dimungkinkan karena tanah sekitar memang dikhususkan untuk daerah pembangunan industry.

## 3.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik yaitu perencanaan dan pengintegrasian aliran dari komponen-komponen produksi suatu pabrik, sehingga didapatkan hubungan yang efisien dan efektif antara operator, peralatan dan gerakan material dari bahan baku menjadi produk.

Desain yang rasional harus memasukkan unsur lahan proses, *storage* (persediaan) serta bahan alternatif (*areal handling*) dalam posisi yang efisien dan dengan mempertimbangkan faktor-faktor dibawah ini :

- a. Urutan proses produksi.
- b. Pengembangan lokasi baru atau penambahan perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
- c. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, *steam* proses, tenaga listrik dan bahan baku.
- d. Pemeliharaan dan perbaikan.
- e. Keamanan (*safety*) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja .
- f. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan, dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
- g. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya tinggi.
- h. Masalah pembuangan limbah cair.
- i. *Service area*, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan memberikan beberapa keuntungan, seperti (Peters,2004) :

1. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga mengurangi *material handling*.
2. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa agar mempermudah perbaikan dan peralatan yang rusak atau di-*blowdown*.
3. Mengurangi ongkos produksi.

4. Meningkatkan keselamatan kerja.
5. Mengurangi kerja seminimum mungkin.
6. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

Perincian luas tanah yang digunakan sebagai tempat berdirinya pabrik diuraikan dalam :

Tabel 4. 1. Luas Tanah dan Bangunan

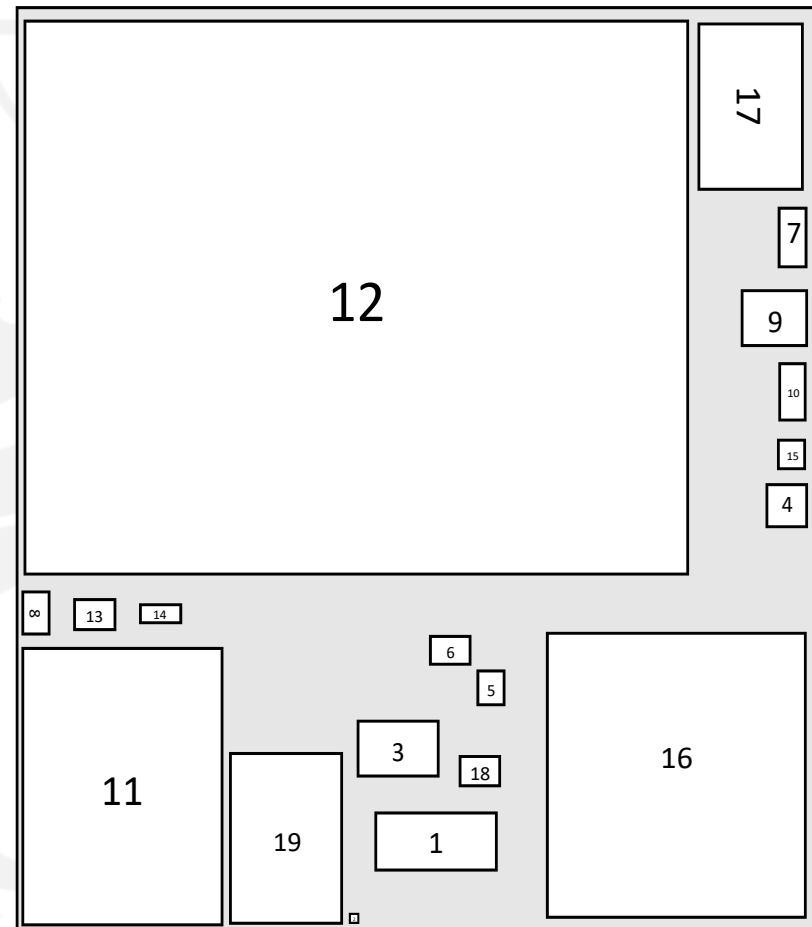
No	Lokasi	Panjang,	Lebar,	Luas,
		m	m	m <sup>2</sup>
		m	M	m <sup>2</sup>
1	Kantor utama	45	20	900
2	Pos Keamanan/satpam	3	3	9
4	Parkir Karyawan	20	20	400
5	Parkir Truk	12	18	216
6	Parkir Tamu	10	20	200
7	Kantor teknik dan produksi	30	20	600
8	Klinik	15	15	225
9	Masjid	10	12	120
10	Kantin	15	10	150
11	Bengkel	10	20	200
12	Unit pemadam kebakaran	15	10	150
13	Gudang alat	25	20	500
14	Laboratorium	10	20	200
15	Utilitas	100	75	7500
16	Area proses	250	200	50000
17	Control Room	15	10	150
18	Control Utilitas	15	6	90

19	Unit K3	10	10	100
20	Jalan	500	8	4000
21	Taman	15	20	300
22	Perluasan pabrik	100	50	5000
23	Mess (25 unit)	25	15	9375
24	Area pengolahan Limbah	60	30	1800
25	Perpustakaan	15	10	150
<b>Luas Tanah</b>				<b>82335</b>
<b>Luas Bangunan</b>				<b>72219</b>
<b>Total</b>		<b>1325</b>	<b>642</b>	<b>154554</b>

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 الجامعة الإسلامية الأندونيسية

Keterangan

1. Kantor Utama
2. Pos. Keamanan
3. Kantor Teknik dan Produksi
4. Klinik
5. Masjid
6. Kantin
7. Bengkel
8. Unit pemadam Kebakaran
9. Gudang Alat
10. Laboratorium
11. Utilitas
12. Area Proses
13. Control Room
14. Control Utilitas
15. Unit K3
16. Mess (25 unit)
17. Area Pengolahan Limbah
18. Perpustakaan
19. Area Parkir



Gambar 4. 1. Tata Letak Pabrik

**Skala 1 : 1000**

### 3.3 Tata Letak Alat Proses

Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, diantaranya:

#### 1. Aliran bahan baku dan produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

#### 2. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses harus diperhatikan. Hal ini untuk menghindari terjadinya stagnasi udara disuatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin.

#### 3. Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

#### 4. Lalu lintas manusia dan kendaraan

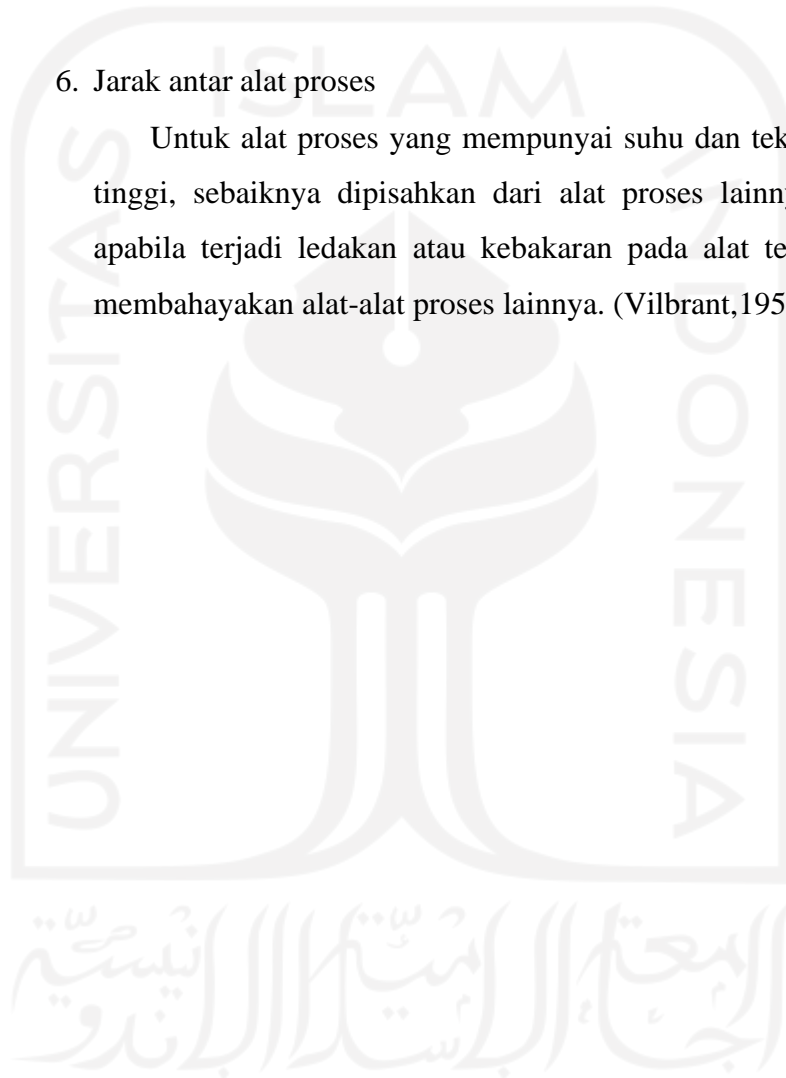
Dalam perancangan *layout* peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

#### 5. Pertimbangan Ekonomi

Dalam menempatkan alat – alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menggantungkan dari segi ekonomi.

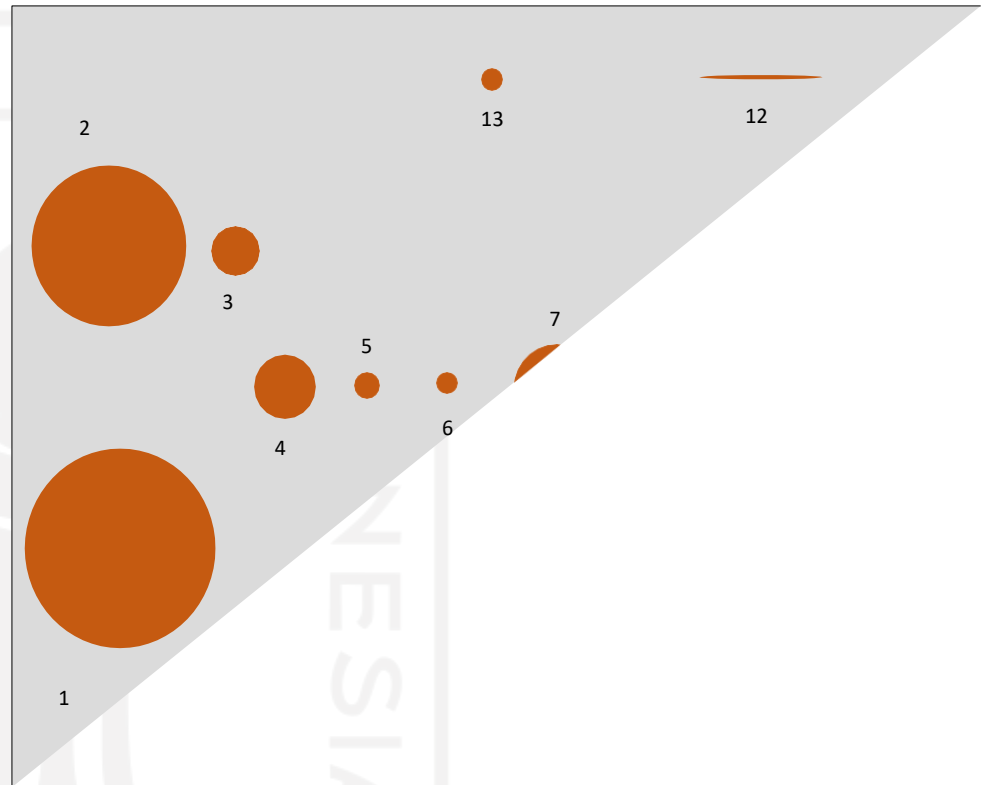
#### 6. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya. (Vilbrant,1959)



Keterangan:

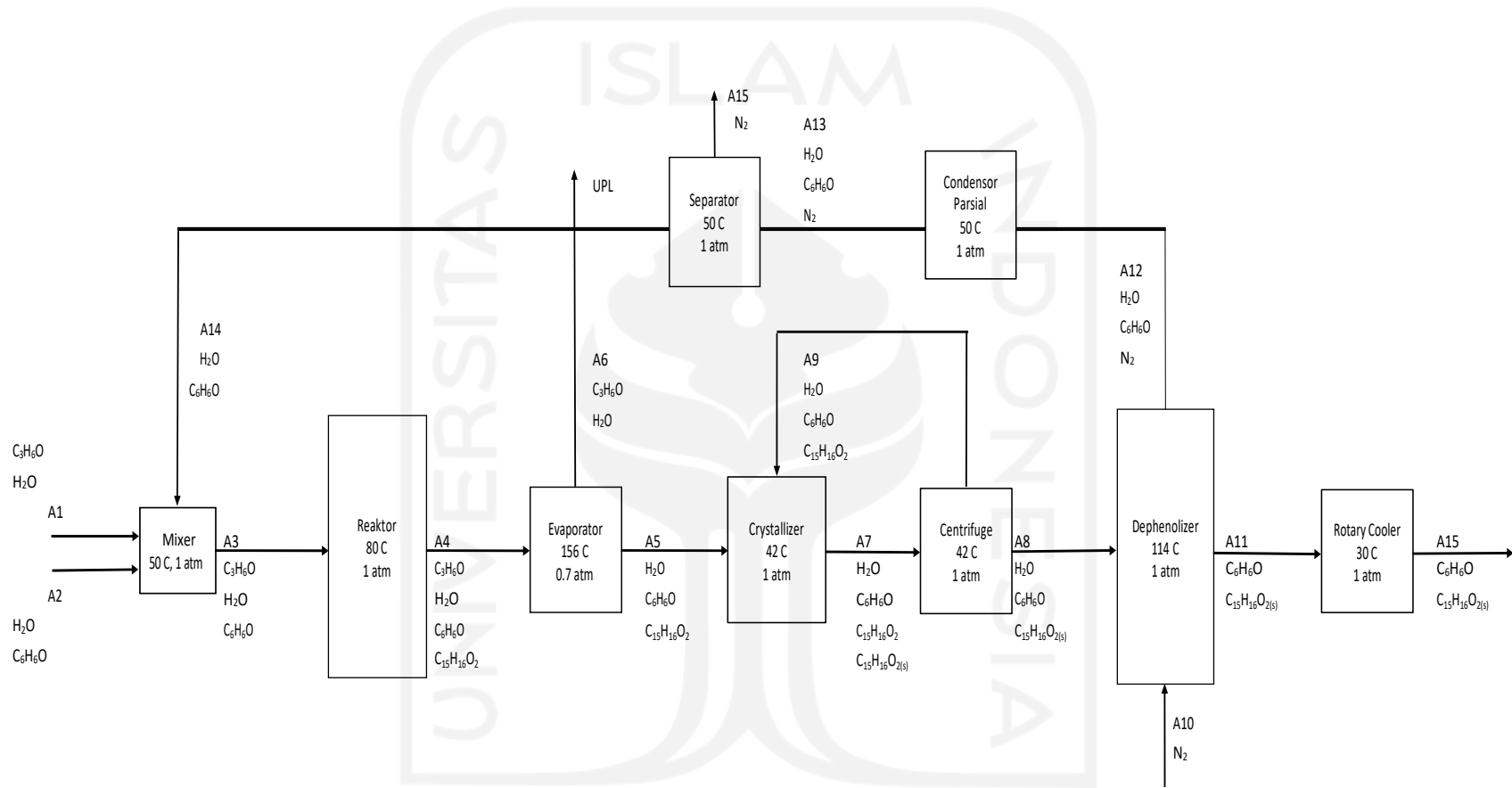
1. Silo 1
2. Tangki
3. Heater
4. Mixer
5. Reaktor
6. Evaporatot
7. Crystallizer
8. Centrifuge
9. Dephenolizer
10. Rotary Cooler
11. Silo 1
12. Condensor Parsial
13. Separator



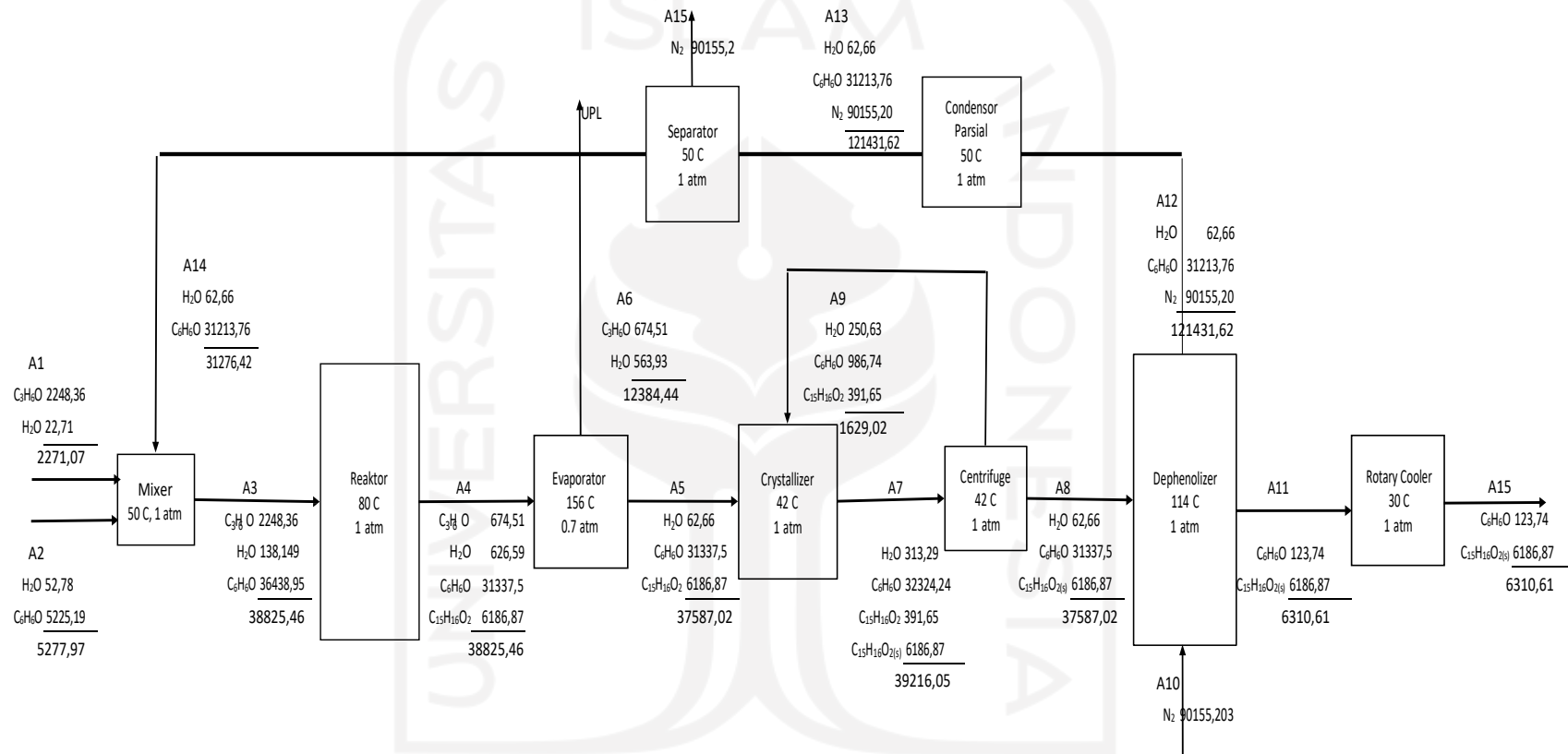
Gambar 4. 2. Tata Letak Alat Proses

Skala 1:50





Gambar 4. 3. Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4. 4. Diagram Alir Kuantitaif

### 3.4 Neraca Massa

#### 1. Mixer

Tabel 4. 2. Neraca Massa Mixer

Komponen	Input (Kg/Jam)			Output (Kg/Jam)
	A1	A2	A14	A3
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	2248,361	0,000	0,000	2248,361
H <sub>2</sub> O	22,711	52,780	62,658	138,148
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	0,000	5225,191	31213,759	36438,950
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Subtotal</b>	<b>2271,071</b>	<b>5277,970</b>	<b>31276,417</b>	<b>38825,459</b>
<b>Total</b>		<b>38825,459</b>		<b>38825,459</b>

#### 2. Reaktor

Tabel 4. 3. Neraca Massa Reaktor

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
	A3	A4
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	2248,361	674,508
H <sub>2</sub> O	138,148	626,585
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	36438,950	31337,497
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	0,000	6186,868
<b>Total</b>	<b>38825,459</b>	<b>38825,459</b>

### 3. Evaporator

Tabel 4. 4. Neraca Massa Evaporator

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)	
	A4	A6	A5
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	674,508	674,508	0,000
H <sub>2</sub> O	626,585	563,927	62,659
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	31337,497	0,000	31337,497
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	6186,868	0,000	6186,868
Subtotal	38825,459	1238,435	37587,024
<b>Total</b>	<b>38825,459</b>	<b>38825,459</b>	

### 4. Crystallizer

Tabel 4. 5. Neraca Massa Crystallizer

Komponen	Input (Kg/Jam)		Output (Kg/Jam)
	A5	A9	A7
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0,000	0,000	0,000
H <sub>2</sub> O	62,659	250,633	313,292
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	31337,497	986,740	32324,237
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> (l)	6186,868	391,650	391,650
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> (s)	0,000	0,000	6186,868
<b>Subtotal</b>	<b>37587,024</b>	<b>1629,023</b>	<b>39216,047</b>
<b>Total</b>	<b>39216,047</b>		<b>39216,047</b>

## 5. Centrifuge

Tabel 4. 6. Neraca Massa Centrifuge

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)	
	A7	A9	A8
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0,000	0,000	0,000
H <sub>2</sub> O	313,292	250,633	62,658
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	32324,237	986,740	31337,496
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> (l)	391,650	391,650	0,000
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> (s)	6186,868	0,000	6186,868
<b>Subtotal</b>	<b>39216,047</b>	<b>1629,024</b>	<b>37587,023</b>
<b>Total</b>	<b>39216,047</b>	<b>39216,047</b>	

## 6. Dephenolizer

Tabel 4. 7. Neraca Massa Dephenolizer

Komponen	Input (Kg/Jam)		Output (Kg/Jam)	
	A8	A10	A11	A12
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,000
H <sub>2</sub> O	62,658	0,000	0,000	62,658
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	31337,496	0,000	123,737	31213,759
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> (s)	6186,868	0,000	6186,868	0,000
N <sub>2</sub>	0,000	90155,203	0,000	90155,203
<b>Subtotal</b>	<b>37587,023</b>	<b>90155,203</b>	<b>6310,605</b>	<b>121431,620</b>
<b>Total</b>	<b>127742,226</b>		<b>127742,226</b>	

## 7. Condensor Parsial

Tabel 4. 8. Neraca Massa Condensor Parsial

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
	A12	A13
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0.000	0.000
H <sub>2</sub> O	62.658	62.658
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	31213.759	31213.759
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	0.000	0.000
N <sub>2</sub>	90155.203	90155.203
<b>Total</b>	<b>121431.620</b>	<b>121431.620</b>

## 8. Separator

Tabel 4. 9. Neraca Massa Separator

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)	
	A13	A15	A14
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0.000	0.000	0.000
H <sub>2</sub> O	62.658	0.000	62.658
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	31213.759	0.000	31213.759
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	0.000	0.000	0.000
N <sub>2</sub>	90155.203	90155.203	0.000
<b>Subtotal</b>	<b>121431.620</b>	<b>90155.203</b>	<b>31276.417</b>
<b>Total</b>	<b>121431.620</b>	<b>121431.620</b>	

## 9. Rotary Cooler

Tabel 4. 10. Neraca Massa Rotary Cooler

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
	A11	A15
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0.000	0.000
H <sub>2</sub> O	0.000	0.000
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	123.737	123.737
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> (s)	6186.868	6186.868
<b>Subtotal</b>	<b>6310.605</b>	<b>6310.605</b>
<b>Total</b>	<b>6310.605</b>	<b>6310.605</b>

## 3.5 Neraca Panas

### 1. Mixer

Tabel 4. 11. Neraca Panas Mixer

Komponen	Input (Kj/Kmol)	Output (Kj/Kmol)
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	5129,988	16120,614
H <sub>2</sub> O	11821,867	585,562
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	13046,096	14971,757
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	0,000	0,000
Pemanas	1679,982	0,000
<b>Total</b>	<b>31677,933</b>	<b>31677,933</b>

## 2. Reaktor

Tabel 4. 12. Neraca Panas Reaktor

<b>Komponen</b>	<b>Input (Kj/Jam)</b>	<b>Output (Kj/Jam)</b>
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	2375,884	712,765
H <sub>2</sub> O	697,885	3165,323
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	25026,218	21522,548
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	0,000	988,522
ΔHR	57810,579	0,000
Pendingin	0,000	59521,408
<b>Total</b>	<b>85910,566</b>	<b>85910,566</b>

## 3. Evaporator

Tabel 4. 13. Evaporator

<b>Komponen</b>	<b>Input (Kj/Jam)</b>	<b>Output (Kj/Jam)</b>
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	878,5886	592,6781
H <sub>2</sub> O	3108,7749	1337,5085
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	30629,5779	48304,6894
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	1281,9571	5933,4660
Steam	20269,4436	0,0000
<b>Total</b>	<b>56168,3420</b>	<b>56168,3420</b>



#### 4. Crystallizer

Tabel 4. 14. Neraca Panas Crystallizer

<b>Komponen</b>	<b>Input (Kj/Jam)</b>	<b>Output (Kj/Jam)</b>
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> O	1468,9841	212,6989
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	49827,3484	8131,4029
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	6309,5473	103,7772
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> (s)	0,0000	8259,5297
Pendingin	0,0000	328682,2090
Kristalisasi	287783,7379	0,0000
<b>Total</b>	<b>345389,6177</b>	<b>345389,6177</b>

#### 5. Centrifuge

Tabel 4. 15. Neraca Panas Centrifuge

<b>Komponen</b>	<b>Input (Kj/Jam)</b>	<b>Output (Kj/Jam)</b>
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0.0000	0.0000
H <sub>2</sub> O	38.1686	38.1686
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	5572.7175	5572.7175
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	0.0098	0.0098
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> (s)	1226.6062	1226.6062
<b>Total</b>	<b>6837.5021</b>	<b>6837.5021</b>

## 6. Dephenolizer

Tabel 4. 16. Neraca Panas Dephenolizer

<b>Komponen</b>	<b>Input (Kj/Jam)</b>	<b>Output (Kj/Jam)</b>
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> O	38,1684	116,3020
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	5572,7174	10645,8337
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> (s)	1226,6063	1216,3600
N <sub>2</sub>	93774,2906	93774,2906
Pemanas	5141,0036	0,0000
<b>Total</b>	<b>105752,7864</b>	<b>105752,7864</b>

## 7. Condensor Parsial

Tabel 4. 17. Neraca Panas Condensor Parsial

<b>Komponen</b>	<b>Input (Kj/Jam)</b>	<b>Output (Kj/Jam)</b>
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> O	303,5536	316,5311
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	39268,6542	21437,5650
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	0,0000	0,0000
N <sub>2</sub>	93774,2906	93774,2906
Pendingin	0,0000	17818,1117
<b>Total</b>	<b>133346,4984</b>	<b>133346,4984</b>

## 8. Separator

Tabel 4. 18. Neraca Panas Separator

Komponen	Input (Kj/Jam)	Output (Kj/Jam)
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> O	316,5311	316,5311
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	339,4846	339,4846
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	0,0000	0,0000
N <sub>2</sub>	93774,2906	93774,2906
<b>Total</b>	<b>94430,3064</b>	<b>94430,3064</b>

## 9. Rotary Cooler

Tabel 4. 19. Neraca Panas Rotary Cooler

Komponen	Input (Kj/Jam)	Output (Kj/Jam)
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0,0000	0,0000
H <sub>2</sub> O	0,0000	0,0000
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	60,8946	15,5476
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	4781,5530	1633,7674
N <sub>2</sub>	0,0000	0,0000
Pendingin	0,0000	3193,1327
<b>Total</b>	<b>4842,4476</b>	<b>4842,4476</b>

### 3.6 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Unit pendukung proses atau sering disebut unit utilitas merupakan bagian penting yang menunjang berlangsungnya suatu proses dalam suatu pabrik. Unit pendukung proses antara lain: unit penyediaan air (air proses, air pendingin, air sanitasi, air umpan boiler dan air untuk perkantoran dan perumahan), *steam*, listrik dan pengadaan bahan bakar.

Unit pendukung proses yang dibutuhkan pada prarancangan pabrik ini antara lain meliputi:

1. Unit Pengolahan dan Penyediaan Air

Berfungsi sebagai air proses, air pendingin, air umpan boiler dan air sanitasi untuk air perkantoran dan air untuk perumahan. Proses pendinginan digunakan di *cooler*.

2. Unit Penyediaan *Steam*

Digunakan untuk proses pemanasan di *Heater*.

3. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Berfungsi menyediakan bahan bakar untuk Boiler dan Generator

4. Unit Penyediaan Listrik

Berfungsi sebagai tenaga penggerak untuk peralatan proses maupun penerangan. Listrik diperoleh dari PLN dan Generator *Set* sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan

5. Unit pengolahan limbah

Berfungsi untuk mengolah limbah pabrik baik yang berupa padat, cair maupun gas.

#### **4.6.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air**

##### 4.6.1.1. Unit Penyediaan Air

Dalam memenuhi kebutuhan air suatu industri, pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air

danau maupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Dalam perancangan pabrik *Bisphenol A*, sumber air yang digunakan berasal dari Sungai Cidanau yang merupakan anak sungai dari sungai Ciujung dengan luas 1.858 km<sup>2</sup> dan mengalir di dua provinsi yaitu Jawa Barat dan Banten. Untuk menghindari *fouling* yang terjadi pada alat-alat penukar panas maka perlu diadakan pengolahan air sungai. Pengolahan dilakukan secara fisis dan kimia.

Pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut :

- o Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
- o Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.

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

- o Air Pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai pendingin karena pertimbangan sebagai berikut :

- Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- Mudah pengolahan dan pengaturannya.
- Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- Tidak terdekomposisi.

o Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran laboratorium, masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

a. Syarat Fisika, meliputi :

- Suhu : Dibawah suhu udara
- Warna : Jernih
- Rasa : Tidak berasa
- Bau : Tidak berbau

b. Syarat Kimia, meliputi :

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- Tidak beracun
- Kadar klor bebas sekitar 0,7 ppm

c. Syarat Bakteriologis :

- Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen.

o Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah sebagai berikut :

- Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$  dan  $NH_3$ .  $O_2$

masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

- Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*).

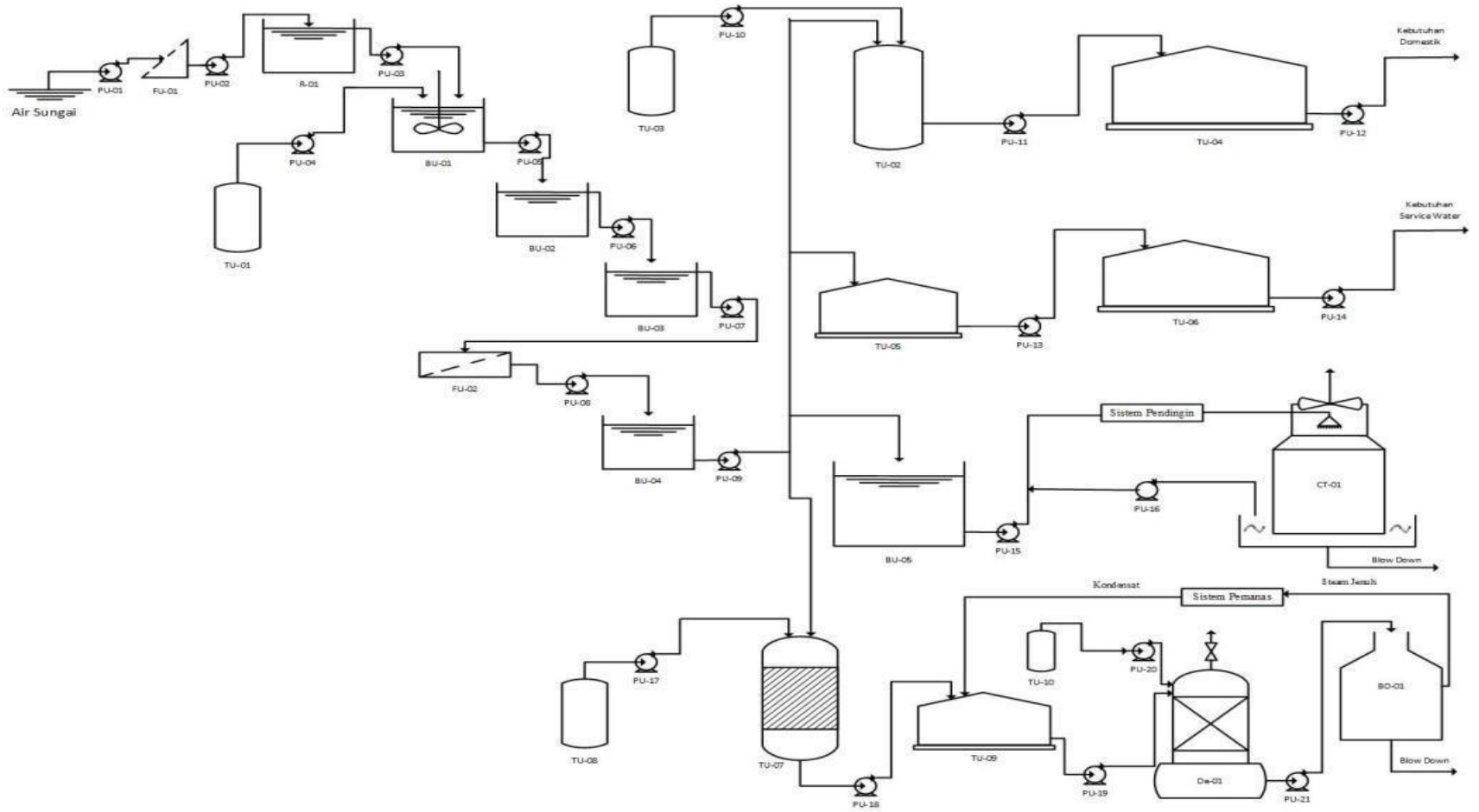
Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika

- Zat yang menyebabkan *foaming*.

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

#### 4.6.1.2. Unit Pengolahan Air

Pada perancangan suatu pabrik dibutuhkan sumber air terdekat yang nantinya akan memenuhi keberlangsungan suatu proses. Dan pada pabrik ini sumber air didapatkan dari sungai terdekat di sekitar daerah pabrik. Berikut diagram alir pengolahan air beserta penjelasan tahap-tahap proses pengolahan air yang dilakukan meliputi:



Gambar 4. 5. Diagram Alir Air Proses



Keterangan :

1. PU : Pompa Utilitas
2. FU-01 : Screening
3. R-01 : Reservoir
4. BU-01 : Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)
5. TU-01 : Tangki Alum
6. BU-02 : Bak Pengendap I
7. BU-03 : Bak Pengendap II
8. FU-02 : Sand Filter
9. BU-04 : Bak Penampung Air Bersih
10. TU-02 : Tangki Klorinasi
11. TU-03 : Tangki Kaporit
12. TU-04 : Tangki Air Kebutuhan Domestik
13. TU-05 : Tangki *Service Water*
14. TU-06 : Tangki Air Bertekanan
15. BU-05 : Bak *Cooling Water*
16. CT-01 : *Cooling Tower*
17. TU-07 : *Mixed-Bed*
18. TU-08 : Tangki NaCl
19. TU-09 : Tangki Air Demin
20. TU-10 : Tangki N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>
21. De-01 : Deaerator
22. BO-01 : Boiler

## 1. Penghisapan

Air yang diambil dari sungai perlu adanya pemompaan yang selanjutnya air tersebut dialirkan menuju alat penyaringan (*screen*) untuk proses penyaringan untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar. Setelah tahap *screening* air akan diolah di dalam reservoir.

## 2. Penyaringan (*Screening*)

Sebelum air dari sungai akan digunakan sebagai air bersih, maka di proses ini air disaring untuk memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran besar, misalnya: daun, ranting, dan sampah-sampah lainnya. Pada tahap *screening* partikel yang berukuran padat dan besar akan tersaring secara langsung tanpa menggunakan bahan kimia. Sementara untuk partikel yang kecil masih akan terbawa bersama air yang kemudian akan diolah ke tahap pengolahan air berikutnya. Tujuan penyaringan yaitu untuk memisahkan kotoran yang besar agar tidak terikut ke pengolahan selanjutnya, sehingga pada sisi isap pompa perlu dipasang saringan (*screen*) dan ditambah fasilitas pembilas agar meminimalisir alat *screen* menjadi kotor.

## 3. Penampungan (*Reservoir*)

Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi. Kotoran kasar yang terdapat dalam air akan mengalami pengendapan yang terjadi karena gravitasi.

## 4. Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan akibat penambahan zat kimia atau bahan koagulan ke dalam air. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau Aluminium Sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), yang merupakan garam yang berasal dari basa lemah dan asam kuat, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Untuk

memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur ke dalam air. Selain itu kapur juga berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Sedangkan pada proses Flokulasi bertujuan untuk mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan, untuk menggumpalkan kotoran.

#### **5. Bak Pengendap 1 dan Bak Pengendap 2**

Tujuan dari adanya bak pengendap 1 dan 2 ini adalah mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi). Endapan serta flok yang berasal dari proses koagulasi akan diendapkan pada bak pengendap.

#### **6. Penyaringan (*Sand Filter*)**

Pada tahap ini terjadi proses filtrasi dimana air yang keluar dari bak pengendap 2 masih terdapat kandungan padatan tersuspensi, sehingga harus di proses ke alat filter untuk difiltrasi.

Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ , dan lain-lain dengan menggunakan resin. Air yang diperoleh adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan ketel (*Boiler Feed Water*).

#### **7. Bak Penampung Air Bersih**

Air yang sudah melalui tahap filtrasi sudah bias disebut dengan air bersih. Kemudian air keluaran proses filtrasi akan ditampung dalam bak penampungan air bersih. Dalam hal ini air bersih yang ditampung langsung dapat digunakan sebagai air layanan umum (*service water*)

serta untuk air pendingin. Kegunaan air bersih ini juga dapat digunakan untuk *domestic water* dan *boiler feed water*, namun air harus di desinfektanisasi terlebih dahulu menggunakan resin untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung dalam air seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  dimana tujuan penghilangan mineral-mineral tersebut untuk menghasilkan air demin yang melalui proses demineralisasi.

## 8. Demineralisasi

Pada proses demineralisasi bertujuan untuk menyiapkan air yang digunakan untuk *boiler feed water* dan air ini harus murni serta bebas dari kadar mineral-mineral yang terlarut didalamnya. Proses demineralisasi ini dapat dilakukan dengan alat yang terdiri dari penukaran anion (*anion exchanger*) dan kation (*cation exchanger*).

Demineralisasi diperlukan karena air umpan boiler memerlukan syarat-syarat :

- o Tidak menimbulkan kerak pada kondisi *steam* yang dikehendaki maupun pada *tube heat exchanger*. Jika *steam* digunakan sebagai pemanas yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silica, hal ini akan mengakibatkan turunnya efisiensi operasi, bahkan bisa mengakibatkan boiler tidak beroperasi sama sekali.
- o Bebas dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi terutama gas  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{NH}_3$ .
- o Bebas dari zat yang menyebabkan *foaming*

Air yang diambil dari proses pemanasan biasanya menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik, anorganik dan zat-zat yang tidak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terjadi akibat adanya alkalinitas yang tinggi.

Pengolahan air di unit demineralisasi , yaitu :

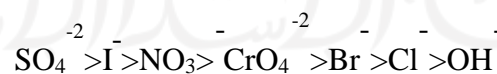
Proses *Cation Exchanger* dan *Anion Exchanger* berlangsung pada Resin *Mixed-Bed*. Resin *Mixed-Bed* adalah kolom resin campuran antara resin kation dan resin anion. Air yang mengandung kation dan anion bila dilewatkan ke Resin *Mixed-Bed* tersebut, kation akan terambil oleh resin kation dan anion akan terambil oleh resin anion. Saat resin kation dan anion telah jenuh oleh ion-ion, resin penukar kation dan anion akan diregenerasi kembali.

o Anion (*Anion Exchanger*)

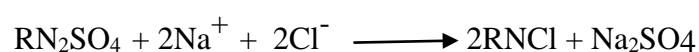
*Anion Exchanger* memiliki fungsi untuk mengikat ion-ion negatif yang larut dalam air dengan resin yang memiliki sifat basa, yang memiliki formula  $RNOH_3$ . Sehingga anion-anion seperti  $CO_3^{2-}$ ,  $Cl^-$ , dan  $SO_4^{2-}$  akan membantu garam resin tersebut. Sebelum di regenerasi anion yang terbentuk di dalam reaksi adalah sebagai berikut :



Ion  $SO_4^{-2}$  dapat menggantikan ion  $OH^-$  yang ada dalam resin karena selektivitas  $SO_4^{-2}$  lebih besar dari selektivitas  $OH^-$ . Urutan selektivitas anion adalah sebagai berikut :



Saat resin anion telah jenuh, maka resin penukar anion akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl. Reaksi Regenerasi :



o Kation (*Cation Exchanger*)

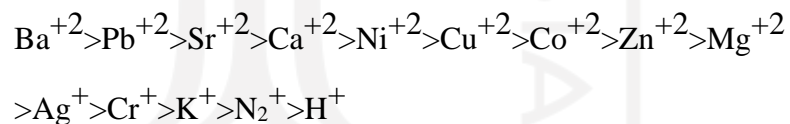
*Cation Exchanger* merupakan resin penukar kation-kation. Untuk *cation exchanger* berupa resin padat yang sering ada dipasaran yaitu kation dengan formula  $\text{RSO}_3\text{H}$  dan  $(\text{RSO}_3)\text{Na}$ , dimana pengganti kation-kation yang dikandung dalam air akan diganti dengan ion  $\text{H}^+$  atau  $\text{Na}^+$ . karena disini kita menggunakan ion  $\text{H}^+$  sehingga air akan keluar dari *Cation Exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion  $\text{H}^+$ .

Reaksi penukar kation :

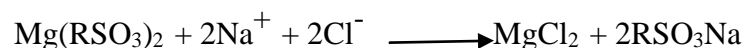


Ion  $\text{Mg}^{+2}$  dapat menggantikan ion  $\text{H}^+$  yang ada dalam resin karena selektivitas  $\text{Mg}^{+2}$  lebih besar dari selektivitas  $\text{H}^+$ .

Urutan selektivitas kation adalah sebagai berikut :



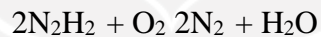
Saat resin kation telah jenuh, maka resin penukar kation akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah  $\text{NaCl}$ . Reaksi Regenerasi :



## 9. Deaerator

Unit Deaerator ini bertujuan untuk menghilangkan gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> yang terikat dalam feed water. Air yang sudah mengalami demineralisasi biasanya masih ada kandungan gas-gas terlarut terutama CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>. Gas-gas tersebut harus dihilangkan dari air karena dapat menimbulkan korosi. Gas-gas tersebut dihilangkan dalam suatu deaerator. Dalam unit deaerator diinjeksikan zat-zat kimia sebagai berikut :

Hidrazin yang berfungsi mengikat oksigen berdasarkan reaksi berikut:



Berdasarkan reaksi tersebut maka hidrazin berfungsi untuk menghilangkan sisa-sisa gas yang terlarut terutama O<sub>2</sub> sehingga tidak terjadinya korosi.

Unit Deaerator memiliki fungsi untuk memanaskan air yang keluar dari proses pertukaran ion yang terjadi di alat penukar ion (*ion exchanger*) dan sisa kondensat yang belum dikirim sebagai umpan ketel, pada unit deaerator air dipanaskan hingga suhu mencapai 90°C agar gas-gas yang terlarut dalam air yaitu O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> dapat dihilangkan. Hal ini disebabkan gas-gas tersebut dapat menimbulkan suatu reaksi kimia yang dapat menyebabkan terjadinya bintik-bintik yang semakin menebal dan pada akhirnya akan menutupi permukaan pipa-pipa, hal itulah penyebab terjadinya korosi pada pipa-pipa ketel. Dalam hal ini

perlu adanya pemanasan yaitu pemanasan dilakukan dengan menggunakan koil pemanas yang ada di dalam deaerator.

#### 4.6.1.3. Kebutuhan Air

##### 1. Kebutuhan Air Pembangkit *steam*/pemanas

Tabel 4. 20. Kebutuhan air pembangkit *steam*

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Heater	H	42.1590
Evaporator	E	175.2750
Reaktor Fluidized	DP	44.4556
<b>Total</b>		<b>261.8896</b>

Direncanakan *steam* yang digunakan adalah *saturated steam* dengan kondisi :

$$P = 963 \text{ psia} = 6 \text{ atm}$$

$$T = 160 \text{ }^{\circ}\text{C} = 433 \text{ K}$$

$$\text{Faktor keamanan} = 20 \%$$

Perancangan dibuat over design sebesar 20% Kebutuhan *steam*

$$= 20\% \times 261,889 \text{ kg/jam}$$

$$= 314,268 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Blowdown} = 15\% \times \text{kebutuhan } \textit{steam}$$

$$= 15\% \times 314,268 \text{ kg/jam}$$

$$= 47,140 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Steam Trap} = 5\% \times \text{kebutuhan } \textit{steam}$$

$$= 5\% \times 314,268 \text{ kg/jam}$$

$$= 15,713 \text{ kg/jam}$$



Kebutuhan air make up untuk *steam*

$$\begin{aligned} &= \text{Blowdown} + \text{Steam Trap} \\ &= 47,140 \text{ kg/jam} + 15,713 \text{ kg/jam} \\ &= 62,853 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

## 2. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4. 21. Kebutuhan air pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor	R	712.34
Cryztallizer	CR	11075.28618
Rotary Cooler	RC	38.215
Condensor Parsial	CP	213.243
<b>Total</b>		<b>12,039.0823</b>

Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, maka kebutuhan air pendingin menjadi :

$$\begin{aligned} &\text{Kebutuhan air pendingin :} \\ &= 20\% \times 12.039,082 \text{ kg/jam} \\ &= 14.446,899 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

- Jumlah air yang menguap ( $W_e$ ) :

$$\begin{aligned} &= 0,00085 \times W_c \times (T_{in} - T_{out}) \quad (\text{Perry, 1987}) \\ &= 0,00085 \times 14.446,899 \times (45-25) \\ &= 245,597 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

- *Drift Loss* ( $W_d$ ) :

$$\begin{aligned} &= 0,0002 \times W_c \quad (\text{Perry, 1987}) \\ &= 0,0002 \times 14.446,899 \\ &= 2,889 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

- *Blowdown (Wb)*

$$Wb = \frac{We - (cycle - 1)Wd}{cycle - 1} \quad (\text{Perry, 1987})$$

$$Cycle = 4$$

$$Wb = \frac{245,597 - (4 - 1) 2,889}{4 - 1}$$

$$Wb = 78,976 \text{ kg/jam}$$

Sehingga jumlah makeup air adalah :

$$We = 245,597 \text{ kg/jam}$$

$$Wd = 2,889 \text{ kg/jam}$$

$$Wb = 78,976 \text{ kg/jam}$$

- Kebutuhan *Make Up Water (Wm)* :

$$Wm = We + Wd + Wb$$

$$Wm = 327,463 \text{ kg/jam}$$

### 3. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik terdiri dari kebutuhan air untuk tempat tinggal area mess dan kebutuhan air karyawan.

- Kebutuhan Air Karyawan

Menurut standar WHO, kebutuhan air untuk 1 orang adalah 100-120 liter/hari.

Diambil kebutuhan air tiap orang = 100 liter/hari

$$= 4,2626 \text{ kg/jam}$$

Jumlah karyawan = 205 orang

Kebutuhan air untuk semua karyawan

$$= 873,8309 \text{ kg/jam}$$

- Kebutuhan Air area mess
  - Jumlah mess = 25 rumah
  - Penghuni tiap mess = 5 orang
  - Perkiraan kebutuhan air setiap hari = 120 kg/hari
  - Kebutuhan air untuk mess = 15.000 kg/hari
  - = 625 kg/jam
  - Total kebutuhan air domestik = 1.498,8309 kg/jam

#### 4. Kebutuhan *Service Water*

Kebutuhan air *service water* diperkirakan sekitar 333,2806 kg/jam . perkiraan kebutuhan air ini nantinya akan digunakan untuk layanan umum yang meliputi laboratorium, masjid, pemadam kebakaran, kantin, bengkel dan lain-lain.

#### 4.6.2 Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System)

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yang dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi:

Kapasitas : 314,268 kg/jam  
 Jenis : *Water Tube Boiler*  
 Jumlah : 1 buah

*Boiler* tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman pengaman yang bekerja secara otomatis.

Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O<sub>2</sub>, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pHnya yaitu sekitar 10,5-11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi.

Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 153 °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, kemudian dialirkan ke steam *header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

#### **4.6.3 Unit pembangkit Listrik (*Power Plant System*)**

Pabrik *Bisphenol A* kebutuhan listriknya diperoleh dari PLN dan generator diesel. Dimana fungsi generator diesel yaitu sebagai tenaga cadangan saat terjadinya gangguan atau pemadaman listrik oleh PLN. Berikut spesifikasi generator diesel yang digunakan yaitu:

Kapasitas : 333,805 Kw

Jumlah : 1 buah

Berikut rincian untuk kebutuhan listrik pabrik :

a) Kebutuhan Listrik untuk alat proses

Tabel 4. 22. Kebutuhan Listrik Proses

Alat	Kode	Daya	
		Hp	Watt
Mixer	M	0.050	37.285
Kristallizer	CR	10.000	7457.000
Centrifuge	CF	125.000	93212.500
Rotary Cooler	RC	0.250	186.425
Bucket Elevator	BE	7.500	5592.750
Belt conveyor	BC	2.333	1739.967
Fan	F	0.400	298.280
Pompa	P	5.750	4287.775
<b>Total</b>		<b>151.283</b>	<b>112,811.9817</b>

Power yang dibutuhkan = 112.811,982 Watt

= 112,812 kW

b) Kebutuhan Listrik untuk utilitas

Tabel 4. 23. Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Kompressor	CU	5.000	3728.500
Pompa	P-01	5.000	3728.500
Pompa	P-02	5.000	3728.500
Pompa	P-03	3.000	2237.100
Pompa	P-04	0.250	186.425
Pompa	P-05	3.000	2237.100
Pompa	P-06	3.000	2237.100
Pompa	P-07	3.000	2237.100
Pompa	P-08	2.000	1491.400
Pompa	P-09	1.500	1118.550
Pompa	P-10	0.050	37.285
Pompa	P-11	0.500	372.850
Pompa	P-12	0.500	372.850
Pompa	P-13	0.125	93.213
Pompa	P-14	0.125	93.213
Pompa	P-15	3.000	2237.100
Pompa	P-16	3.000	2237.100
Pompa	P-17	0.050	37.285
Pompa	P-18	0.125	93.213
Pompa	P-19	0.125	93.213
Pompa	P-20	0.050	37.285
Pompa	P-21	0.250	186.425
Blower Cooling Water	-	1.000	745.700
<b>Total</b>		<b>39.6500</b>	<b>29567.0050</b>

Power yang dibutuhkan = 29.567,005 Watt

= 29,567 kW

c) Kebutuhan listrik untuk alat kontrol sekitar 25% dari kebutuhan motor penggerak yaitu 35,595 kW

d) Kebutuhan listrik untuk penerangan dan AC

- Listrik yang digunakan untuk AC diperkirakan sekitar 15% dari kebutuhan motor penggerak yaitu 21,357 kW

- Listrik yang digunakan untuk penerangan dan instrumen lainnya sekitar 15% dari kebutuhan motor penggerak yaitu 21,357 kW

e) Kebutuhan Listrik untuk bengkel dan laboratorium

- Listrik untuk bengkel dan laboratorium sekitar 15% dari kebutuhan motor penggerak yaitu 21,357 kW

Berikut rincian kebutuhan listrik pada pabrik *Bisphenol A* :

Tabel 4. 24. Kebutuhan Listrik Utilitas

No	Keperluan	Kebutuhan (Kw)
1	Kebutuhan Plant	
	a. Proses	112.8120
	b. Utilitas	29.5670
2	a. Alat kontrol	35.5947
	b. Listrik Penerangan	21.3568
	c. Peralatan kantor	21.3568
	d. Perlatan bengkel & Lab	21.3568
3	Listrik Perumahan	25.0000
<b>Total</b>		<b>267.0443</b>

Total kebutuhan listrik untuk keseluruhan proses adalah 267,044 kW. Dengan faktor daya sebesar 80% maka kebutuhan listrik total sebesar 333,805 kW. Kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN dan generator sebagai cadangannya.

#### **4.6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan**

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 36 m<sup>3</sup>/jam.

#### **4.6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar**

Unit penyediaan bahan bakar mempunyai fungsi untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada boiler dan *generator*. Jenis bahan bakar yang digunakan untuk generator yaitu *Industrial Diesel Oil* (Minyak Diesel) sebanyak 17,246 liter/jam. Sedangkan untuk bahan bakar *solar* yang digunakan pada boiler sebanyak 13,385 liter/jam. Bahan bakar tersebut diperoleh dari PT. Pertamina, Cilacap.

#### **4.6.6 Unit Pengolahan Limbah**

Limbah yang diperoleh dari pabrik *Bisphenol A* ini dikalsifikasikan adalah cair dan gas.

Limbah cair berasal dari :

##### **a. Limbah Sanitasi**

Limbah sanitasi pembuangan air yang sudah terpakai untuk keperluan kantor dan pabrik lainnya seperti pencucian, air masak dan lain-lain. Penanganan limbah ini tidak memerlukan



penanganan khusus karena seperti limbah rumah tangga lainnya, air buangan ini tidak mengandung bahan-bahan kimia yang berbahaya. Yang perlu diperhatikan disini adalah volume buangan yang diijinkan dan kemana pembuangan air limbah ini.

b. Air Limbah Laboratorium dan Limbah Cair dari Proses

Secara umum air limbah yang berasal dari setiap kegiatan di pabrik *Bisphenol A* harus diolah agar dapat dibuang ke lingkungan dengan kisaran parameter air yang sesuai dengan peraturan pemerintah, yaitu :

- COD : maks. 100 mg/l
- BOD : maks. 20 mg/l
- TSS : maks. 80 mg/l
- Oil : maks. 5 mg/l
- pH : 6,5 – 8,5

c. Limbah gas yang dihasilkan dalam pabrik ini adalah :

Gas buang yang dihasilkan pabrik ini adalah CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>. Gas hasil pembakaran bahan bakar boiler dan rotary dryer yang telah bebas debu dibuang ke udara bebas. Bahan seperti karbon dioksida dibutuhkan pengawasan yang ketat agar gas terkondensasi secara sempurna. Kondensasi yang sempurna bertujuan agar gas-gas yang akan diuapkan berubah fasa menjadi cair.

### 3.7 Organisasi Perusahaan

#### 4.7.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk Perusahaan yang direncanakan pada perancangan pabrik *Bisphenol A* ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap- tiap saham.

Bentuk perusahaan-perusahaan besar, rata-rata menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT/korporasi). Bentuk PT adalah asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum.

Bentuk Perusahaan PT dipilih berdasarkan beberapa factor yang mendukung antara lain :

- 1) Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, dikarenakan jika pemegang saham berhenti dari jabatannya maka tidak ada pengaruhnya terhadap direksi, *staff* maupun karyawan yang bekerja di dalam perusahaan.
- 2) Penjualan saham perusahaan merupakan cara yang tepat untuk mendapatkan modal.
- 3) Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan

- 4) Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur perusahaan yang ditinjau dari berbagai pengalaman, sikap dan caranya mengatur waktu.

#### 4.7.2 Struktur Organisasi

Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut:

- a. Pemegang saham
- b. Direktur Utama
- c. Direktur
- d. Staf Ahli
- e. Kepala Bagian
- f. Kepala Seksi
- g. Karyawan dan Operator

Tanggung jawab, tugas dan wewenang dari masing-masing jenjang kepemimpinan tentu saja berbeda-beda. Tanggung jawab, tugas serta wewenang tertinggi terletak pada puncak pimpinan yaitu dewan komisaris. Sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada rapat umum pemegang saham.

Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman, antara lain:

1. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
2. Pendelegasian wewenang.
3. Pembagian tugas kerja yang jelas.
4. Kesatuan perintah dan tanggung jawab.
5. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
6. Organisasi perusahaan yang fleksibel.

Dengan berpedoman terhadap azas - azas tersebut, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu : sistem *line* dan *staff*. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi *line and staff* ini, yaitu:

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 Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum. Dimana Direktur Teknik dan Produksi membawahi bidang produksi, pengendalian, utilitas dan pemeliharaan. Sedangkan Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum membawahi bidang pembelian dan pemasaran, administrasi, keuangan dan umum, serta penelitian dan pengembangan. Direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang bertanggung jawab atas bawahannya sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab.

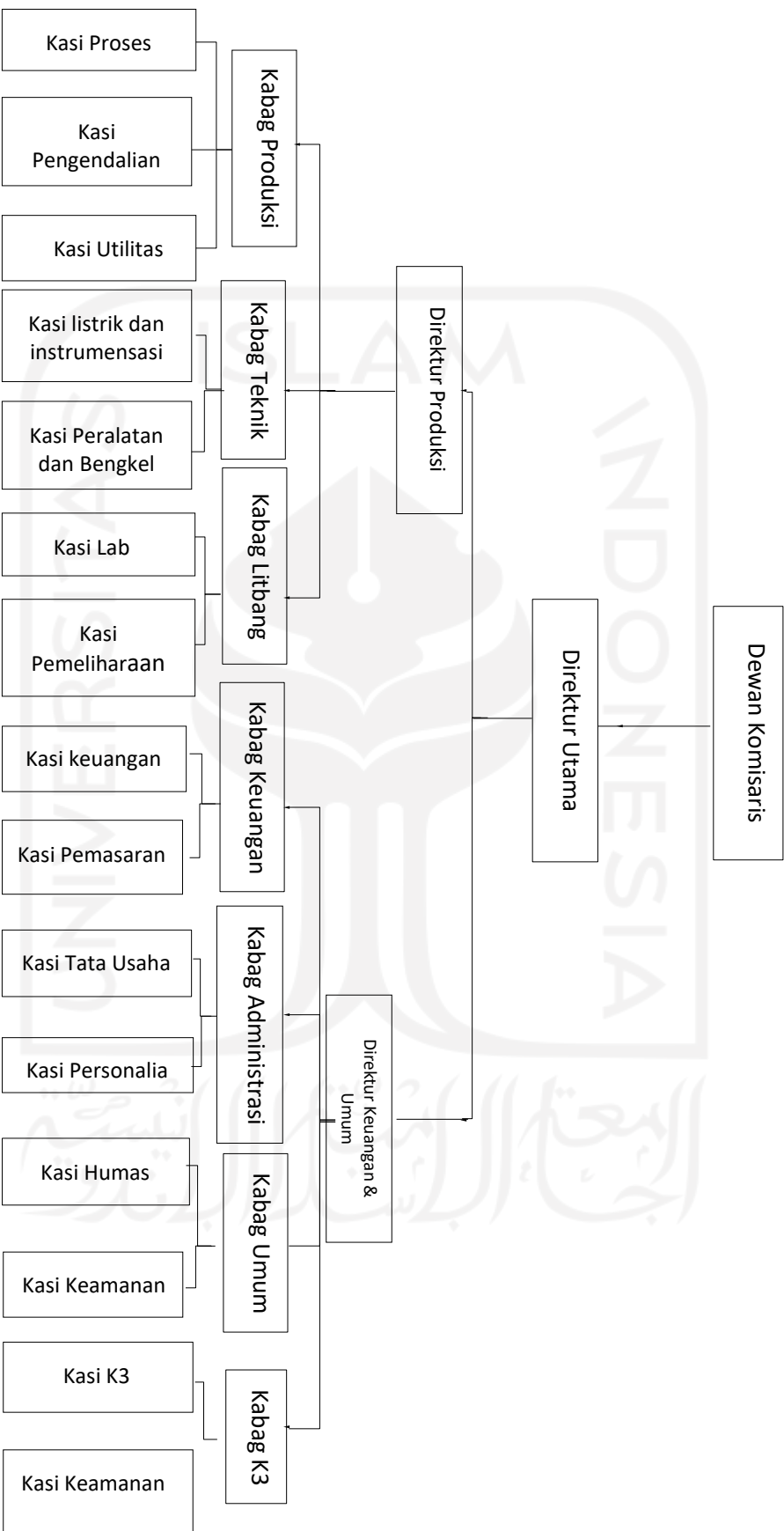
Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi yang dikepalai oleh kepala seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi para karyawan perusahaan pada masing- masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing masing seksi. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli di bidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan. Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang.
2. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
4. Penyusunan program pengembangan manajemen.

5. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.

Berikut gambar struktur organisasi pabrik *Bisphenol A* kapasitas 50.000 ton/tahun.





Gambar 4. 6. Struktur Organisasi

Berdasarkan gambar 4.6, telah dijelaskan sebelumnya urutan tugas dari masing-masing pekerja yang terikat didalam perusahaan dari jabatan yang teratas sampai yang terbawah.

### **4.7.3 Tugas dan Wewenang**

#### **1) Pemegang Saham**

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham. Pada rapat umum tersebut para pemegang saham:

- a) Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
- b) Mengangkat dan memberhentikan direktur
- c) Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan

#### **2) Dewan Komisaris**

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi:

- a) Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahannya.
- b) Mengawasi tugas-tugas direktur utama.
- c) Membantu direktur utama dalam hal-hal penting.



### 3) Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur utama membawahi :

#### a. Direktur Teknik dan Produksi

Tugas dari Direktur Teknik dan Produksi adalah memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

#### b. Direktur Keuangan dan Umum

Tugas dari Direktur Keuangan dan Umum adalah bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

#### c. Staf Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu direktur dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Tugas dan wewenang staf ahli meliputi:

- Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.

- Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan.
- Memberikan saran-saran dalam bidang hukum.

#### d. Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri dari:

- **Kepala Bagian Proses dan Utilitas**

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan bahan baku dan utilitas.

- **Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

- **Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu**

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

- **Kepala Bagian Produksi**

Tugas : Mengawasi terkait pemakaian bahan baku, pemakaian packing material dengan tujuan meminimalkan

pemborosan dan kegagalan proses, menjaga dan mengawasi agar mutu bahan baku dalam proses dan mutu produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan serta mengawasi pembuatan laporan produksi terkait laporan absensi, pemakaian bahan baku, hasil produksi dan jam berhenti (*stoppage*) tiap-tiap mesin.

- **Kepala Bagian Teknik**

Tugas : Bertanggung jawab atas penyediaan mesin untuk keberlangsungan proses terkait peralatan dan kebutuhan listrik untuk kelancaran produksi. Melakukan pengecekan terkait perawatan mesin proses.

- **Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran**

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

- **Kepala Bagian Administrasi**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan.

- **Kepala Bagian Humas dan Keamanan**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.

- **Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

e. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing-masing. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

- **Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan bahan baku dan menjaga kemurnian bahan baku, serta mengontrol produk yang dihasilkan.

- **Kepala Seksi Proses**

Tugas : Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi.

- **Kepala Seksi Utilitas**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

- **Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel**

Tugas : Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.

- **Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat- alat instrumentasi.

- **Kepala Seksi Laboratorium dan pengendalian mutu**

Tugas : Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.

- **Kepala Seksi Keuangan**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

- **Kepala Seksi Pemasaran**

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

- **Kepala Seksi Personalia**

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

- **Kepala Seksi Humas**

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.

- **Kepala Seksi Keamanan**

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

- **Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja**  
Tugas : Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

#### 4.7.4 Status Karyawan

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut status karyawan ini dapat dibagi menjadi 3 golongan, sebagai berikut:

##### 1. Karyawan Tetap

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

##### 2. Karyawan Harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

##### 3. Karyawan Borongan

Karyawan yang digunakan oleh pabrik/perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

#### 4.7.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik *Bisphenol A* dari *acetone* dan *phenol* ini akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Pembagian jam kerja karyawan digolongkan menjadi dua golongan, yaitu :

- a. Pegawai *non shift* yang bekerja selama 6 jam dalam seminggu dengan total kerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai *non shift* termasuk karyawan tidak langsung menangani operasi pabrik yaitu direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor atau administrasi, dan divisi-divisi di bawah tanggung jawab non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinu. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai *non shift*:

Senin- Kamis : 07.00 - 16.00 (istirahat 12.00 – 13.00)  
Jum'at : 07:00 – 16:00 (istirahat 11:00 – 13:00)  
Sabtu : 07:00 – 12:00  
Minggu : Libur, termasuk hari libur nasional

- b. Pegawai *shift* bekerja 24 jam perhari yang terbagi dalam 3 *shift*.

Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses operasi pabrik yaitu kepala *shift*, operator, karyawan-karyawan *shift*, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai *shift* sebagai berikut :

Shift I : 08.00 - 16.00

Shift II : 16.00 - 24.00

Shift III : 24.00- 08.00

Jadwal kerja terbagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali shift. Berikut adalah jadwal kerja karyawan shift :

Tabel 4. 25. Jadwal Kerja Karyawan Shift

Tgl	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pagi	D	D	A	A	B	B	C	C	C	D
Sore	C	C	D	D	A	A	B	B	B	C
Malam	B	B	C	C	D	D	A	A	A	B
<i>Off</i>	A	A	B	B	C	C	D	D	D	A

Tgl	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pagi	D	A	A	B	B	B	C	C	D	D
Sore	C	D	D	A	A	A	B	B	C	C
Malam	B	C	C	D	D	D	A	A	B	B
<i>Off</i>	A	B	B	C	C	C	D	D	A	A



Tgl	21	22	23	24	25	26	27	28
Pagi	A	A	A	B	B	C	C	D
Sore	D	D	D	A	A	B	B	C
Malam	C	C	C	D	D	A	A	B
<i>Off</i>	B	B	B	C	C	D	D	A

Jadwal untuk tanggal selanjutnya berulang ke susunan awal.

Kelancaran produksi dari suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh faktor kedisiplinan para karyawannya dan akan secara langsung mempengaruhi kelangsungan dan kemajuan perusahaan. Untuk itu kepada seluruh karyawan perusahaan dikenakan absensi. Disamping itu masalah absensi digunakan oleh pimpinan perusahaan sebagai salah satu dasar dalam mengembangkan karier para karyawan di dalam perusahaan.

#### 4.7.6 Daftar Gaji Karyawan

Tabel 4. 26. Jumlah Karyawan Pabrik

No	Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
1	Direktur Utama	1	Rp 40.000.000	Rp 40.000.000
2	Direktur Produksi & Teknik	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
3	Direktur Keuangan & Umum	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
4	Staff Ahli	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
5	Ka. Bag. Produksi	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
6	Ka. Bag. Teknik	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
7	Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
8	Ka. Bag. Keuangan & Administrasi	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
9	Ka. Bag. Umum	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
10	Ka. Bag. K3 & Litbang	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
11	Ka. Sek. Proses	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
12	Ka. Sek. Pengendalian	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
13	Ka. Sek. Laboratorium	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
14	Ka. Sek. Pemeliharaan	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
15	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
16	Ka. Sek. Pembelian	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
17	Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000

18	Ka. Sek. Administrasi	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
19	Ka. Sek. Kas	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
20	Ka. Sek. Personalia	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
21	Ka. Sek. Humas	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
22	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
23	Ka. Sek. K3	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
24	Ka. Sek. Litbang	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
25	Karyawan Proses	6	Rp 10.000.000	Rp 60.000.000
26	Karyawan Pengendalian	3	Rp 10.000.000	Rp 30.000.000
27	Karyawan Laboratorium	4	Rp 10.000.000	Rp 40.000.000
28	Karyawan Pemeliharaan	3	Rp 10.000.000	Rp 30.000.000
29	Karyawan Utilitas	5	Rp 10.000.000	Rp 50.000.000
30	Karyawan Pembelian	2	Rp 10.000.000	Rp 20.000.000
31	Karyawan Pemasaran	2	Rp 10.000.000	Rp 20.000.000
32	Karyawan Administrasi	2	Rp 10.000.000	Rp 20.000.000
33	Karyawan Kas	2	Rp 10.000.000	Rp 20.000.000
34	Karyawan Personalia	2	Rp 10.000.000	Rp 20.000.000
35	Karyawan Humas	2	Rp 10.000.000	Rp 20.000.000
36	Karyawan Keamanan	4	Rp 10.000.000	Rp 40.000.000
37	Karyawan K3	3	Rp 10.000.000	Rp 30.000.000

38	Karyawan Litbang	3	Rp 10.000.000	Rp 30.000.000
39	Operator	108	Rp 7.000.000	Rp 812.000.000
40	Supir	5	Rp 4.500.000	Rp 22.500.000
41	Librarian	2	Rp 4.500.000	Rp 9.000.000
42	<i>Cleaning service</i>	5	Rp 4.300.000	Rp 21.500.000
43	Dokter	2	Rp 9.000.000	Rp 18.000.000
44	Perawat	4	Rp 6.500.000	Rp 26.000.000
45	Montir	5	Rp 4.500.000	Rp22.500.000
<b>Total</b>		205		Rp 1.881.500.000

#### 4.7.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain berupa:

##### 1. Tunjangan

- Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
- Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja

##### 2. Cuti

- Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerjadalam satu (1) tahun.
- Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

### 3. Pakaian Kerja

Pakaian kerja diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya.

### 4. Pengobatan

- Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang - undang yang berlaku.
- Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak diakibatkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

### 5. Asuransi Tenaga Kerja (ASTEK)

ASTEK diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebih dari 10 orang dengan gaji karyawan Rp 1.000.000,00 per bulan.

Fasilitas untuk kemudahan bagi karyawan dalam melaksanakan aktivitas selama di pabrik antara lain:

- Penyediaan mobil dan bus untuk transportasi antar jemput karyawan.
- Kantin, untuk memenuhi kebutuhan makan karyawan terutama makan siang.
- Sarana peribadatan seperti masjid.
- Pakaian seragam kerja dan peralatan - peralatan keamanan seperti *safety helmet*, *safety shoes* dan kacamata, serta tersedia pula alat - alat keamanan lain seperti *masker*, *ear plug*, sarung tangan tahan api.
- Fasilitas kesehatan seperti tersedianya poliklinik yang dilengkapi dengan tenaga medis dan paramedis.

### 3.8 Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (*estimation*) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi ini faktor- faktor yang ditinjau adalah:

1. *Return On Investment*
2. *Pay Out Time*
3. *Discounted Cash Flow Rate*
4. *Break Even Point*
5. *Shut Down Point*

Sebelum dilakukan analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal sebagai berikut:

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*)

Meliputi :

- a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
- b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)

Meliputi :

- a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
- b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)

### 3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

- a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya variabel (*Variable Cost*)
- c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

#### 4.8.1 Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

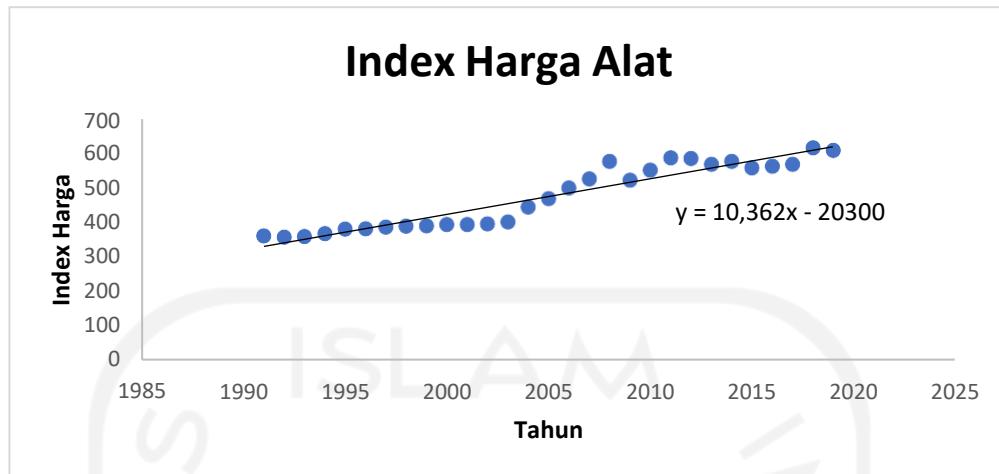
Di dalam analisa ekonomi harga – harga alat maupun harga – harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari index pada tahun analisa. Harga indeks tahun 2024 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1987 sampai 2024, dicari dengan persamaan regresi linier.

Tabel 4. 27. Indeks Harga Alat

No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1991	361,3
2	1992	358,2
3	1993	359,2
4	1994	368,1
5	1995	381,1

6	1996	381,7
7	1997	386,5
8	1998	389,5
9	1999	390,6
10	2000	394,1
11	2001	394,3
12	2002	395,6
13	2003	402
14	2004	444,2
15	2005	468,2
16	2006	499,6
17	2007	525,4
18	2008	575,4
19	2009	521,9
20	2010	550,8
21	2011	585,7
22	2012	584,6
23	2013	567,3
24	2014	576,1
25	2015	556,8
26	2016	561,7
27	2017	567,5
28	2018	614,6
29	2019	607,5
30	2020	627,91





Gambar 4. 7. Indeks Harga Alat

Berdasarkan data tersebut, maka persamaan regresi linier yang diperoleh adalah  $y = 10,362x - 20300$ . Pabrik *Bisphenol A* dengan Kapasitas 50.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2024 maka dari persamaan regresi Linear diperoleh indeks sebesar 672,688.

Harga-harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi Peters dan Timmerhaus, pada tahun 1990, Aries dan Newton, pada tahun 1955.

Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y} \quad (\text{Aries dan Newton, 1955})$$

Dalam hubungan ini:

$E_x$  :Harga pembelian pada tahun 2024

$E_y$  :Harga pembelian pada tahun referensi

$N_x$  :Index harga pada tahun 2024

$N_y$  :Index harga pada tahun referensi

Berdasarkan rumus tersebut, maka didapatkan hasil perhitungan alat sebagai berikut :

Tabel 4. 28. Harga Alat Proses

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ex
				2024
1	Bucket Elevator	BE-01	5	\$142.454,32
	Belt conveyor	BC-01	5	\$192.663,63
2	Centrifuge	C-01	1	\$12.377,18
3	Condensor Parsial	CD-1	1	\$24.287,29
4	Separator	SP	1	\$24.288,46
8	Crystalizer	K-01	1	\$167.208,68
9	Expansion Valve	EV-01	1	\$3.970,04
11	Fan	F-01	4	\$6.538,89
13	Heater	H-01	1	\$24.404,06
17	Mixer	M-01	1	\$189.627,72
20	Pompa	P-03	7	\$53.945,82
27	Reaktor	R-01	1	\$566.547,85
30	Rotary Cooler	RD-01	1	\$115.481,42
31	Silo Fenol	S-01	1	\$50.209,31
32	Silo Produk	S-02	1	\$231.196,36
33	Tangki aseton	T-01	1	\$138.017,22
34	Evaporator	V-01	1	\$332.782,64
	Dephenolizer	DP	1	\$566.547,85
<b>TOTAL</b>				<b>\$2.842.548,76</b>

#### 4.8.2 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan digunakan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi. Berikut adalah perhitungan – perhitungan yang digunakan dalam analisa kelayakan ekonomi dari suatu rancangan pabrik.

## 1. Dasar Perhitungan

- Kapasitas Produksi = 50.000 ton/tahun
- Satu tahun operasi = 330 hari
- Tahun pendirian pabrik = 2024
- Kurs mata uang = 1 US\$ = Rp 14.283
- Upah pekerja asing : \$ 10/manhour
- Upah pekerja Indonesia : Rp. 25.000/manhour
- 5 % tenaga asing : 95% tenaga Indonesia

## 2. Perhitungan Biaya

### a. *Capital Investment*

*Capital Investment* merupakan jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital investment* terdiri dari:

#### - *Fixed Capital Investment*

Biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

#### - *Working Capital Investment*

Biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

### b. *Manufacturing Cost*

*Manufacturing Cost* merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk. *Manufacturing Cost* meliputi:

- *Direct Cost*

*Direct Cost* adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

- *Indirect Cost*

*Indirect Cost* adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

- *Fixed Cost*

*Fixed Cost* adalah biaya –biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

c. *General Expense*

Berupa pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

d. *Percent Return On Investment (ROI)*

*Return On Investment* adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

$$\%ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Total Investment}} 100 \%$$

(4.1)

e. *Pay out Time (POT)*

*Pay Out Time (POT)* merupakan :

- Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerima yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan

untuk kembalinya *Capital Investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.

- Waktu minimum secara teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$POT = \frac{\text{Total Investment}}{\text{Keuntungan}} \quad (4.2)$$

f. *Break Even Point* (BEP)

*Break Even Point* (BEP) merupakan :

- Titik impas produksi yaitu suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian.keu
- Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.

- Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*.

Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.

$$BEP = \frac{Fa+0,3 Ra}{Sa-Va-0,7 Ra} \times 100\% \quad (4.3)$$

Keterangan:

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

g. *Shut Down Point* (SDP)

*Shut Down Point* (SDP) merupakan:

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

ekonomisnya suatu aktivitas produksi ( tidak menghasilkan *profit* ).

- Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
- Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.
- Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

$$SDP = \frac{0,3Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} 100\% \quad (4.4)$$

h. *Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)*

*Discounted Cash Flow Rate Of Return ( DCFR )* merupakan:

- Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
- Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
- Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi

yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik

Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam penentuan DCFR:

$$(FC + WC)(1 + i)^n = \sum_{j=1}^n C_j (1 + i)^{n-1} + (Wc + Sv)$$

Keterangan:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow ( profit after taxes + depresiasi + finance)*

n : Umur pabrik = 10 tahun

i : Nilai DCFR

i. Perhitungan Biaya

A. *Fixed Capital Investment (FCI)*

a. *Purchased Equipment Cost (PEC)*

Harga pembelian alat proses dan alat utilitas dari tempat pembelian.

Alat proses = \$ 2.842.548,76

Alat utilitas = \$ 973.921,27

Total PEC = alat proses + alat utilitas



$$\begin{aligned}
&= \$ 2.842.548,76 + \$ 973.921,27 \\
&= \$ 3.816.470,026 \\
&= \text{Rp } 54.510.641380,203
\end{aligned}$$

b. *Delivered Equipment Cost (DEC)*

Biaya pengangkutan	= 15% PEC
	= 15% x \$ 3.816.470,026
	= \$ 572.471
Biaya administrasi dan pajak	= 10% PEC
	= 10% x \$ 3.816.470,026
	= \$ 381.647
Total DEC	= \$ 572.471 + \$ 381.647
	= \$ 954.118
	= Rp 1

c. *Biaya Pemasangan (Instalation Cost)*

Besarnya instalasi adalah 43% dari *Purchased Equipment Cost*

(PEC) Material	= 11% PEC
	= 11% x \$ 3.186.470,026
	= \$ 419.811,70
Labor	= 32% PEC
	= 32% x \$ 3.186.470,026
	= \$ 1.221.270
Tenaga asing	= 5% x labor
	= 5% x \$ 1.221.270
	= \$ 61.064

$$\begin{aligned}
\text{Tenaga Indonesia} &= 95\% \text{ Labor} \times 2 \times (\text{Rp.20.000} / \$ 20) \\
&= 95\% \times \$ 1.221.270 \times 2 \times (\text{Rp.20.000} / \$ 20) \\
&= \text{Rp } 5.801.034.439,40 \\
&= \$ 406.150 \\
\text{Total biaya instalasi} &= \$ 887.025 \\
&= \text{Rp } 12.669.375.253
\end{aligned}$$

d. Biaya Pemipaan (*Piping Cost*)

$$\begin{aligned}
\text{Material} &= 49\% \text{ PEC} \\
&= 49\% \times \$ 3.186.470,026 \\
&= \$ 1.870.073,31 \\
\text{Labor} &= 37\% \text{ PEC} \\
&= 37\% \times \$ 3.186.470,026 \\
&= \$ 1.412.093,91 \\
\text{Tenaga asing} &= 5\% \text{ Labor} \\
&= 5\% \times \$ 1.412.093,91 \\
&= \$ 70.604,70 \\
\text{Tenaga Indonesia} &= 95\% \text{ Labor} \times 2 \times (\text{Rp.20.000} / \$ 20) \\
&= 95\% \times \$ 1.412.093,91 \times 2 \times (\text{Rp.20.000} / \$ 20) \\
&= \text{Rp } 6.707.446.071 \\
&= \$ 469.610,45 \\
\text{Total biaya pemipaan} &= \$ 2.410.285,46 \\
&= \text{Rp } 34.426.107.212,39
\end{aligned}$$

e. Biaya Instrumentasi (*Instrumentation Cost*)

$$\begin{aligned}
\text{Material} &= 24\% \times \text{PEC} \\
&= \$ 915.952,81 \\
\text{Labor} &= 6\% \times \text{PEC}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \$ 228.988,20 \\
 \text{Tenaga asing} &= 5\% \text{ Labor} \\
 &= \$ 11.449,41 \\
 \text{Tenaga Indonesia} &= 95\% \text{ Labor} \times 2 \times (\text{Rp.}20.000 / \$ 20) \\
 &= \text{Rp } 1.087.693.957,39 \\
 &= \$ 76.153,05 \\
 \text{Total biaya} &= \$ 1.003.555,26 \\
 &= \text{Rp } 14.333.779.813
 \end{aligned}$$

f. Biaya Isolasi (*Insulation Cost*)

$$\begin{aligned}
 \text{Material} &= 3\% \text{ PEC} \\
 &= \$ 114.494,10 \\
 \text{Labor} &= 5\% \text{ PEC} \\
 &= \$ 190.823,50 \\
 \text{Tenaga asing} &= 5\% \text{ Labor} \\
 &= \$ 9.541,18 \\
 \text{Tenaga Indonesia} &= 95\% \text{ Labor} \times 2 \times (\text{Rp.}20.000 / \$ 20) \\
 &= \text{Rp } 906.411.631,16 \\
 &= \$ 63.460 \\
 \text{Total biaya insulasi} &= \$ 187.496,15 \\
 &= \text{Rp } 2.678.007.476
 \end{aligned}$$

g. Biaya Listrik (*Electrical Cost*)

Biaya listrik biasanya berkisar antara 10% - 15% dari PEC.

Diambil biaya listrik 10% dari PEC.

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya listrik} &= 10\% \text{ PEC} \\
 &= \$ 381.647 \\
 &= \text{Rp } 5.451.064.138
 \end{aligned}$$

*h. Biaya Bangunan (Building Cost)*

$$\begin{aligned}\text{Luas bangunan} &= 72.219 \text{ m}^2 \\ \text{Harga bangunan} &= \text{Rp. } 2.000.000 / \text{m}^2 \\ \text{Total biaya bangunan} &= \text{Luas} \times \text{Harga} \\ &= 72.219 \text{ m}^2 \times \text{Rp. } 2.000.000 / \text{m}^2 \\ &= \text{Rp. } 144.438.000.000,00 \\ &= \$ 10.112.581,39\end{aligned}$$

*i. Tanah dan Perluasan Tanah (Land and Yard Improvement)*

$$\begin{aligned}\text{Luas tanah} &= 82.335 \text{ m}^2 \\ \text{Harga tanah} &= \text{Rp. } 2.500.000 / \text{m}^2 \\ \text{Total harga tanah} &= \text{Luas} \times \text{Harga} \\ &= 82.335 \text{ m}^2 \times \text{Rp. } 2.500.000 / \text{m}^2 \\ &= \text{Rp. } 205.837.500.000 \\ &= \$ 14.411.363,16\end{aligned}$$

*j. Engineering and Construction*

Untuk PPC lebih dari US\$ 5.000.000, *Engineering and Construction* sebesar 20% dari PPC.

$$\begin{aligned}\text{Engineering and Construction} &= 20\% \text{ PPC} \\ &= \$ 6.832.908 \\ &= \text{Rp. } 97.594.427.123,55\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{DPC (Direct Plant Cost)} &= \text{PPC} + \text{Engineering and Construction} \\ &= \$ 40.997.448 \\ &= \text{Rp } 585.566.562.741\end{aligned}$$

k. *Contractor's fee*

Biasanya berkisar antara 4 % sampai 10% dari nilai *Direct Plant Cost*. Pada analisa ini diambil nilai *contractor's fee* sebesar 6% dari nilai DPC.

$$\begin{aligned} \text{Contractor's fee} &= 6\% \text{ DPC} \\ &= \$ 2.459.846 \\ &= \text{Rp } 35.133.993.764 \end{aligned}$$

l. *Contingency*

Nilai dari *contingency* biasanya kurang dari samadengan 10% DPC

$$\begin{aligned} \text{Contingency} &= 10\% \text{ DPC} \\ &= \$ 4.099.744 \\ &= \text{Rp } 58.556.656.274 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total FCI} &= \$ 47.557.040 \\ &= \text{Rp } 679.257.212.779 \end{aligned}$$

**B. *Manufacturing Cost***

Biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan suatu produk (per tahun).

1. *Direct Manufacturing Cost*

Merupakan pengeluaran langsung dalam pembuatan suatu pabrik.

a. Raw Material

$$\begin{aligned} \text{Acetone} &= 17.807.016 \text{ Kg/th} \\ \text{Total harga} &= \text{Rp } 257.952.446.848 \end{aligned}$$

<i>Phenol</i>	= 41.383.509 Kg/th
Total harga	= Rp 1.421.316.635.563
Styrene Divynil Benzen	= 3.138.935 Kg/th
Total harga	= Rp 31.568.273.243
Total Raw Material	= Rp 1.679.269.082.411/th

*b. Tenaga Kerja*

Pekerja yang berhubungan langsung dengan produksi

$$\begin{aligned} \text{Total biaya tenaga kerja} &= \text{Rp. 1.881.500.000} \\ &= \$ 131.730,03 \end{aligned}$$

*c. Supervisor*

Biaya *supervisor* biasanya berkisar antara 10% sampai 25% dari *labor cost*. Pada analisa kali ini diambil biaya *supervisor* sebesar 15% dari *labor cost*.

$$\begin{aligned} \text{Biaya supervisor} &= 20\% \text{ Labor} \\ &= \text{Rp. 376.300.000} \\ &= \$ 26.346 \end{aligned}$$

*d. Maintenance*

Biaya *maintenance* biasanya berkisar antara 2% sampai 4% dari *fixed capital investment* (FCI). Pada analisa kali ini diambil biaya *maintenance* sebesar 2% dari *fixed capital*.

$$\begin{aligned} \text{Maintenance} &= 4\% \text{ FCI} \\ &= \text{Rp. 67.925.721.277} \\ &= \$ 4.755.704 \end{aligned}$$

*e. Plant Supplies*

Biasanya nilai *plant supplies* sebesar 15% dari biaya *maintenance*.

$$\begin{aligned} \text{Plant Supplies} &= 15\% \text{ Maintenance} \\ &= \text{Rp } 10.188.858.191 \\ &= \$ 713.355 \end{aligned}$$

f. *Royalties and Patents*

Nilai dari royalti dan paten biasanya berkisar antara 1 sampai 5 %. Rincian penjualan produk asetat anhidrat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Produksi} &= 50.000.000 \text{ kg/tahun} \\ \text{Harga} &= \text{Rp } 50.000,00 / \text{Kg} \\ \text{Total harga} &= \text{Rp } 2.500.000.000.000,00 / \text{tahun} \\ &= \$ 175.033.256,32 / \text{tahun} \\ \text{Royalties and patents} &= 1\% \text{ harga penjualan} \\ &= 1\% \times \text{Rp } 2.500.000.000.000,00 \\ &= \text{Rp } 2.500.000.000.000,00 \\ &= \$ 175.033.256,32 \end{aligned}$$

g. *Utilitas*

$$\begin{aligned} \text{Biaya kebutuhan utilitas} &= \text{Rp } 21.578.469.381 \\ &= \$ 1.510.779 \end{aligned}$$

## 2. *Indirect Manufacturing Cost*

Merupakan pengeluaran tidak langsung akibat dari pembuatan suatu produk.

### a. *Payroll Overhead*

Pengeluaran perusahaan untuk pensiunan, liburan yang dibayar perusahaan, asuransi, cacat jasmani akibat kerja, keamanan, dan sebagainya. Besarnya *payroll overhead* ini biasanya berkisar antara 15 sampai 20% *labor cost*.

$$\begin{aligned}\text{Payroll overhead} &= 15\% \text{ Labor} \\ &= \text{Rp } 282.225.000 \\ &= \$ 19.759,50\end{aligned}$$

### b. *Laboratory*

*Laboratory* dibutuhkan untuk menjamin *quality control*, karenanya biaya tergantung dari produk yang dihasilkan. Nilai *laboratory* biasanya berkisar antara 10 sampai 20% *labor cost*.

$$\begin{aligned}\text{Laboratory} &= 10\% \text{ Labor} \\ &= \text{Rp. } 188.150.000 \\ &= \$ 13.173,00\end{aligned}$$

### c. *Plant Overhead*

Biaya untuk *service* yang tidak langsung berhubungan dengan unit produksi. Termasuk didalamnya adalah biaya kesehatan, fasilitas rekreasi, pembelian (*purchasing*), pergudangan, dan *engineering*. Biaya *plant overhead* biasanya berkisar antara 50 sampai 100% *labor cost*.



$$\begin{aligned}
 \text{Plant overhead} &= 50\% \text{ Labor} \\
 &= \text{Rp. } 940.750.000 \\
 &= \$ 65.865,01
 \end{aligned}$$

d. *Packaging and Shipping*

Biayanya sebesar 10% dari harga penjualan produknya. Biaya *container* untuk *packaging* tergantung dari sifat-sifat dan chemis produk juga nilainya.

$$\begin{aligned}
 \text{Packaging} &= 4\% \text{ Sales Price} \\
 &= 4\% \times \text{Rp } 2.500.000.000,00 \\
 &= \text{Rp. } 100.000.000,00 \\
 &= \$ 7.001.330,25
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Shipping} &= 1\% \text{ Sales Price} \\
 &= 1\% \times \text{Rp } 2.500.000.000,00 \\
 &= \text{Rp. } 25.000.000,00 \\
 &= \$ 1.750.332,56
 \end{aligned}$$

3. *Fixed Manufacturing Cost*

Merupakan pengeluaran yang berkaitan dengan *initial fixed capital investment* dan harganya tetap tidak tergantung waktu maupun tingkat produksi.

a. *Depreciation*

Nilainya berkisar antara 8 sampai 10% dari nilai FCI.

$$\begin{aligned}
 \text{Depreciation} &= 10\% \text{ FCI} \\
 &= \text{Rp. } 67.925.721.277 \\
 &= \$ 4.755.704
 \end{aligned}$$

*b. Property Taxes*

Nilainya berkisar antara 1 sampai 2% dari nilai FCI.

$$\begin{aligned} \text{Property Taxes} &= 2\% \text{ FCI} \\ &= \text{Rp. } 13.585.144.256 \\ &= \$ 951.140 \end{aligned}$$

*c. Insurance*

Nilai *Insurance* biasanya 1% dari nilai FCI.

$$\begin{aligned} \text{Insurance} &= 1\% \text{ FCI} \\ &= \text{Rp. } 6.792.572.128 \\ &= \$ 475.570 \end{aligned}$$

**C. Working Capital**

*a. Raw Material Inventory*

Persediaan bahan baku untuk kebutuhan produksi selama 3 bulan

$$\begin{aligned} \text{Raw material inventory} &= (90/330) \times \text{total raw material} \\ &= \text{Rp. } 152.660.825.674 \\ &= \$ 10.688.288 \end{aligned}$$

*b. Inprocess Inventory*

Persediaan bahan baku dalam proses untuk satu hari proses diestimasikan 1,5 kali *manufacturing cost*.

$$\begin{aligned} \text{Inprocess Inventory} &= 1,5 \times \text{total manufacturing cost} \\ &= \text{Rp } 246.758.218.280 \\ &= \$ 17.276.357 \end{aligned}$$

*c. Product Inventory*

Biaya penyimpanan produk sebelum dikirim ke konsumen selama 1 bulan.

$$\begin{aligned}
 \text{Product Inventory} &= (30/330) \times \text{total manufacturing cost} \\
 &= \text{Rp.179.460.522.385} \\
 &= \$ 12.564.623
 \end{aligned}$$

*d. Extended Credit*

Modal untuk biaya pengiriman produk sampai ke konsumen selama 1 bulan.

$$\begin{aligned}
 \text{Extended Credit} &= (30/330) \times \text{penjualan produk} \\
 &= (30/330) \times \text{Rp 2.500.000.000.000,00} \\
 &= \text{Rp. 227.272.727.272,73} \\
 &= \$ 15.912.114,21
 \end{aligned}$$

*e. Available Cash*

Dana untuk pembayaran gaji, jasa, dan material selama 1 bulan.

$$\begin{aligned}
 \text{Available Cash} &= (30/330) \times \text{total manufacturing cost} \\
 &= \text{Rp.179.460.522.385} \\
 &= \$ 12.564.623
 \end{aligned}$$

**D. General Expense**

Yaitu macam-macam pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

*a. Administration*

Biaya administrasi penggajian, audit (2-3% harga penjualan)

$$\begin{aligned}
 \text{Administration} &= 2\% \text{ harga penjualan} \\
 &= \text{Rp. 50.000.000.000,00} \\
 &= \$ 3.500.665,13
 \end{aligned}$$

*b. Sales Expense*

Penjualan, distribusi, *advertising* (3-12% harga penjualan)

$$\begin{aligned}
 \text{Sales Expense} &= 3\% \text{ harga penjualan} \\
 &= \text{Rp. } 75.000.000.000 \\
 &= \$ 5.250.997,69
 \end{aligned}$$

c. *Research*

Riset atau penelitian dan pengembangan bernilai 2,8% dari harga penjualan untuk *industrial chemical*.

$$\begin{aligned}
 \text{Research} &= 2,8\% \times \text{harga penjualan} \\
 &= \text{Rp. } 70.000.000.000 \\
 &= \$ 4.900.931,18
 \end{aligned}$$

d. *Finance*

Biaya untuk membayar bunga pinjaman bank atau deviden para pemegang saham, nilainya berkisar antara 2 sampai 4% dari

FCI+WCI

$$\begin{aligned}
 \text{Finance} &= 2\% \times \text{Capital Investment} \\
 &= \text{Rp. } 33.585.004.254 \\
 &= \$ 2.351.397
 \end{aligned}$$

j. Hasil Perhitungan

Tabel 4. 29. Physical Plant Cost (PPC)

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp54.510.641.380	Rp3.816.470
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp13.627.660.345	Rp954.118
3	Instalasi cost	Rp12.669.375.253	Rp887.025
4	Pemipaan	Rp34.426.107.212	Rp2.410.285
5	Instrumentasi	Rp14.333.779.813	Rp1.003.555
6	Insulasi	Rp2.678.007.476	Rp187.496
7	Listrik	Rp5.451.064.138	Rp381.647
8	Bangunan	Rp144.438.000.000	Rp10.112.581
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	Rp205.837.500.000	Rp14.411.363
<b>Physical Plant Cost (PPC)</b>		<b>Rp487.972.135.618</b>	<b>Rp34.164.541</b>

Tabel 4. 30. Direct Plant Cost (DPC)

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp97.594.427.124	Rp6.832.908
<b>Total (DPC + PPC)</b>		<b>Rp585.566.562.741</b>	<b>Rp40.997.449</b>

Tabel 4. 31. Fixed Capital Investment (FCI)

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	Rp585.566.562.741	Rp40.997.449
2	Kontraktor	Rp35.133.993.764	Rp2.459.847
3	Biaya tak terduga	Rp58.556.656.274	Rp4.099.745
<b>Fixed Capital Investment (FCI)</b>		<b>Rp679.257.212.780</b>	<b>Rp47.557.041</b>

Tabel 4. 32. Direct Manufacturing Cost (DMC)

<b>No</b>	<b>Type of Expense</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Raw Material</i>	Rp1.679.269.082.412	Rp117.571.174
2	<i>Labor</i>	Rp1.881.500.000	Rp131.730
3	<i>Supervision</i>	Rp376.300.000	Rp26.346
4	<i>Maintenance</i>	Rp67.925.721.278	Rp4.755.704
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp10.188.858.192	Rp713.356
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp25.000.000.000	Rp1.750.333
7	<i>Utilities</i>	Rp21.578.469.382	Rp1.510.780
<b>Direct Manufacturing Cost (DMC)</b>		<b>Rp1.806.219.931.263</b>	<b>Rp126.459.422</b>

Tabel 4. 33. Indirect Manufacturing Cost (IMC)

<b>No</b>	<b>Type of Expense</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp282.225.000	Rp19.760
2	<i>Laboratory</i>	Rp188.150.000	Rp13.173
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp940.750.000	Rp65.865
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp125.000.000.000	Rp8.751.663
<b>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</b>		<b>Rp126.411.125.000</b>	<b>Rp8.850.460</b>

Tabel 4. 34. Fixed Manufacturing Cost (FMC)

<b>No</b>	<b>Type of Expense</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Depreciation</i>	Rp67.925.721.278	Rp4.755.704
2	<i>Property taxes</i>	Rp13.585.144.256	Rp951.141
3	<i>Insurance</i>	Rp6.792.572.128	Rp475.570
<b>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</b>		<b>Rp88.303.437.661</b>	<b>Rp6.182.415</b>

Tabel 4. 35. Manufacturing Cost (MC)

<b>No</b>	<b>Type of Expense</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp1.806.219.931.263	Rp126.459.422
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp126.411.125.000	Rp8.850.460
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp88.303.437.661	Rp6.182.415
<b>Manufacturing Cost (MC)</b>		<b>Rp2.020.934.493.924</b>	<b>Rp141.492.298</b>

Tabel 4. 36. Working Capital (WC)

<b>No</b>	<b>Type of Expense</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp152.660.825.674	Rp10.688.289
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp252.616.811.741	Rp17.686.537
3	<i>Product Inventory</i>	Rp183.721.317.629	Rp12.862.936
4	<i>Extended Credit</i>	Rp227.272.727.273	Rp15.912.114
5	<i>Available Cash</i>	Rp183.721.317.629	Rp12.862.936
<b>Working Capital (WC)</b>		<b>Rp999.992.999.946</b>	<b>Rp70.012.812</b>

Tabel 4. 37. General Expense (GE)

<b>No</b>	<b>Type of Expense</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Administration</i>	Rp50.000.000.000	Rp3.500.665
2	<i>Sales expense</i>	Rp75.000.000.000	Rp5.250.998
3	<i>Research</i>	Rp70.000.000.000	Rp4.900.931
4	<i>Finance</i>	Rp33.585.004.255	Rp2.351.397
<b>General Expense (GE)</b>		<b>Rp228.585.004.255</b>	<b>Rp16.003.991</b>

Tabel 4. 38. Total Production Cost (TPC)

<b>No</b>	<b>Type of Expense</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp2.020.934.493.924	Rp141.492.298
2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp228.585.004.255	Rp16.003.991
<b>Total Production Cost (TPC)</b>		<b>Rp2.249.519.498.179</b>	<b>Rp157.496.289</b>

Tabel 4. 39. Fixed Cost (Fa)

<b>No</b>	<b>Type of Expense</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Depreciation</i>	Rp67.925.721.278	Rp4.755.704
2	<i>Property taxes</i>	Rp13.585.144.256	Rp951.141
3	<i>Insurance</i>	Rp6.792.572.128	Rp475.570
<b>Fixed Cost (Fa)</b>		<b>Rp88.303.437.661</b>	<b>Rp6.182.415</b>

Tabel 4. 40. Variable Cost (Va)

<b>No</b>	<b>Type of Expense</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Raw material</i>	Rp1.679.269.082.412	Rp117.571.174
2	<i>Packaging &amp; shipping</i>	Rp125.000.000.000	Rp8.751.663
3	<i>Utilities</i>	Rp21.578.469.382	Rp1.510.780
4	<i>Royalties and Patents</i>	Rp25.000.000.000	Rp1.750.333
<b>Variable Cost (Va)</b>		<b>Rp1.850.847.551.793</b>	<b>Rp129.583.950</b>



Tabel 4. 41. Regulated Cost (Ra)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Labor cost	Rp1.881.500.000	Rp131.730
2	Plant overhead	Rp940.750.000	Rp65.865
3	Payroll overhead	Rp282.225.000	Rp19.760
4	Supervision	Rp376.300.000	Rp26.346
5	Laboratory	Rp188.150.000	Rp13.173
6	Administration	Rp50.000.000.000	Rp3.500.665
7	Finance	Rp33.585.004.255	Rp2.351.397
8	Sales expense	Rp75.000.000.000	Rp5.250.998
9	Research	Rp70.000.000.000	Rp4.900.931
10	Maintenance	Rp67.925.721.278	Rp4.755.704
11	Plant supplies	Rp10.188.858.192	Rp713.356
	<b>Regulated Cost (Ra)</b>	<b>Rp310.368.508.724</b>	<b>Rp21.729.924</b>

Berdasarkan rincian perhitungan tersebut maka didapatkan data untuk menguji apakah pabrik layak dibangun, berikut perhitungannya :

### 1. Percent Return On Investment (ROI)

ROI sebelum pajak = 14,92 %

ROI setelah pajak = 11,19 %

### 2. Pay Out Time (POT)

POT sebelum pajak = 6,70 tahun

POT setelah pajak = 8,94 tahun

### 3. Break Even Point (BEP)

BEP = 42.00 %

BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40 – 60 %.

#### 4. Shut Down Point (SDP)

$$\text{SDP} = 21,56 \%$$

SDP pabrik kimia umumnya adalah 20% - 30%.

#### 4. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

$$\text{Umur pabrik} = 10 \text{ tahun}$$

$$\text{Fixed Capital Investment} = \text{Rp } 679.257.212.780$$

$$\text{Working Capital} = \text{Rp } 999.992.999.946$$

$$\text{Salvage Value (SV)} = \text{Rp } 67.925.721.278$$

$$\text{Cash flow (CF)} = \text{Annual profit} + \text{depresiasi} + \text{finance}$$

$$= \text{Rp } 289.371.101.898$$

$$\text{Dengan trial \& error diperoleh nilai } i : 0,1130$$

$$\text{DCFR} : 11,30 \%$$

$$\text{Minimum nilai DCFR} : 1,5 \times \text{suku bunga acuan bank}$$

$$: 5,5 \%$$

Kesimpulan  
: Memenuhi syarat

$$: 1,5 \times 5,5\% = 5,63 \%$$

(Didasarkan pada suku bunga acuan di bank BCA saat ini adalah 5,5 %, berlaku mulai 1 Oktober 2018)

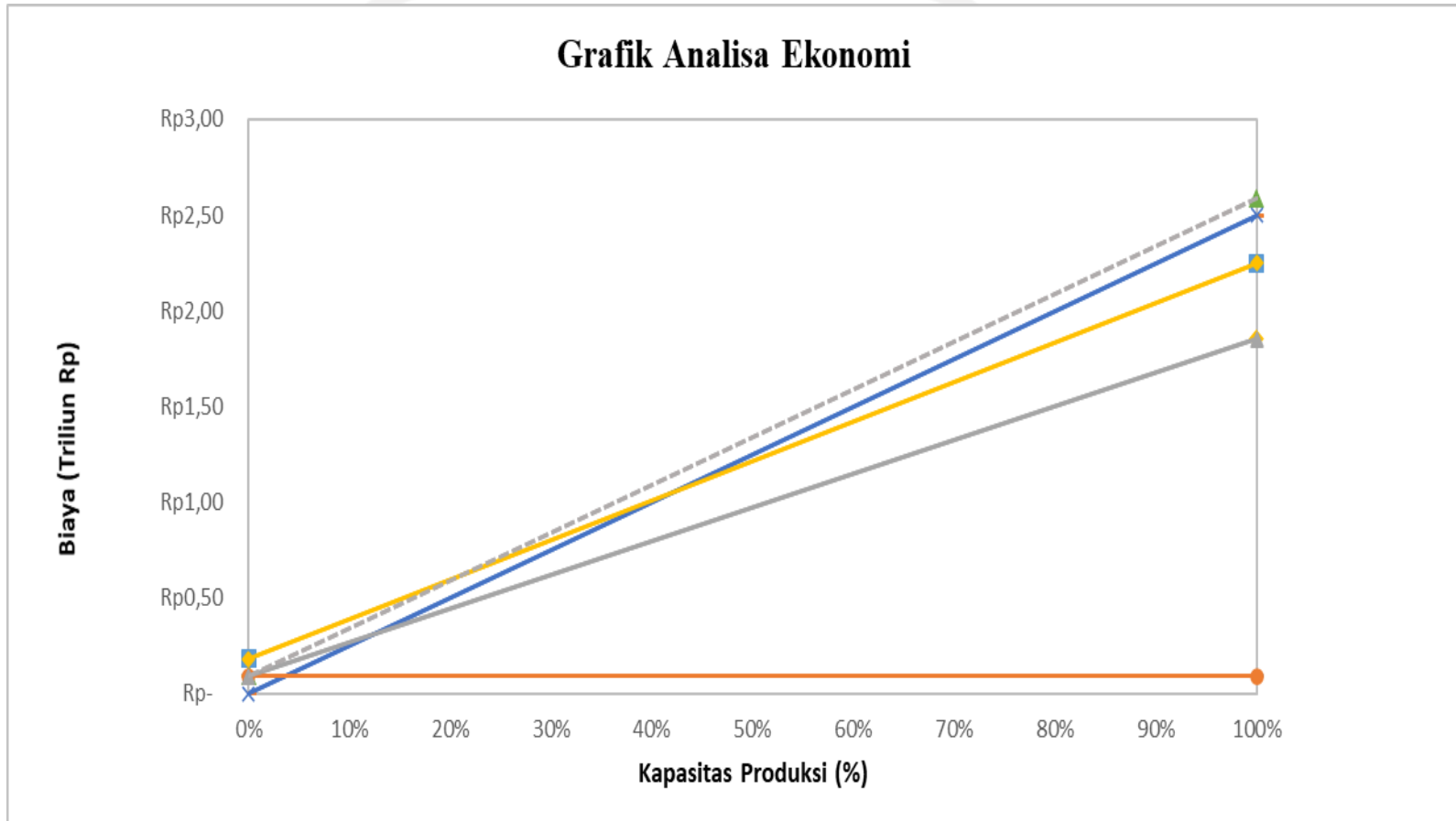
#### 4.9 Analisis keuntungan

- Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan	: Rp 2.500.000.000.000
Total biaya produksi	: Rp 2.202.363.146.818
Keuntungan	: Total penjualan - Total biaya produksi
	: Rp 297.636.853.181

- Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak	: 25 % x Rp 297.636.853.181
	: Rp 74.409.213 (Dirjen Pajak RI)
Keuntungan	: Keuntungan setelah pajak
	: Rp 223.227.639.886



Gambar 4. 8. Grafik Analisa Kelayakan

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, serta lokasi pabrik, maka pabrik *Bisphenol A* tergolong beresiko rendah.
2. Pabrik *Bisphenol A* didirikan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan import, memberikan lapangan pekerjaan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
3. Pabrik *Bisphenol A* akan didirikan dengan kapasitas 50.000 ton/tahun, dengan bahan baku *Acetone* dan *Phenol*.
4. Pabrik akan didirikan di kawasan industri Serang, dengan pertimbangan mudah mendapatkan bahan baku, tenaga kerja, pengembangan pabrik, ketersediaan air dan listrik, serta mempunyai prospek pemasaran yang baik karena lokasinya yang tepat di kawasan industri.
5. Berdasarkan analisis ekonomi, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

1) *Return On Investment* (ROI) :

Presentase ROI sebelum pajak sebesar 14,92 %, dan ROI setelah pajak sebesar 11,19%.

2) *Pay Out Time* (POT) :

POT sebelum pajak selama 6,70 tahun dan POT setelah pajak selama 8,94 tahun..

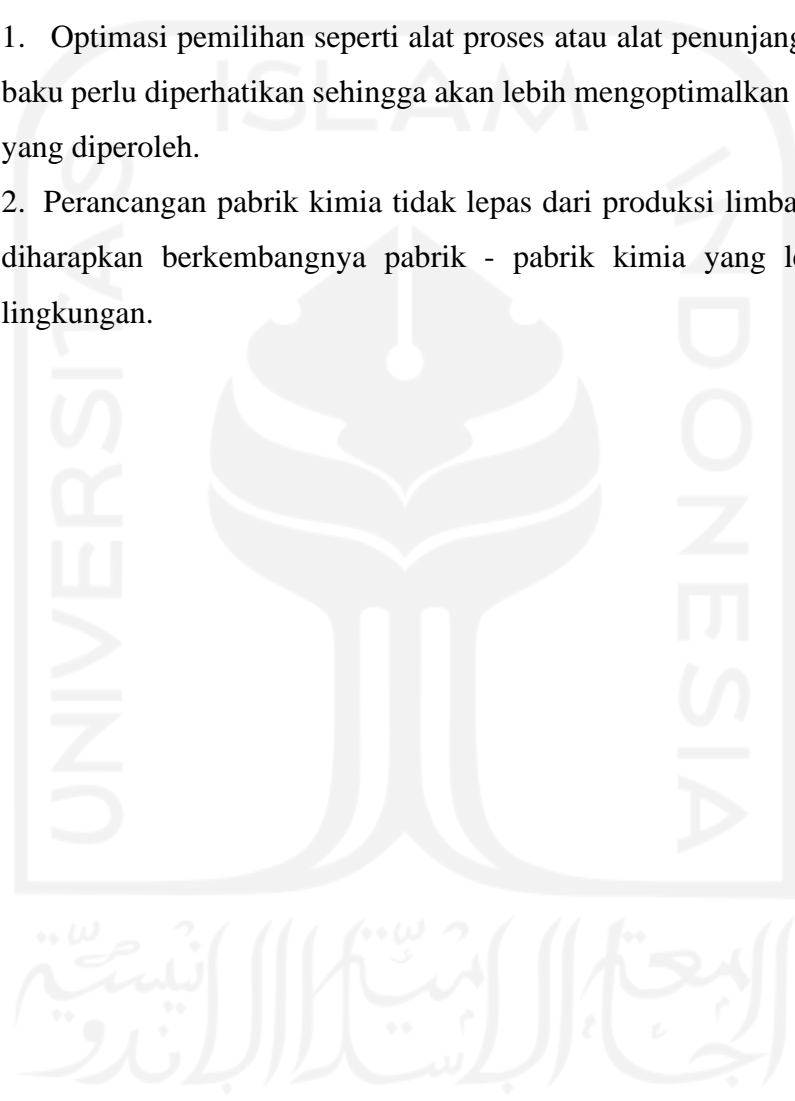
- 3) *Break Event Point* (BEP) pada 42,00 %, dan *Shut Down Point* (SDP) pada 21,56 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40–60%.
- 4) *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) besarnya 11,30 %. Suku bunga bank saat ini sekitar 5,50 % ([www.bi.go.id](http://www.bi.go.id), edisi 15 agustus 2018), jadi syarat minimum DCFR lebih besar dari suku bunga pinjaman di bank.

Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik *Bisphenol A* dari *Acetone* dan *Phenol* dengan kapasitas 50.000 Ton/Tahun ini layak dan dapat didirikan.

## 5.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep – konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut :

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik - pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.



## DAFTAR PUSTAKA

- BPS, 2012-2016, *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia Impor*
- Brownell, L.E., Young, E.H., 1959, *Process Equipment Design Vessel Design*, Michigan
- Kern, D.Q., 1950, *Process Heat Transfer*, McGraw Hill International Book Company, Singapura
- Aries, R.S., Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw-Hill Book Company, New York
- Kirk, R.E., Othmer, V.R., 1999, *Encyclopedia of Chemical Technology*, John Wiley & Sons Inc., New York
- Ludwig, E.E., 1965, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, volume 1, Gulf Publishing Company, Houston
- Perry, R.H., Green, D., 1999, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7<sup>th</sup> ed., McGraw Hill Companies Inc., USA.
- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., West, R.E., 2003, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 5<sup>th</sup> ed., Mc-Graw Hill, New York.
- Powell, S.T., 1954, *Water Conditioning for Industry*, 1<sup>st</sup> ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Raymond, D.L., 1999, *Water Quality and Treatment*, 5<sup>th</sup> ed., Mc Graw Hill, USA



- Treybal, R.E., 1984, *Mass Transfer Operation*, 3<sup>rd</sup> ed., McGraw Hill  
International Book Company, Japan
- Ullman's, 1988, *Encyclopedia of Industrial Chemistry*, vol.A11,  
VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim
- Vilbrandt, F.C., Dryden, C.E., 1959, *Chemical Engineering Plant Design*,  
4<sup>th</sup> ed.,  
McGraw-Hill Book Company, Japan
- Walas, S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, 3<sup>rd</sup> ed., Butterworths  
series in chemical engineering, USA
- Yaws, C.L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, McGraw Hill  
Companies Inc., USA
- EP Patent 0683761B1, 1994
- US Patent 4400555A, 1981
- US Patent 20080091051A1, 2008

## LAMPIRAN

### PERHITUNGAN REAKTOR

Fungsi : Mereaksikan *Acetone* dan *Phenol* menjadi *Bisphenol A* dengan bantuan katalis padat *Styrene Divynil Benzene*.

Tipe : *Fixed Bed Reactor*

Kondisi Operasi : Eksotermis pada suhu 50°C - 80°C, 1 atm.  
(EP Patent 0683761B1, 1994)

Pendingin : Water.

Cara Kerja : Reaktor ini menggunakan katalis yang berupa padatan yang sifatnya tetap atau tidak kemana-mana hanya di dalam reaktor saja. Fixed Bed dalam prinsipnya melakukan pengontakan langsung antara pereaktan dengan partikel-partikel katalis.

#### Umpan masuk

C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O = 2248,361 Kg/jam

H<sub>2</sub>O = 138,149 Kg/jam

C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O = 36438,950 Kg/jam

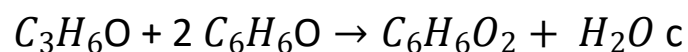
C<sub>15</sub>H<sub>16</sub>O = 0

#### Neraca Massa

Konversi reaksi = 70%

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Perancangan} &= 50.000 \frac{\text{Ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg} \times 1 \text{ ton} \times 1 \text{ hari}}{1 \text{ ton} \times 330 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}} \\ &= 6.313,13 \text{ Kg/jam} \\ &= 27,689 \text{ Kmol/Jam} \end{aligned}$$

Reaksi



### Hasil Reaksi

C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O = 674,508 Kg/jam  
H<sub>2</sub>O = 671,480 Kg/Jm  
C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O = 31337,497 Kg/jam  
C<sub>15</sub>H<sub>16</sub>O = 6186,868 Kg/jam

### Neraca Panas

T<sub>in</sub> = 50 °C

T<sub>out</sub> = 80 °C

T<sub>ref</sub> = 25 °C

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

$$\Delta H = n \cdot C_p$$

Aliran 3

<b>Komponen</b>	<b>Massa (Kg/jam)</b>	<b>BM (Kg/Kmol)</b>	<b>Mol (Kmol/Jam)</b>	<b>Cp (Kj/Kmol)</b>	<b>ΔH (Kj/Jam)</b>
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	2248,361	58,000	38,765	29,871	1157,953
H <sub>2</sub> O	138,149	18,000	7,675	90,931	697,890
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	36438,950	94,000	387,648	9,573	3710,884
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>38870,354</b>	<b>170,000</b>	<b>434,088</b>	<b>216,779</b>	<b>28099,992</b>

Aliran 4

Komponen	Massa (Kg/jam)	BM (Kg/Kmol)	Mol (Kmol/Jam)	Cp (Kj/Kmol)	ΔH (Kj/Jam)
C3H6O	674,508	58,000	11,629	61,290	712,765
H2O	626,586	18,000	34,810	90,931	3165,328
C6H6O	31337,497	94,000	333,378	64,559	21522,548
C15H16O2	6186,868	228,000	27,135	-36,429	988,522
<b>Total</b>	<b>38825,460</b>	<b>398,000</b>	<b>406,953</b>	<b>180,350</b>	<b>26389,163</b>

Reaksi Pembentukan

Komponen	Input Reaktor		Output Reaktor		ΔHf 298 (Kj/kmol)
	Mole Flow	Mass Flow	Mole Flow	Mass Flow	
	<i>kmol/jam</i>	<i>kg/jam</i>	<i>kmol/jam</i>	<i>kg/jam</i>	
C3H6O	38,765	2248,361	11,629	674,508	127,502
H2O	7,675	138,149	0,000	0,000	75,557
C6H6O	387,648	36438,950	333,378	31337,497	205,162
C15H16O2	0,000	0,000	27,135388	6186,868	436,795
<b>Total</b>	<b>434,088</b>	<b>38825,460</b>	<b>372,142</b>	<b>38198,873</b>	<b>845,016</b>

$$Q_{\text{reaksi produk (Hout)}} \text{ (Panas pembentukan produk)} = \text{mol output} \times H_f \\ = 81.731,92 \text{ Kj/Jam}$$

$$Q_{\text{reaksi reaktan (Hin)}} \text{ (panas pembentuka reaktan)} = \text{mol input} \times H_f \\ = 85.053,36 \text{ Kj/Jam}$$

$$dH_r \text{ (Panas reaksi pada pembentukan standar)} = -3.321,439 \text{ Kj/Jam}$$

$dH_r$  *negative* menandakan reaksi berjalan eksotermis.

Untuk mencari arah reaksi:

Diperoleh nilai Gf pada T=298K berdasarkan Tabel 13.2 (Yaws, 1999)

C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	-153,05
H <sub>2</sub> O	-228,6
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	-32,89
C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	-9,42

Persamaan (Smith and Van Ness, 1975):

$$\Delta G^{\circ} = \sum(n\Delta G^{\circ} \text{ produk}) - \sum(n\Delta G^{\circ} \text{ reaktan})$$

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K$$

Maka:

$$K = \exp(-\Delta G^{\circ} / RT)$$

Dimana:

$\Delta G^{\circ}$  : Energi bebas Gibbs standard (Kj/mol)

T : Temperature (K)

R : Tetapan gas ( $8,314 \times 10^{-3}$ ) (Kj/mol)

K : konstanta kesetimbangan pada 298 K

Sehingga diperoleh:

$$\Delta G^{\circ} = -52,08 \text{ Kj/mol}$$

$$K = 1346237937$$

Dari persamaan (Smith & Van Ness, 1975)

$$\ln(K/K_1) = -(\Delta H_{298}/R) \times (1/T - 1/T_1)$$

Dimana:

K<sub>1</sub> = Konstantan kesetimbangan pada T<sub>1</sub>

T<sub>1</sub> = Temperature (K)

$\Delta H_{298}$  = Panas reaksi pada suhu 298 K

$$\ln(K/K_1) = -26,398309$$

$$K/K_1 = 3,4305E-12$$

$$K_1 = 3,9243E+20$$

Nilai K<sub>1</sub> sangat besar sehingga reaksi dianggap berjalan searah.

$$\sum Q_{\text{total}} = Q_{\text{keluar}} - Q_{\text{reaksi}} + Q_{\text{masuk}}$$

$$= 57.810,59 \text{ Kj/Jam}$$

$$Q_{\text{input}} + Q_{\text{pembentukan}} = Q_{\text{out}} + Q_{\text{pendingin}}$$

$$Q_{\text{pendingin}} = 59.521,423 \text{ Kj/Jam}$$

Media pendingin yang digunakan adalah cooling water dengan suhu masuk ( $T_{in} = 25^{\circ}\text{C}$ ) dan Suhu Keluar ( $T_{out} = 45^{\circ}\text{C}$ ).

$C_p$  air pada  $25^{\circ}\text{C} = 75,557 \text{ Kj/Kmol}$

$C_p$  air pada  $45^{\circ}\text{C} = 75,202 \text{ Kj/Kmol}$

$$H = C_p \cdot \Delta T$$

$$\Delta H = \Delta H_{out} - \Delta H_{in}$$

Sehingga,

$$\Delta H = 1.504,040 \text{ Kj/Kmol}$$

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

$$m = (Q/\Delta H) \times Mr.H_2O$$

$$= 712,338 \text{ Kg/ Jam}$$

### 1. Menentukan jenis reactor

Dipilihnya reaktor jenis Fixed-Bed Single Bed ini dengan pertimbangan sebagai berikut (Smith,R., 2005):

- Zat pereaksi berupa fasa liquid dengan menggunakan katalis padat
- Deaktivasi katalis dapat berjalan lambat sehingga umur katalis lebih panjang (sekitar 1 tahun atau lebih)
- Penggunaan katalis lebih maksimal dikarenakan katalis tidak ikut terbawa oleh aliran produk.

Proses produksi Bisphenol A dengan menggunakan reactor ini berdasarkan pada US Patent 20080091051A1.

## 2. Perhitungan Desain Reaktor

Laju Alir = 35.327,425 Kg/jam

Densitas  $\rho = 431,2206 \text{ Kg/m}^3$

Laju Alir Volumetrik umpan total,  $Q_f$

$$Q_f = \frac{M_f}{\rho}$$

$$Q_f = \frac{35.327 \text{ kg/jam}}{431,2206936 \text{ Kg/m}^3} = 81,924 \text{ m}^3 / \text{Jam}$$

Sesuai dengan data hasil penelitian pada jurnal “Synthesis of bisfenol-A : comparison of efficacy of ion exchange resin catalysts vis-à-vis heteropolyacid supported on clay and kinetic modelling” diperoleh nilai :

$$k_1 = 2 \times 10^{-5} / \text{s} = 0,072 / \text{jam}$$

$$C_a = C_{a0} - C_{a0} \cdot X_a = C_{a0} \cdot (1 - X_a)$$

$$r_a = k \cdot C_a = k \cdot C_{a0} (1 - X_a)$$

$$F_a = \text{Umpan mol masuk aseton mula-mula} \\ = 38,76484 \text{ Kmol/Jam}$$

$$C_{a0} = F_a / Q_f = 0,471793 \text{ kmol/m}^3$$

$$W = F_a \times \int_0^{X_a} \frac{dX_a}{r_a}$$

$$W = F_a \times \int_0^{X_a} \frac{dX_a}{0,072 \times 0,471929 \times (1 - X_a)}$$

Dimana,  $X_a = 0,7$

Sehingga, hasil integral = 35,43296

**Data Katalis,***(www.lenntech.com)*

Nama = Styrene Divynil Benzene

W = 1373,553296 Kg

Porositas.  $\Phi$  = 0,36Bulk Density = 600 g/L = 600 Kg/m<sup>3</sup>

Diameter = 1,25 mm = 0,00125 m

**Menghitung Volume Reaktor (Vr)**

$$Vr = \frac{\text{Volume of solid}}{1-\phi}$$

*(Fogler,1999)*

$$\text{Volume katalis} = \frac{W}{\text{Bulk Density}} = 2,289255494 \text{ m}^3$$

$$Vr = \frac{2,289255494 \text{ m}^3}{1-0,36} = 3,57696171 \text{ m}^3$$

Tinggi tumpukan katalis

$$Z = \frac{4 \times W}{\phi \times ID^2 \times \text{Densitas katalis}} = 1,9544 \text{ m}$$

$$= 76,94631 \text{ in}$$

Safety factors =20%

$$\begin{aligned} Vr &= 20\% \times 3,57696171 \text{ m}^3 \\ &= 4,292354052 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



## Dimensi Reaktor

*Vessel* bertekanan memiliki perbandingan antara tinggi dan diameter sebesar 3:1 (Walas, 1990).

$$\begin{aligned}3D &= H \\D &= 1/3 H \\V_r &= \pi \cdot r^2 \cdot H \\4,292354052 \text{ m}^3 &= 3,14 \times (0,5D)^2 \times (3D) \\D^3 &= 1,822655648 \text{ m}^3 \\D &= 1,2215227 \text{ m} \\r &= 0,61076135 \text{ m} \\H &= 3,664568099 \text{ m} \\&= 144,2743 \text{ in}\end{aligned}$$

### 3. Mechanical Design

#### 1. Shell

##### a. Tekanan desain

Diambil 20 % (*Rase & Barrow page 208*)

$$\begin{aligned}\text{Tekanan Operasi} &= 1 \text{ atm} \\&= 14,7 \text{ psi} \\&= 14,8948 \text{ bar}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tekanan Desain} &= 1,2 \text{ atm} \\&= 17,64 \text{ psi} \\&= 17,8737 \text{ bar}\end{aligned}$$

b. Tebal dinding *Shell*

Bahan konstruksi = Stainless Steel SA 167 Tipe 316

Tebal dinding shell dihitung dengan persamaan :

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

Eq 13.1, P.254, Brownell, 1959)

Dimana,

ts = tebal dinding shell (in)

P = tekanan design (psi)

r = radius dalam shell (in)

$$r = \frac{ID_s}{2}$$

E = efisiensi sambungan

f = allowable working stress (psi)

c = faktor korosi (in)

Dari tabel 13.1 P.251 Brownell, 1959. Diperoleh:

Tekanan yang diijinkan (f) = 18750 psi

Efficiency pengelasan (E) = 0,8

Faktor korosi (c) = 0,125

D = 1,2215227 m = 48,0914 in

Sehingga, r standar = 54 in

ts = 0,188541362 in

ts standar = 0,25 in

OD = ID + 2ts

= 48,0914 in + (2 x 0,25 in)

= 48,5914 in

= 1,2342 m

Dari tabel 5.7, P.91, Brownell,1959.

dipilih OD standar = 54 in  
= 1,3716 m

c. Bahan Konstruksi

Bahan : Stainless Steel SA 167 Tipe 316

Pertimbangan :

- suhu operasi kurang dari 900 F
- material ini biasa digunakan karena bagus untuk reaktor dengan shell yang tebal
- korosifitas

2.

*Head Reactor*

a. Bentuk *head*

Bentuk head yang dipilih adalah Torispherical dished Head dengan pertimbangan tekanan operasi yang masih dibawah 15 Bar. (*Brownel and Young, 1959 p.92*).

b. Bahan konstruksi

Bahan : Stainless Steel SA 167 Tipe 316

c.

Tebal *head*

Dari tabel 5.7 Brownell hal.90, diperoleh:

ODs = 54 in

ts = 0,25 in

sehingga didapat:

icr = 3,25 in

r = 54 in

a =  $ID_s/2$  = 24,0457 in

AB = a – icr = 20,7967 in

$$\begin{aligned} BC &= r - icr &&= 50,75 \text{ in} \\ AC &= (BC^2 - AB^2)^{1/2} &&= 7,7064 \text{ in} \end{aligned}$$

$$t_h = \frac{P \cdot r_c \cdot w}{2fE - 0,2P} + C \quad \text{(Persamaan 7.77 Brownell and Young, 1959 hal :138)}$$

$$P = P_{design} - P_{operasi} = 2,94 \text{ psi}$$

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

$$\begin{aligned} W &= 1,769049331 \\ th &= 0,134361993 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari tabel Brownell hal 350, dipilih:

$$th = 0,1875 \text{ in}$$

d. Tinggi head

Dari tabel 5.6 Brownell hal.88

Dengan th 0,137 in didapat sf = 1.5 - 2 in

Dipilih sf = 2

$$\begin{aligned} hH &= th + b + sf \\ &= 9,8407 \text{ in} \\ &= 0,8201 \text{ ft} \\ &= 0,25 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Tinggi total reaktor (HR)

$$HR = \text{Panjang bed} + 2 \text{top tinggi head}$$

$$\begin{aligned}HR &= 163,9558 \text{ in} \\ &= 13,6630 \text{ ft} \\ &= 4,1645 \text{ m}\end{aligned}$$

4. Diameter Optimum

Direncanakan diameter pipa masuk dan keluar sama, karena debit aliran sama.

$$\begin{aligned}\text{umpan masuk, L} &= 38870,3535 \text{ Kg/jam} \\ &= 10,79732042 \text{ Kg/dtk} \\ \rho \text{ avg} &= 0,4312 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Diameter Optimum} &= 226 L^{0,5} \rho^{-0,35} \quad (\text{Coulson,161}) \\ &= 996,8310935 \text{ mm} \\ &= 9,96831093 \text{ m} \\ &= 39,25 \text{ in}\end{aligned}$$

**4. Jaket Pendingin**

$$\begin{aligned}T_{\text{in}} &= 25^\circ\text{C} \\ T_{\text{out}} &= 45^\circ\text{C} \\ OD &= 1,3716 \text{ m} \\ H &= 3,664568 \text{ m} \\ Id &= \text{Diameter reaktor beserta jaket}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Flow rate air pendingin} &= 712,338 \text{ Kg/jam} \\ \text{Densitas, pada } T_{\text{out}} &= 0,721585623 \text{ gr/mL} \\ &= 721,5856 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Waktu Tinggal} &= 0,05 \text{ jam}\end{aligned}$$

volumetric flowrate = massa/densitas  
= 1,002 m<sup>3</sup>/jam

Volume Jacket

Volume jacket = volumetric fr x waktu tinggal  
= 0,050 m<sup>3</sup>

**Tebal Jacket Pendingin,** (Stanley M. Walas, 1990)

a. Diameter dalam jacket

Asumsi jarak = 2 in = 0,0508 m

Diameter dalam jacket = OD + (2 x jarak jacket)  
= 1,4732 m

b. Tinggi jacket pendingin

H = H<sub>s</sub> = 3,664568099 m

c. Tekanan

Tekanan Hidrostatik = rho x g x h

= 35912,76737 Pa

= 35,91276737 KPa

Tekanan Operasi = 101,3250 KPa + 35,91276737 KPa

= 137,2378 KPa

Tekanan Desain = 1,2 x 137,2378 KPa

= 164,6853208 KPa

d. Tebal Jacket pendingin

$$t = \frac{PxR}{SE - \overline{P}} + C$$

Tabel 4, Peters (1991)

P	= Tekanan Desain, N/m <sup>2</sup>	= 1,625318 atm
R	= Radius Dalam, m	= 1,4732 m
S	= Tegangan Maksimal, N/m <sup>2</sup>	= 18700 psi
Ej	= <i>Joint Efficiency</i>	= 0,85
CC	= <i>Corrosion Allowance</i>	= 0,125 in

Sehingga,

$$t = 0,12515064 \text{ in}$$

maka dipilih tebal jaket standard = 0,25 in = 0,00635 m

e. Diameter luar jaket

$$\begin{aligned} \text{Diameter luar jaket} &= \text{Diameter dalam jaket} + (2 \times \text{tebal jaket}) \\ &= 1,4859 \text{ m} \end{aligned}$$

### 5. Diameter Nozzle pemasukan dan pengeluaran

$$Di_{opt} = 3.9 Qf^{0.45} \rho^{0.33}$$

*persamaan 45, Peters (2000)*

Di = diameter nozel opt, in

Qf = debit fluida, ft<sup>3</sup>/s

Tinput = 50°C

Komponen	BM (kg/kmol)	mass flowrate (kg/jam)	mol flowrate (kmol/jam)	fraksi mol	BMi (kg/kmol)	Densitas (gr/ml)
C3H6O	58	2248,3607	38,7648	0,0887	5,1499	0,1180
H2O	18	138,149	10,1691	0,0233	0,4193	0,1330
C6H6O	94	36438,9496	387,6484	0,8879	83,4641	0,1802
C15H16O	228	0	0,0000	0	0	0
Total	398	38870,3535	436,5823	1	89,0333	0,4312

BM campuran = 89,0333 Kg/Kmol  
 Densitas = 0,4312 gr/ml= 26,92025 lb/ft<sup>3</sup>  
 Mass flowrate = 38870,35353 Kg/jam  
 = 23,78866 lb/s

Qf = mass flowrate/ densitas  
 = 0,8837 ft<sup>3</sup>/s

Di = 10,9351 in

Kemudian diambil ukuran pipa standart dari Table 11 Kern (1950):

IPS = 12 in  
 OD = 12,75 in  
 Schedule no. = 30  
 ID = 12,09 in

Toutput = 80 °C

Komponen	BM (kg/kmol)	mass flowrate (kg/jam)	mol flowrate (kmol/jam)	fraksi mol	BMi (kg/kmol)	Densitas (gr/ml)
C3H6O	58	674,508216	11,6295	0,0285769	1,65746	0,12357391
H2O	18	626,5864014	34,8104	0,08553905	1,539703	0,13723111
C6H6O	94	31337,49666	333,3776	0,81920461	77,00523	0,18536187
C15H16O	228	6186,868464	27,1354	0,06667944	15,20291	0,1253691
total	398	38825,45974	406,9528	1	95,40531	0,571536

BM campuran = 94,9338 Kg/Kmol  
 Densitas = 0,5619 gr/ml= 35,0794 lb/ft<sup>3</sup>  
 Mass flowrate = 38825,4597 Kg/jam  
 = 23,78866 lb/s



$$Q_f = \text{mass flowrate} / \text{densitas}$$

$$= 0,666 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$D_i = 10,566 \text{ in}$$

Kemudian diambil ukuran pipa standart dari Table 11 Kern (1950):

$$\text{IPS} = 12 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 12,75 \text{ in}$$

$$\text{Schedule no.} = 30$$

$$\text{ID} = 12,09 \text{ in}$$

## 6. Penentuan Letak Katalis

Reaktor Fixed Bed jenis Single Bed adalah reaktor dengan satu tumpukan Katalisator.

### 1. Tebal Grid Support

Grid support berfungsi untuk menyangga tumpukan katalis dan mencegah kelebihan Pressure Drop. (*Rase, 1977*)

Dipilih desain grid:

Plate = Perforated Plate

Bahan konstruksi = Stainless Steel SA 167 tipe 316

Asumsi,

$$\begin{aligned} \text{Luas Penyangga (A}_p) &= 1/2 \times \text{Luas shell} \\ &= 1/2 \times (1/4 \text{ IDs})^2 \\ &= 0,0466 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

## 2. Inert Katalis

Diatas peyangga ditempatkan bola-bola inert (keramik/alumunia) dengan tebal 3" - 6". Inert katalisator berfungsi untuk membantu distribusi aliran fluida dan mencegah kontaminasi bed dari bahan yang tidak diinginkan.

Dipilih inert dari bahan keramik dengan penyusunan sistem cubic.

Densitas keramik = 2000 - 3000 Kg/m<sup>3</sup>

Penysunan bola inert diatas bed:

1. 6" layer bola inert berukuran 1"
2. 6" layer bola inert berukuran 1/2"

Inert dibawah bed (didas grid):

1. 3" layer bola inert berukuran 1/4"
2. 4" layer bola inert berukuran 1/2"
3. 5" layer bola inert berukuran 3/4"

*Perforated plate* memiliki lubang degan luas sama dengan 50% luas total yube.

$$\begin{aligned}\text{Luas total pipa} &= Nt \times at \\ &= 16,39837359 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas peforated plate} &= 0,5 \times \text{Luas total pipa} \\ &= 8,199186793 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tekanan karena katalis} &= \text{Berat katalis} / \text{Luas penahan katalis} \\ &= 167,5231 \text{ Kg/m}^2 \\ &= 0,2345 \text{ psi}\end{aligned}$$

### 3. Tebal *Plate*

$$t = d \sqrt{C'' \left(\frac{P}{f}\right)}$$

persamaan 13.27 Brownell&Young (1959)

Dimana,

t= tebal *plate*, in

d= diameter *plate*, in

P= tekanan desain, psi

f= tegangan maksimum yg diizinkan pada bahan grid, psi  
=18,75 psi

C= konstanta dari app H, C''= 0,75

Sehingga,

t = 1,5178 in

### 4. Tebal *Grid Support*

$$tp = Cph \times Dp \sqrt{\frac{\Delta P}{(\lambda \times f)}} + C$$

Dimana,

tp = tebal grid, in

Cph = Konstanta desain = 1,1

Dp = Diameter *Shell* , in

Lambda = ligament effeciency, = 0,5

C = corrosion allowane = 0,25

f = max allow stress = 18,75 psi

Sehingga,

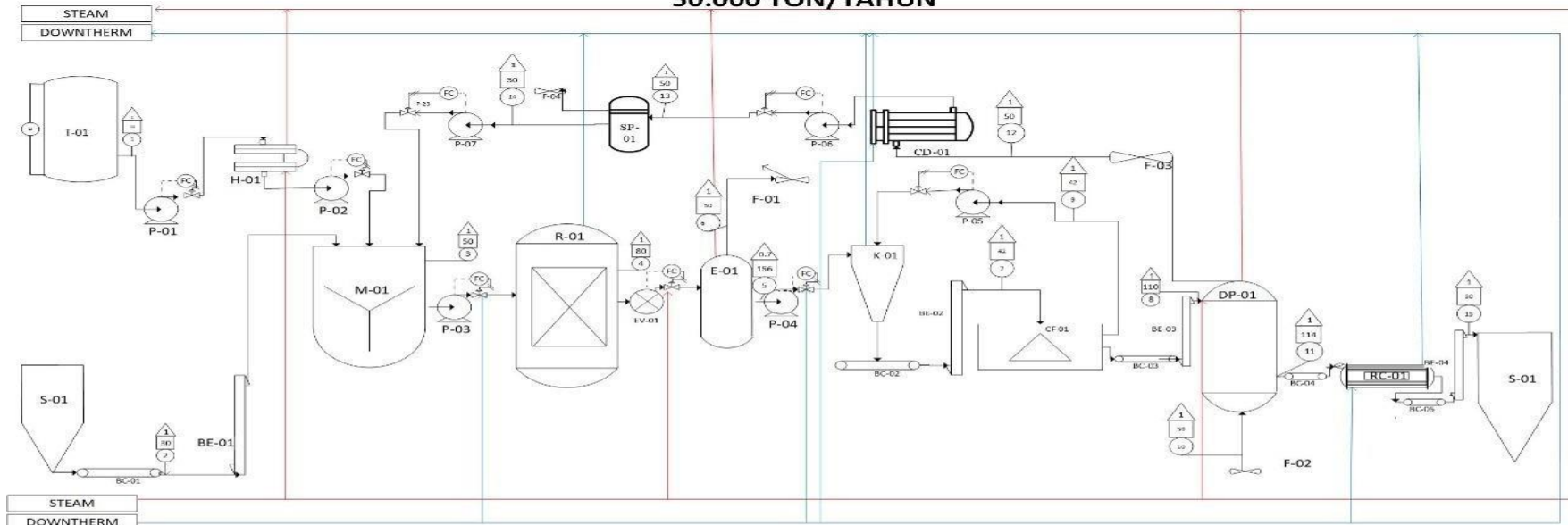
tp = 4,05099723 in

Diambil tp standar = 5 in

<b>Katalis Dalam Reaktor</b>		
Tinggi reaktor total	164	in
Tinggi ruang kosong atas	19	in
Tinggi head	10	in
Layer 1	6	in
Layer 2	6	in
Tinggi katalis	77	in
Layer 3	3	in
Layer 4	4	in
Layer 5	5	in
Tebal grid support	5	in
Tinggi ruang kosong bawah	19	in
Tinggi bottom	10	in
Total	164	in

# PEFD

## PRA RANCANGAN PABRIK BISPHENOL A DARI ACETONE DAN PHENOL DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN



	NO ARUS (KG/JAM)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CH3CO	2248,4	-	2248	674,51	-	674,5	-	-	-	-	-	-	62,66	62,66	62,66
H2O	-	-	136,1	626,59	125,9	583,9	333,29	62,66	250,6	-	-	-	62,66	62,66	62,66
C6H5OH	-	5278	36439	31337	31337	32324	31337	986,7	-	123,7	31213,76	31213,76	31213,76	123,74	-
C15H16O2	-	-	6186,9	6187	-	6578,5	6186,9	391,7	-	6187	-	-	-	-	6186,87
H2	-	-	-	-	-	-	-	-	90155	90155,20	90155,20	-	-	-	-

KETERANGAN SIMBOL	
	: TEKANAN, ATM
	: SUHU, CELSIUS
	: NO ARUS
	: ARUS PROSES
	: ARUS STEAM
	: ARUS DOWNTHERM
	: CONTROL VALVE
	: ARUS SINYAL PNEUMATIC
	: ARUS SINYAL LISTRIK

KETERANGAN ALAT	
FC	: FLOW CONTROLLER
LC	: LEVEL CONTROLLER
TC	: TEMPERATURE CONTROLLER
RC	: RATIO CONTROLLER
LI	: LEVEL INDICATOR

KETERANGAN INSTRUMEN	
T	: TANGKI
H	: HEATER
R	: REAKTOR
M	: MIXER
CD	: CONDENSER
P	: POMPA
EV	: EXPANSION VALVE
C	: COMPRESSOR
F	: FAN
K	: KRISTALISER
CF	: CENTRIFUGE
E	: EKSPANDORATOR
S	: SILO
RC	: ROTARY COOLER



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM  
PABRIK BISPHENOL A DARI ACETONE DAN  
PHENOL DENGAN KAPASITAS 50000 TON/TAHUN**

Dikerjakan Oleh :

1. Fadya Syahrani (16521084)
2. Naufal Shalauddin (16521149)

Dosen Pembimbing :

1. Suharno Rusdi, Ph.D.
2. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng

## REVISI

1. Untuk memastikan aseton dan fenol tercampur dengan sempurna, sebaiknya arus aseton dipanaskan sampai suhu reaksi dan mixer dilengkapi dengan pemanas.

Revisi: Poin PEFD Lampiran halaman 174, untuk neraca massa halaman 68, neraca panas halaman 72, Spek Mixer halaman 28.

2. Evaluasi kembali pemilihan reaktor, tambahkan alasan spesifik pemilihan reaktor (di Lampiran perancangan reaktor). Tunjukkan juga sumber yang relevan sebagai bukti pendukung pemilihan reaktor.

Revisi: Lampiran halaman 159.

3. Di spesifikasi dan lampiran tertulis reaktor single bed, namun gambar di PEFD multibed.

Revisi: PEFD halaman 174

4. Menaikkan tekanan cairan bukan dengan kompressor.

Revisi: Tidak jadi digunakan karena adanya perubahan PEFD.

5. Proses pemisahan setelah reaktor harus dirancang ulang. Pastikan merujuk pada proses produksi yang umum digunakan dan bersumber pada referensi yang terpercaya (paten, paper dari jurnal, atau buku). Proses yang menghasilkan produk berupa padatan biasanya melalui tahap pemekatan (opsional, dengan evaporator), kristalisasi, pemisahan kristal dari mother liquor, dan pengeringan produk. Dari EP Patent 0683761B1 bahkan dijelaskan bahwa distilasi tidak diperlukan untuk mengambil sisa fenol.

6. Revisi dari poin 5 memiliki konsekuensi adanya perubahan pada: uraian proses, spesifikasi alat, neraca massa dan panas, diagram alir kualitatif dan kuantitatif, layout alat proses, utilitas (dengan modifikasi proses tidak perlu dowtherm, kebutuhan steam juga akan berkurang jika MD dihilangkan), evaluasi ekonomi (harga alat), dan PEFD. Pastikan semua bagian tersebut disesuaikan dengan rancangan yang baru.

Revisi: Semua berubah dari NM halaman 68, NP halaman 72, Diagram alir halaman 66-67, layout alat proses halaman 65, utilitas halaman 89 dan evaluasi ekonomi halaman 119.

**Penguji** : Umi Rofiqah, S.T., M.T.  
**Berperan sebagai** : Anggota Penguji 2  
**Nama Mahasiswa 1** : Fadya Syahrani  
**Nama Mahasiswa 2** : Naufal Shalahuddin

**Komentar Umum:**

kerapian naskah, kesalahan redaksional penulisan dan sejenisnya, penulisan senyawa kimia diperbaiki subskripnya dan disertai persamaan reaksi kimia, semua data dan informasi yang disitasi dituliskan sumber dan penulisan sitasi yang benar

Revisi: Sudah direvisi.

**Komentar Khusus: Bab I (Pendahuluan) dan II (Perancangan Produk):**

kerapian dan Tabel 1.1, kerapian Gambar 1.1, penulisan T besar pada kata Tabel dalam kalimat “Berdasarkan table diatas, dibuat grafik hubungan antara tahun dan jumlah impor Bisphenol A”, nomer persamaan hanya pada persamaan umum saja, perhitungan tdk ditu

Revisi: BAB I halaman 2-9.

**Komentar Khusus: Bab III (Perancangan Proses):**

Tunjukkan apakah reaksi pembentukan BPA berjalan secara reversible atau irreversible, Cara mengetahui reaksi berjalan secara eksotermis dan endotermis, Penjelasan bahan beresiko rendah,

Revisi: Uraian Proses halaman 26-27.

**Komentar Khusus: Bab IV (Perancangan Pabrik):**

-

**Komentar Khusus: Bab V (Kesimpulan dan Saran), Daftar Pustaka, dan Lampiran:**

-

**Komentar Khusus: PEFD**

-  
**Komentar tambahan lainnya (jika ada): -**

