

**PRARANCANGAN PABRIK *BISPHENOL A* DARI *ACETONE* DAN  
*PHENOL* DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN  
(Perancangan Reaktor (RE-201))**

**(Skripsi)**

**Oleh:**

**RIZKY ABDILLAH  
(1715041032)**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### PRARANCANGAN PABRIK *BISPHENOL A* DARI *ACETONE* DAN *PHENOL* DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

(Perancangan Reaktor (RE-201))

Oleh

**RIZKY ABDILLAH**

*Bisphenol A* merupakan zat kimia yang banyak digunakan sebagai bahan intermediat (*binding*, *plasticizing*, dan *hardening*) dalam pembuatan polikarbonat dan resin epoksi. *Bisphenol A* umumnya dihasilkan dari reaksi antara *acetone* dan *phenol* dengan katalis asam. Penyediaan kebutuhan *bisphenol a* dalam negeri masih sepenuhnya diperoleh dari impor, sehingga peluang untuk didirikannya pabrik *bisphenol a* memiliki prospek yang bagus. Penyediaan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air serta penyedia udara dan instrumentasi. Kapasitas produksi pabrik *bisphenol a* direncanakan sebesar 20.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di Serang, Banten. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 154 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *line* dan *staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp415.977.051.740
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp73.407.715.013
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp489.384.766.753
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 35%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 27%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) <sub>b</sub> = 1,57 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sub>a</sub> = 1,89 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) <sub>b</sub> = 46%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) <sub>a</sub> = 37%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF) = 32%

Berdasarkan hasil analisis diatas, maka pendirian pabrik *bisphenol a* ini layak untuk dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dari sisi ekonomi dan mempunyai prospek yang relatif baik.

## **ABSTRACT**

### **MANUFACTURING OF BISPHENOL A FROM ACETONE AND PHENOL WITH CAPACITY 20.000 TONS/YEAR (Design of Reactor (RE-201))**

**By**

**RIZKY ABDILLAH**

*Bisphenol A is a chemical substance widely used as an intermediate material (binding, plasticizing, and hardening) for polycarbonate and epoxy resin manufacture. Bisphenol A commonly produced by reaction of acetone and phenol in the presence of acid catalyst. Domestic supply of Bisphenol A is still fully obtained from import, so the opportunity to establish Bisphenol A plant has good prospects. Provision of plant utilities in the form of water treatment and supply systems as well as air supply and instrumentation. The production capacity of the Bisphenol A plant is planned to be 20.000 tons/year with 330 working days in 1 year. The factory location is planned to be established in Serang, Banten. The required labors are 154 people with a bussines entity form Limited Liability Company (PT) with a line organizational structure.*

*From the economic analysis are obtained:*

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp415.977.051.740
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp73.407.715.013
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp489.384.766.753
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 35%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 27%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) <sub>b</sub> = 1,57 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sub>a</sub> = 1,89 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) <sub>b</sub> = 46%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) <sub>a</sub> = 37%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF) = 32%

*Based on the above consideration, the establishment of bisphenol a plant should be studied further, because it is a profitable plant from an economic standpoint and has relatively good prospects.*

**PRARANCANGAN PABRIK *BISPHENOL A*  
DARI *ACETONE* DAN *PHENOL* DENGAN  
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201))**

**Oleh  
Rizky Abdillah  
1715041032**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



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

**2023**

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK *BISPHENOL A***  
**DARI *ACETONE* DAN *PHENOL* DENGAN**  
**KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**  
**(Tugas Khusus Perancangan Reaktor**  
**(RE-201))**

Nama Mahasiswa : **Rizky Abdillah**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1715041032

Program Studi : Teknik Kimia

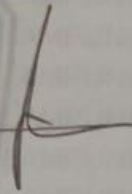
Fakultas : Teknik

**MENYETUJUI**

1. **Komisi Pembimbing**

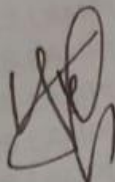


**Dr. Herti Utami, S.T., M.T.**  
NIP. 197112192000032001



**Donny Lesmana, S.T., M.Sc.**  
NIP. 198410082008121003

2. **Ketua Jurusan**

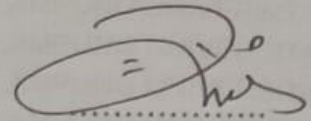


**Yuli Darni, S.T., M.T.**  
NIP. 197407122000032001

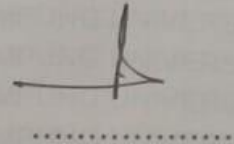
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Herti Utami, S.T., M.T.**

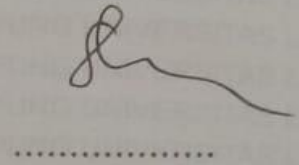


Sekretaris : **Donny Lesmana, S.T., M.Sc.**

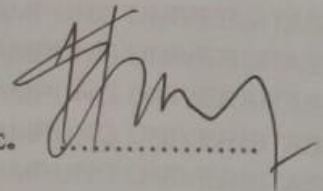


Penguji

Bukan Pembimbing I : **Simparmin Br. G, S.T., M.T.**



Bukan Pembimbing II : **Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Teknik



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. )**  
NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **15 November 2023**

## PERNYATAAN

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

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

Bandar Lampung, 27 November 2023



Rizky Abdillah

NPM. 1715041032

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandarlampung pada tanggal 10 Agustus 1999, anak pertama dari tiga bersaudara dari Bapak Syahpuddin dan Ibu Chulasoh.

Riwayat pendidikan penulis dimulai dari Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) Gajah Mada (2004-2005), SDN 1 Rawa Laut (2005-2011), SMPN 1 Bandar Lampung (2011-2014) dan menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 2 Bandar Lampung pada tahun 2017.

Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis melaksanakan kerja praktik di PT. Buma Cima Nusantara Pabrik Gula Cinta Manis, Sumatera Selatan dengan tugas khusus “Evaluasi Kinerja *Vacuum Pan A*” serta menjalankan penelitian yang berjudul “Inkorporasi *Mono Ammonium Phosphate* pada Komposit Karbon-Bentonit dengan *Binder* Pati Sagu dan *Carboxy Methyl Cellulose* Untuk Pupuk Lepas Lambat” selama kurang lebih 1 tahun di Laboratorium Kimia Terapan, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Mikrobiologi Laboratorium Mikrobiologi Teknik Kimia serta pernah mengikuti IConISTS 2023 (*International Conference on Industry, Science, Technology, and Sustainability 2023*) sebagai pembicara.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam berbagai organisasi antara lain sebagai Staff Departemen Riset Himatemia FT Unila Periode 2018, Sekretaris Umum Himatemia FT Unila Periode 2019, Staff Departemen Riset dan Teknologi BKKMTKI Daerah 1, serta Sekretaris Umum UKM Penelitian Unila 2020.



# *Motto dan Persembahan*

“Sesungguhnya Allah tidak akan merubah nasib suatu kaum kecuali kaum itu sendiri yang mengubah nasibnya”

(QS. Ar-Ra'd Ayat 11)

“The happiness thing in the world is knowing your parents smile because of you ”

(Anonim)

“Semua harus dijalani dan akan selesai pada waktunya. Jadi harus semangat dalam menjalani kehidupan yang sementara ini dan jangan membandingkan diri sendiri dengan orang lain. Ingat bahwa selalu ada Allah bersama kita”

(Rizky Abdillah)

*Sebuah Karya*

*Dengan sepenuh hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:*

***Allah SWT***

*Hanya dengan berkat Rahmat dan Ridho-nya aku dapat menyelesaikan karyaku ini dan mampu bertahan selama ini.*

***Kedua Orang Tuaku***

*Terima kasih atas segala doa, kasih sayang, pengorbanan, keikhlasan serta kesabarannya. Terimakasih untuk tidak menyerah dan terus mendukungku selama ini.*

***Kedua adikku***

*Terimakasih atas dukungan, doa dan motivasinya selama ini.*

***Sahabat-sahabatku,***

*Terimakasih atas dukungan, doa, bantuan dan ketulusannya selama ini.*

***Para Pengajar sebagai tanda hormatku,***

*Terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini baik itu berupa ilmu keteknikkimiaan maupun ilmu kehidupan yang tentunya sangat berguna dan bermanfaat.*

*Dan tak lupa kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta, semoga kelak berguna dikemudian hari.*

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik *Bisphenol A* dari *Acetone* dan *Phenol* dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

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

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


1. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung yang telah memberikan motivasi serta senantiasa mengingatkan dalam penyelesaian tugas akhir.
2. Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan dan motivasinya dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
3. Bapak Donny Lesmana, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan motivasinya dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
4. Ibu Simparmin Br. G., S.T., M.T. dan Ibu Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji I dan Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan kritiknya dalam penyelesaian tugas akhir, serta terima kasih telah mengaktifkan logika berfikir terhadap tugas akhir yang dikerjakan dan memberikan kemudahan untuk menyelesaikan studi di Teknik Kimia Universitas Lampung.
5. Ibu Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Pembimbing Penelitian yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi dan semangat selama masa kuliah.

6. Kedua orang tuaku yang telah banyak berkorban sehingga aku bisa menyelesaikan studi dan menjadi seorang Sarjana. Terimakasih untuk doa dan *support* tiada henti.
7. Indah Pratiwi Gultom sebagai partner Kerja Praktek, Penelitian hingga Tugas Akhir. Terimakasih karna sudah banyak membantu dan menemani disetiap tahapan untuk menuju Sarjana ini. Terimakasih juga karna telah menjadi teman yang sangat baik dan sabar.
8. Teman-temanku Angkatan 2017 yang sudah menemani dan saling mendukung selama ini. Terimakasih berkat kalian walaupun banyak cobaan saat perkuliahan namun terasa lebih ringan saat dilalui bersama.
9. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
10. Semua pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian dengan yang lebih baik dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Bandar Lampung, 27 November 2023

Penulis,



Rizky Abdillah

NPM. 1715041032

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>vii</b>
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>SANWACANA</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Kegunaan Produk.....	2
1.3 Kapasitas Pabrik.....	2
1.4 Lokasi Pabrik .....	7
<b>BAB II PEMILIHAN PROSES</b>	
2.1 Macam-Macam Proses .....	11
2.2 Pemilihan Proses .....	12
2.3 Uraian Proses .....	25
<b>BAB III SPESIFIKASI BAHAN</b>	
3.1. Bahan Baku.....	27
3.2. Produk.....	29
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI</b>	
4.1. Neraca Massa .....	30
4.2. Neraca Energi.....	33

**BAB V SPESIFIKASI ALAT**

- 5.1 Spesifikasi Alat Proses ..... 41
- 5.2 Spesifikasi Alat Unit Utilitas ..... 65

**BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH**

- 6.1. Unit Utilitas ..... 96

**BAB VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK**

- 7.1. Lokasi Pabrik ..... 116
- 7.2. Tata Letak Pabrik ..... 119
- 7.3. Estimasi Area Pabrik ..... 121

**BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI****PERUSAHAAN**

- 8.1. *Project Master Schedule* ..... 125
- 8.2. Bentuk Perusahaan ..... 127
- 8.3. Struktur Organisasi Perusahaan ..... 128
- 8.4. Tugas dan Wewenang ..... 132
- 8.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan ..... 144
- 8.6. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan ..... 145
- 8.7. Kesejahteraan Karyawan ..... 151

**BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI**

- 9.1. Investasi ..... 156
- 9.2. Evaluasi Ekonomi ..... 162

**BAB X SIMPULAN DAN SARAN**

- 10.1. Simpulan ..... 168
- 10.2. Saran ..... 169

**DAFTAR PUSTAKA****LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA****LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA ENERGI****LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT****LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITAS****LAMPIRAN E PERHITUNGAN EKONOMI DAN EVALUASI EKONOMI****LAMPIRAN F TUGAS KHUSUS PERANCANGAN REAKTOR (RE-201)**

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 1.1.</b> Konsumsi <i>Bisphenol A</i> pada Industri Resin Epoksi .....	3
<b>Tabel 1.2.</b> Konsumsi <i>Bisphenol A</i> pada Industri Polikarbonat .....	3
<b>Tabel 1.3.</b> Konsumsi <i>Bisphenol A</i> pada Industri <i>Adhesive</i> .....	4
<b>Tabel 1.4.</b> Konsumsi <i>Bisphenol A</i> pada Industri Cat .....	4
<b>Tabel 1.5.</b> Total konsumsi <i>Bisphenol A</i> di Indonesia.....	5
<b>Tabel 1.6.</b> Data Impor <i>Bisphenol A</i> di Indonesia .....	5
<b>Tabel 1.7.</b> Tinjauan Pemilihan Lokasi .....	7
<b>Tabel 2.1.</b> Data nilai ( $\Delta H^0_{f298}$ ) standar reaktan dan produk.....	13
<b>Tabel 2.2.</b> Nilai Konstanta Cp Pada Setiap Bahan.....	14
<b>Tabel 2.3.</b> Data Nilai ( $\Delta G^0$ ) Standar Reaktan dan Produk .....	16
<b>Tabel 2.4.</b> Senyawa dan BM.....	20
<b>Tabel 2.5.</b> Harga Pembelian Bahan Baku dalam 1 Jam Operasional.....	21
<b>Tabel 2.6.</b> Senyawa dan BM.....	22
<b>Tabel 2.7.</b> Harga Pembelian Bahan Baku dalam 1 Jam Operasional.....	24
<b>Tabel 2.8.</b> Perbandingan Proses Pembuatan <i>Bisphenol A</i> .....	24
<b>Tabel 4.1.</b> Neraca Massa pada <i>Melter Tank</i> (MT-101).....	31
<b>Tabel 4.2.</b> Neraca Massa pada <i>Reactor</i> (RE-201).....	31
<b>Tabel 4.3.</b> Neraca Massa Pada <i>Distillation Column</i> (DC-301) .....	32
<b>Tabel 4.4.</b> Neraca Massa <i>Distillation Column</i> (DC-302).....	32
<b>Tabel 4.5.</b> Neraca Massa <i>Distillation Column</i> (DC-303) .....	33
<b>Tabel 4.6.</b> Neraca Massa <i>Prilling Tower</i> (PT-401).....	33
<b>Tabel 4.7.</b> Neraca Energi pada <i>Melter Tank</i> (MT-101).....	34
<b>Tabel 4.8.</b> Neraca Energi pada Reaktor (RE-201) .....	34
<b>Tabel 4.9.</b> Neraca Energi pada <i>Heater</i> (HT-301) .....	35
<b>Tabel 4.10.</b> Neraca Energi Total <i>Distillation Column</i> (DC-301).....	35
<b>Tabel 4.11.</b> Neraca Energi Total <i>Distillation Column</i> (DC-302).....	36
<b>Tabel 4.12.</b> Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-301) .....	36

<b>Tabel 4.13.</b> Neraca Energi Total <i>Distillation Column</i> (DC-303).....	37
<b>Tabel 4.14.</b> Neraca Energi pada <i>Cooler</i> (CO-302) .....	37
<b>Tabel 4.15.</b> Neraca Energi pada <i>Cooler</i> (CO-303) .....	38
<b>Tabel 4.16.</b> Neraca Energi <i>Expansion Valve</i> (EV-301) .....	38
<b>Tabel 4.17.</b> Neraca Energi <i>Expansion Valve</i> (EV-302) .....	38
<b>Tabel 4.18.</b> Neraca Energi <i>Steam Ejector</i> (SE-301) .....	39
<b>Tabel 4.19.</b> Neraca Energi <i>Steam Ejector</i> (SE-302) .....	39
<b>Tabel 4.20.</b> Neraca Energi pada <i>Barometric Condensor</i> (BC-301) .....	39
<b>Tabel 4.15.</b> Neraca Energi Total pada <i>Prilling Tower</i> (PT-401).....	40
<b>Tabel 5.1.1</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-101).....	41
<b>Tabel 5.1.2</b> Spesifikasi <i>Silo Tank</i> (SI-101).....	42
<b>Tabel 5.1.3</b> Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-101).....	42
<b>Tabel 5.1.4</b> Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-101) .....	43
<b>Tabel 5.1.5</b> Spesifikasi <i>Melter Tank</i> (MT-101) .....	43
<b>Tabel 5.1.6</b> Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	45
<b>Tabel 5.1.7</b> Spesifikasi <i>Heater</i> (HT-301) .....	45
<b>Tabel 5.1.8</b> Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-301).....	45
<b>Tabel 5.1.9</b> Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301).....	46
<b>Tabel 5.1.10</b> Spesifikasi <i>Accumulator</i> (ACC-301) .....	47
<b>Tabel 5.1.11</b> Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301).....	48
<b>Tabel 5.1.12</b> Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-302).....	48
<b>Tabel 5.1.13</b> Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-302).....	49
<b>Tabel 5.1.14</b> Spesifikasi <i>Accumulator</i> (ACC-302) .....	50
<b>Tabel 5.1.15</b> Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301).....	50
<b>Tabel 5.1.16</b> Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-302).....	51
<b>Tabel 5.1.17</b> Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-303).....	52
<b>Tabel 5.1.18</b> Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-303).....	52
<b>Tabel 5.1.19</b> Spesifikasi <i>Steam Jet Ejector</i> (SE-301) .....	53
<b>Tabel 5.1.20</b> Spesifikasi <i>Steam Jet Ejector</i> (SE-302) .....	54
<b>Tabel 5.1.21</b> Spesifikasi <i>Barometric Condensor</i> (BC-301).....	55
<b>Tabel 5.1.22</b> Spesifikasi <i>Horizontal Hotwell Basin</i> (HWB-301) .....	55
<b>Tabel 5.1.23</b> Spesifikasi <i>Accumulator</i> (ACC-303) .....	56



<b>Tabel 5.1.24</b> Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-302).....	56
<b>Tabel 5.1.25</b> Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-303).....	57
<b>Tabel 5.1.26</b> Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-303).....	57
<b>Tabel 5.1.27</b> Spesifikasi <i>Prilling Tower</i> (PT-401).....	58
<b>Tabel 5.1.28</b> Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-401).....	59
<b>Tabel 5.1.29</b> Spesifikasi <i>Silo Tank</i> (SI-401).....	59
<b>Tabel 5.1.30</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP – 101) .....	60
<b>Tabel 5.1.31</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP – 102) .....	60
<b>Tabel 5.1.32</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP – 301) .....	61
<b>Tabel 5.1.33</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP – 302) .....	61
<b>Tabel 5.1.34</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP – 303) .....	62
<b>Tabel 5.1.35</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP – 304) .....	63
<b>Tabel 5.1.36</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP – 305) .....	64
<b>Tabel 5.1.37</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-301).....	64
<b>Tabel 5.2.1.1</b> Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401) .....	65
<b>Tabel 5.2.1.2</b> Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> (DT-501) .....	66
<b>Tabel 5.2.1.3</b> Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> (DT-502).....	66
<b>Tabel 5.2.1.4</b> Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> (DT-503).....	67
<b>Tabel 5.2.1.5</b> Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL-501).....	68
<b>Tabel 5.2.1.6</b> Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-501).....	68
<b>Tabel 5.2.1.7</b> Spesifikasi <i>Storage Tank Filtered Water</i> (TA-504) .....	69
<b>Tabel 5.2.1.8</b> Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB – 501).....	69
<b>Tabel 5.2.1.9</b> Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-501) .....	70
<b>Tabel 5.2.1.10</b> Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB – 501).....	70
<b>Tabel 5.2.1.11</b> Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-501) .....	71
<b>Tabel 5.2.1.12</b> Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-501) .....	71
<b>Tabel 5.2.1.13</b> Spesifikasi <i>Storage Tank Asam Sulfat</i> (TP-505).....	72
<b>Tabel 5.2.1.14</b> Spesifikasi <i>Storage Tank Dispersant</i> (TP-506) .....	72
<b>Tabel 5.2.1.15</b> Spesifikasi <i>Storage Tank Inhibitor</i> (TP-507) .....	73
<b>Tabel 5.2.1.16</b> Spesifikasi <i>Storage Tank Air Demin</i> (TA-508).....	74
<b>Tabel 5.2.1.17</b> Spesifikasi <i>Storage Tank Domestic Water</i> (TA-509).....	74
<b>Tabel 5.2.1.18</b> Spesifikasi <i>Storage Tank Hydrant Water</i> (TA-510) .....	75

<b>Tabel 5.2.2.1</b> Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DA-601).....	76
<b>Tabel 5.2.2.2</b> Spesifikasi Tangki Hidrazin (TP-601) .....	76
<b>Tabel 5.2.2.3</b> Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-601) .....	77
<b>Tabel 5.2.2.4</b> Spesifikasi Blower <i>Air</i> (BS- 601) .....	77
<b>Tabel 5.2.2.5</b> Spesifikasi <i>Burner</i> (FB-601) .....	78
<b>Tabel 5.2.2.6</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Bahan Bakar (ST- 602) .....	78
<b>Tabel 5.2.3.1</b> Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CYC-701) .....	79
<b>Tabel 5.2.3.2</b> Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD – 701).....	79
<b>Tabel 5.2.3.3</b> Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-701).....	80
<b>Tabel 5.2.3.4</b> Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 1 (BU – 701).....	80
<b>Tabel 5.2.3.5</b> Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 2 (BU – 702).....	80
<b>Tabel 5.2.3.6</b> Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 3 (BU – 703).....	81
<b>Tabel 5.2.3.7</b> Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 4 (BU – 704).....	81
<b>Tabel 5.2.4.1</b> Spesifikasi Generator Listrik (GS-801) .....	81
<b>Tabel 5.2.4.2</b> Spesifikasi Tangki Bahan Bakar Generator (GS-901).....	82
<b>Tabel 5.2.5.1</b> Spesifikasi Pompa (PU – 501).....	82
<b>Tabel 5.2.5.2</b> Spesifikasi Pompa (PU – 502).....	83
<b>Tabel 5.2.5.3</b> Spesifikasi Pompa (PU – 503).....	83
<b>Tabel 5.2.5.4</b> Spesifikasi Pompa (PU – 504).....	84
<b>Tabel 5.2.5.5</b> Spesifikasi Pompa (PU – 505).....	84
<b>Tabel 5.2.5.6</b> Spesifikasi Pompa (PU – 506).....	85
<b>Tabel 5.2.5.7</b> Spesifikasi Pompa (PU – 507).....	86
<b>Tabel 5.2.5.8</b> Spesifikasi Pompa (PU – 508).....	86
<b>Tabel 5.2.5.9</b> Spesifikasi Pompa (PU – 509).....	87
<b>Tabel 5.2.5.10</b> Spesifikasi Pompa (PU – 510).....	88
<b>Tabel 5.2.5.11</b> Spesifikasi Pompa (PU – 511).....	88
<b>Tabel 5.2.5.12</b> Spesifikasi Pompa (PU – 512).....	89
<b>Tabel 5.2.5.13</b> Spesifikasi Pompa (PU – 513).....	89
<b>Tabel 5.2.5.14</b> Spesifikasi Pompa (PU – 514).....	90
<b>Tabel 5.2.5.15</b> Spesifikasi Pompa (PU – 515).....	89
<b>Tabel 5.2.5.16</b> Spesifikasi Pompa (PU – 516).....	91
<b>Tabel 5.2.5.17</b> Spesifikasi Pompa (PU – 517).....	92
<b>Tabel 5.2.5.18</b> Spesifikasi Pompa (PU – 518).....	93

<b>Tabel 5.2.5.19</b> Spesifikasi Pompa (PU – 601).....	93
<b>Tabel 5.2.5.20</b> Spesifikasi Pompa (PU – 602).....	94
<b>Tabel 5.2.5.21</b> Spesifikasi Pompa (PU – 603).....	95
<b>Tabel 6.1.</b> Kebutuhan Air Untuk General Uses .....	97
<b>Tabel 6.2.</b> Kebutuhan Air Pendingin.....	98
<b>Tabel 6.3.</b> Kebutuhan Air Umpan Boiler .....	101
<b>Tabel 6.5.</b> Kebutuhan Air Pabrik .....	103
<b>Tabel 6.6.</b> Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian. ....	114
<b>Tabel 6.7.</b> Pengendalian Variabel Utama Proses .....	115
<b>Tabel 7.1.</b> Perincian luas area Pabrik Bisphenol A.....	121
<b>Tabel 8.1.</b> Project Master Schedule of Bisphenol A Plant .....	126
<b>Tabel 8.2.</b> Daftar Gaji Karyawan .....	142
<b>Tabel 8.3.</b> Jadwal kerja masing - masing regu.....	145
<b>Tabel 8.4.</b> Perincian Tingkat Pendidikan .....	146
<b>Tabel 8.5.</b> Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat .....	148
<b>Tabel 8.6.</b> Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan.....	149
<b>Tabel 9.1.</b> <i>Fixed Capital Investment</i> .....	157
<b>Tabel 9.2.</b> <i>Manufacturing Cost</i> .....	158
<b>Tabel 9.3.</b> <i>General Expenses</i> .....	159
<b>Tabel 9.4.</b> Biaya Administratif .....	160
<b>Tabel 9.5.</b> <i>Minimum Acceptable Percent Return On Investment</i> .....	163
<b>Tabel 9.6.</b> <i>Acceptable Pay Out Time</i> untuk Tingkat Resiko Pabrik .....	163
<b>Tabel 9.7.</b> Hasil Uji Kelayakan Ekonomi.....	166

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 1.1.</b> Grafik Impor <i>Bisphenol A</i> di Indonesia.....	6
<b>Gambar 1.2.</b> Persebaran Konsumen <i>Bisphenol A</i> di Pulau Jawa .....	8
<b>Gambar 1.3.</b> Persebaran Konsumen <i>Bisphenol A</i> di Pulau Kalimantan.....	9
<b>Gambar 1.4.</b> Lokasi akan didirikannya Pabrik <i>Bisphenol A</i> .....	9
<b>Gambar 6.1.</b> <i>Cooling Tower</i> .....	100
<b>Gambar 6.2.</b> <i>Diagram Cooling Water System</i> .....	101
<b>Gambar 6.3.</b> Deaerator .....	103
<b>Gambar 6.4.</b> Diagram Alir Pengolahan Air .....	104
<b>Gambar 7.1.</b> Peta Kabupaten Banten.....	122
<b>Gambar 7.2.</b> Lokasi Berdirinya Pabrik <i>Bisphenol A</i> .....	122
<b>Gambar 7.3.</b> Tata Letak Pabrik .....	123
<b>Gambar 7.4.</b> Tata Letak Unit Proses .....	124
<b>Gambar 8.1.</b> Struktur Organisasi Perusahaan .....	131
<b>Gambar 9.1.</b> Grafik <i>Break Even Point (BEP)</i> .....	165
<b>Gambar 9.2.</b> Kurva <i>Cumulative Cash Flow</i> .....	166

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang dengan sektor industri sebagai salah satu penggerak perekonomiannya. Pembangunan industri di Indonesia semakin berkembang seiring dengan berkembangnya zaman dan populasi masyarakat Indonesia yang terus meningkat. Pengembangan industri bertujuan untuk meningkatkan kemampuan nasional dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri akan suatu bahan dan untuk memecahkan masalah ketenagakerjaan. Salah satu industri yang berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia adalah industri kimia seperti *Bisphenol A*.

*Bisphenol A* atau dikenal juga dengan *4,4'-isopropylidenediphenol* merupakan senyawa organik dengan rumus molekul  $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{C}_6\text{H}_4\text{OH})_2$ . Senyawa ini berbentuk kristal putih dengan bau khas mirip *phenol* (NCBI, 2023). *Bisphenol A* banyak digunakan sebagai bahan intermediat (*binding, plasticizing, hardening*) dalam pabrik plastik, cat atau tinta, sebagai *binding materials* dan *filling materials* (Groshart dan Okkerman, 2001)

Hadirnya industri kimia berupa pabrik *bisphenol A* merupakan hal yang penting karena dapat mengurangi jumlah impor *Bisphenol A*. Selain itu, dengan adanya pendirian pabrik *Bisphenol A* di Indonesia, dapat membuka lapangan pekerjaan baru dan memacu pertumbuhan industri lainnya. Kebutuhan *Bisphenol-A* di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat, dilihat dari semakin banyaknya industri kimia di Indonesia yang menggunakan *Bisphenol A*.

## 1.2 Kegunaan Produk

*Bisphenol A* memiliki beberapa kegunaan yaitu diantaranya sebagai bahan intermediat (*binding, plasticizing, hardening*) dalam pabrik plastik, cat atau tinta, sebagai *binding materials* dan *filling materials* (Groshart dan Okkerman, 2001).

## 1.3 Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik. Semakin besar kapasitas produksi maka kemungkinan untung yang didapatkan akan semakin besar. Kapasitas produksi yang direncanakan yaitu sebesar 20.000 ton/tahun dengan beberapa pertimbangan antara lain:

### 1.3.1 Bahan Baku

Pabrik memerlukan bahan baku untuk diolah menjadi barang setengah jadi atau jadi sebagai produk. Bahan-bahan baku ini perlu diangkut dari sumbernya ke lokasi pabrik untuk diolah. Pabrik harus memperoleh jumlah bahan baku yang dibutuhkan dengan mudah, layak harganya, kontinyu dan biaya pengangkutan yang rendah serta tidak rusak sehingga bila diolah biaya produksinya dapat ditekan dan kualitas produk yang dihasilkan baik. Bahan baku utama yang digunakan dalam pembuatan *Bisphenol A* adalah *Acetone* yang diimpor dari *Hangzou Baoran Chemical* yang terletak di Zhejiang, China melalui jalur laut dan *Phenol* yang berasal dari PT Metropolitan Phenol Pratama yang terletak di daerah Serang, Banten. Sedangkan untuk katalis *sulfonated styrene divinylbenzene resin* diimpor dari Shenzhen Shuitianlan yang berasal dari China melalui jalur laut.

### 1.3.2 Konsumsi *Bisphenol A* di Indonesia

*Bisphenol A* memiliki beberapa kegunaan yaitu diantaranya sebagai bahan intermediat (*binding, plasticizing, hardening*) dalam pabrik plastik, cat atau tinta, sebagai *binding materials* dan *filling materials*. Menurut Groshart dan Okkerman, 2001 dalam buku *Chemical Study on Bisphenol A* menunjukkan

bahwa *Bisphenol A* digunakan sebanyak 0,2% sebagai bahan intermediat pembuatan polikarbonat serta 5-7% dalam pembuatan resin epoksi. *Bisphenol A* juga digunakan sebanyak 1% untuk industri *adhesive* dan *binding agents* seperti lem serta 1,5% untuk industri cat.

Tabel 1.1. Konsumsi *Bisphenol A* pada Industri Resin Epoksi

No	Nama Pabrik	Jumlah <i>Bisphenol A</i> (ton/tahun)
1.	PT. Arindo Pacific Chemical <sup>1</sup>	1.800
2.	PT. Belawandeli Chemical Industry <sup>2</sup>	5.000
3.	PT. Eternal Buana Chemical Industries <sup>3</sup>	3.500
4.	PT. Intanwijaya Internasional <sup>4</sup>	6.000
5.	Perawang Perkasa Industri <sup>5</sup>	600
6.	PT. Diachem Resin <sup>6</sup>	650
Total		17.550

Sumber : (<sup>1</sup>apc.co.id, <sup>2</sup>belawandeli.tjipta.com, <sup>3</sup>ebergroup.com, <sup>4</sup>intanwijaya.com, <sup>5</sup>daftarperusahaanindonesia.com, <sup>6</sup>pmmk.com)

Tabel 1.2. Konsumsi *Bisphenol A* pada Industri Polikarbonat

No	Nama Pabrik	Jumlah <i>Bisphenol A</i> (ton/tahun)
1.	PT. Asahimas Subentra Chemical <sup>1</sup>	640
2.	PT. Standard Toyo Polymer <sup>1</sup>	352
3.	PT. Satomo Indovyl Polymer <sup>1</sup>	140
4.	PT. Eastern (Mitsubishi) Polymer <sup>1</sup>	72
5.	PT. Styron Indonesia <sup>1</sup>	140
6.	PT. Arbe Styrimdo <sup>1</sup>	30
7.	PT. Chandra Asri Petrochemical <sup>1</sup>	1.640
8.	PT. Lotte Chemical Titan Nusantara <sup>1</sup>	900
9.	PT. Pertamina UP III <sup>1</sup>	80
10.	PT. Polytama Propindo <sup>2</sup>	600

Lanjutan Tabel 1.2. Konsumsi *Bisphenol A* pada Industri Polikarbonat

11.	PT. Impack Pratama <sup>3</sup>	94,686
12.	PT. Eterindo Nusa Graha <sup>4</sup>	96
13.	PT. Trias sentosa <sup>5</sup>	260
14.	PT. Pralon <sup>6</sup>	48
15.	PT. Rusli Vinilon Sakti <sup>7</sup>	44
Total		5.136,686

Sumber : (<sup>1</sup>cci-indonesia.com, <sup>2</sup>polytama.co.id, <sup>3</sup>impack-pratama.com, <sup>4</sup>ebergroupp.com, <sup>5</sup>trias-sentosa.com, <sup>6</sup>perpamsi.or.id, <sup>7</sup>ekonomi.bisnis.com)

Tabel 1.3. Konsumsi *Bisphenol A* pada Industri *Adhesive*

No	Nama Pabrik	Jumlah <i>Bisphenol A</i> (ton/tahun)
1.	PT. Impack Pratama <sup>1</sup>	4,8
2.	PT. Indochem Cipta Mandiri <sup>2</sup>	100
3.	PT. Duta Pertiwi Nusantara <sup>3</sup>	750
Total		854,8

Sumber : (<sup>1</sup>impack-pratama.com, <sup>2</sup>iccm.co.id, <sup>3</sup>dpn.co.id)

Tabel 1.4. Konsumsi *Bisphenol A* pada Industri Cat

No	Nama Pabrik	Jumlah <i>Bisphenol A</i> (ton/tahun)
1.	PT. Avia Avian Serang <sup>1</sup>	4.275
2.	PT. Asia Paint <sup>2</sup>	375
3.	PT. Propan Raya <sup>3</sup>	1.500
4.	PT. Nippon Paint <sup>4</sup>	6.000
5.	PT. Kansai Paint <sup>5</sup>	360
8.	Sigma Utama Paint <sup>6</sup>	90
6.	PT. Colorpark Indonesia Tbk. <sup>7</sup>	187,5



Lanjutan Tabel 1.4. Konsumsi *Bisphenol A* pada Industri Cat

7.	PT. Pacific Paint <sup>8</sup>	600
Total		13.387,5

Sumber : (<sup>1</sup>avianbrands.com, <sup>2</sup>asianpaints.co.id, <sup>3</sup>propanraya.com, <sup>4</sup>disb2b.com, <sup>5</sup>kansai-coatings.co.id, <sup>6</sup>sigmautama.com, <sup>7</sup>colorpak.co.id, <sup>8</sup>berisatu.com)

Tabel 1.5. Total konsumsi *Bisphenol A* di Indonesia

No	Jenis Konsumsi	Jumlah <i>Bisphenol A</i> (ton/tahun)
1.	Resin	17.550
2.	Polikarbonat	5.136,686
3.	<i>Adhesive</i>	854,8
4.	Cat	13.387,5
Total		36.928,986

### 1.3.3 Data Impor

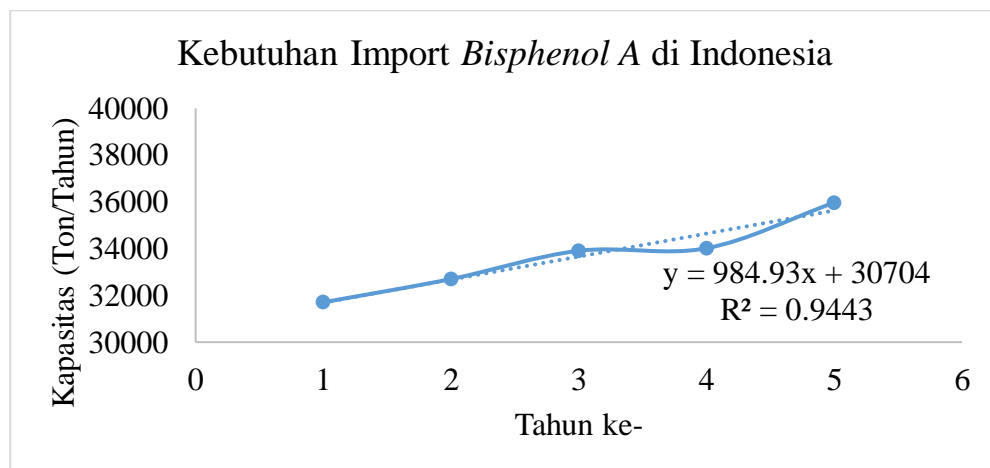
*Bisphenol A* merupakan bahan yang dibutuhkan di Indonesia. Akan tetapi, kebutuhan *Bisphenol A* di Indonesia tidak dapat tercukupi tanpa adanya kegiatan impor *Bisphenol A* dalam jumlah yang cukup besar. Berikut ini adalah data impor *Bisphenol A* beberapa tahun terakhir yang disajikan pada tabel 1.6. berikut ini:

Tabel 1.6. Data Impor *Bisphenol A* di Indonesia

Tahun	Kapasitas (ton/tahun)
2018	31.702,944
2019	32.699,488
2020	33.906,992
2021	34.016,144
2022	35.969,248

Sumber : (UN.data, 2023)

Untuk memperoleh prediksi impor *Bisphenol A*, maka dilakukan linearisasi dari tabel 1.1. yang disajikan pada gambar 1.1. berikut ini:



Gambar 1.1. Grafik data impor *Bisphenol A* di Indonesia

Dari Gambar 1.1. dapat dilihat bahwa impor *Bisphenol A* cenderung mengalami kenaikan. Berdasarkan data diatas, maka akan diketahui kebutuhan impor Indonesia pada tahun tertentu melalui metode persamaan linear dengan menggunakan persamaan garis lurus:

$$y = ax + b$$

dimana  $y$  = Kebutuhan impor *Bisphenol A* (ton/tahun)

$x$  = Tahun

$a$  = *Slope*

$b$  = *Intercept*

Berdasarkan data impor *Bisphenol A* dari Tabel 1.1 maka dapat diperoleh proyeksi kebutuhan impor *Bisphenol A* pada tahun 2027 (tahun ke- 10), yaitu

$$\begin{aligned} y &= 984,93 x + 30.704 \\ &= 984,93 (10) + 30.704 \\ &= 40.553,300 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas diperkirakan bahwa kebutuhan impor *Bisphenol A* pada tahun 2027 sebesar 40.553,300 ton/tahun.

### 1.3.4 Kapasitas Produksi

Di Indonesia belum terdapat pabrik *Bisphenol A*, sehingga pabrik ini sangat layak untuk didirikan. Namun, berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1999 tentang praktik monopoli dan persaingan usaha tidak sehat pada Bab IV Pasal 17 Ayat 2 yang menyatakan pelaku usaha atau kelompok pelaku usaha tidak diperbolehkan menguasai lebih dari 50% pangsa pasar. Sehingga, kapasitas produksi *Bisphenol A* ditetapkan sebesar 20.000 ton/tahun. Jumlah tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan *Bisphenol A* dalam negeri.

### 1.4 Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik sangat berpengaruh terhadap keberadaan suatu proyek industri baik dari segi komersial maupun kemungkinan pengembangan di masa mendatang. Sebelumnya dilakukan peninjauan lokasi pabrik yang terdiri dari 3 lokasi yakni di Kosambi, Samarinda dan Kasemen. Pemilihan di tiga daerah tersebut didasari oleh kedekatan jarak antar lokasi pabrik dengan sumber bahan baku pembuatan *Bisphenol A* yakni pabrik *phenol* dan juga pelabuhan. Tinjauan pemilihan lokasi dapat dilihat pada tabel 1.7. sebagai berikut:

Tabel 1.7. Tinjauan Pemilihan Lokasi

Tinjauan	Kosambi, Tangerang, Banten	Kalimantan, Samarinda	Kasemen, Serang, Banten
Pelabuhan terdekat	Pelabuhan Tanjung Priok	Pelabuhan Trisakti	Pelabuhan Merak
Jarak ke pelabuhan	30 km	501 km	31 km
Pabrik <i>phenol</i> terdekat	PT. Lambang Tri Usaha	Batu Penggal Chemical Industry	PT. Metropolitan Phenol Pratama

Lanjutan Tabel 1.7. Tinjauan Pemilihan Lokasi

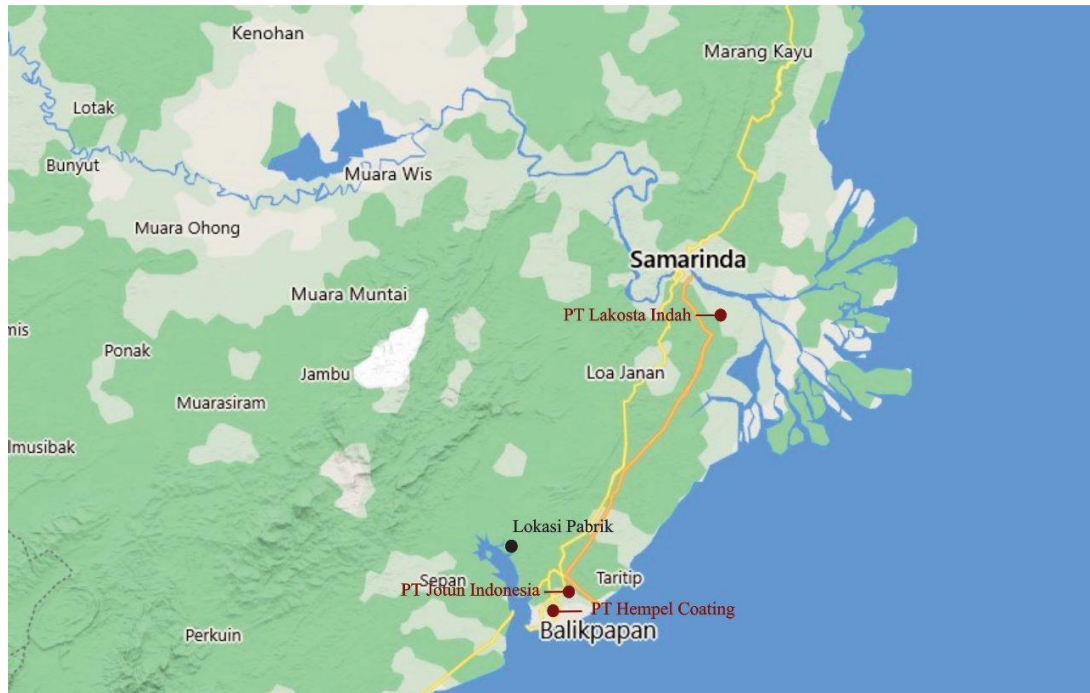
Jarak ke pabrik	51 km	143 km	9,5 km
<i>phenol</i>			
Konsumen	Terdapat banyak konsumen namun jarak cukup jauh	Terdapat hanya beberapa konsumen dan jarak cukup jauh	Terdapat banyak konsumen dan jarak lebih dekat
Sumber air	Sungai Ciujung	Sungai Ampal	Sungai Cibanten
Jarak dari Sumber Air	250 m	1052 m	232 m
Debit	30,52 m <sup>3</sup> /detik <sup>1</sup>	83,80 m <sup>3</sup> /detik <sup>2</sup>	26,74 m <sup>3</sup> /detik <sup>3</sup>

Sumber : (<sup>1</sup>tambloid.contras.com, <sup>2</sup>yanti, dkk, 2018, <sup>3</sup>bantenprov.go.id)

Persebaran konsumen *Bisphenol A* di Indonesia :

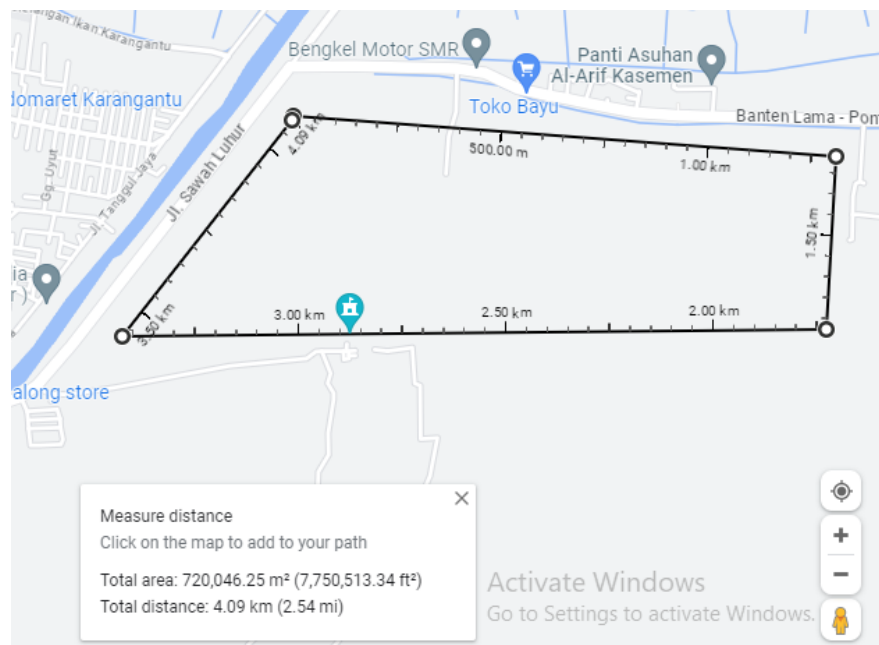


Gambar 1.2. Persebaran Konsumen *Bisphenol A* di Pulau Jawa



Gambar 1.3. Persebaran Konsumen *Bisphenol A* di Pulau Kalimantan

Dari perbandingan diatas, pabrik *Bisphenol A* ini rencananya akan didirikan di Kasemen, Serang, Banten.



Gambar 1.4. Lokasi akan didirikannya Pabrik *Bisphenol A*

Pemilihan lokasi didasarkan oleh beberapa faktor pendukung sebagai berikut:

1. Penyediaan bahan baku

Bahan baku ialah kebutuhan pokok dari keberlangsungan sebuah industri. Maka dari itu pemilihan lokasi yang tepat untuk pengadaan bahan baku tentu saja sangat penting untuk diperhatikan. Semakin dekat pabrik penyedia bahan baku, maka biaya untuk transportasi akan minimum. Bahan baku yang akan digunakan dalam produksi *Bisphenol A* adalah *Phenol* dan *Acetone*. *Phenol* diperoleh dari PT. Metropolitan Phenol Pratama yang terletak di Serang, Banten dengan kapasitas produksi 40.000 ton/tahun. Sedangkan *acetone* diimpor dari Hangzhou Baoran Chemical, China dengan kapasitas 500.000 ton/tahun dan katalis *sulfonated styrene divinylbenzene resin* dengan kapasitas 11.300 ton/tahun diimpor dari Shenzhen Shuitianlan yang terletak di China melalui jalur laut.

2. Pemasaran produk

*Bisphenol A* merupakan produk yang tidak langsung dapat dikonsumsi masyarakat melainkan bahan untuk industri kimia seperti industri epoksi resin, industri polikarbonat, industri cat, dan industri polimer yang lain, maka lokasi pabrik diusahakan dekat dengan industri kimia. Kasemen, Banten merupakan salah satu kawasan industri, dekat dengan kota Jakarta dan kawasan industri disekitarnya sehingga mempunyai daerah pemasaran yang cukup baik. Untuk pengembangan usaha, pemasaran *Bisphenol A* selain untuk mencukupi kebutuhan impor dalam negeri, sebagian juga untuk diekspor ke negara lain.

3. Sarana transportasi

Lokasi pabrik dekat dengan pelabuhan sehingga mempermudah pemasokan bahan baku dan pemasaran produk baik untuk dalam negeri maupun luar negeri (ekspor). Transportasi lewat darat juga dapat dilakukan dengan mudah. Telekomunikasi di daerah Kasemen cukup baik dan berjalan dengan lancar.

#### 4. Utilitas

Utilitas yang dibutuhkan adalah keperluan tenaga listrik, air dan bahan bakar. Kebutuhan tenaga listrik didapat dari PLN dan generator pembangkit yang dibangun sendiri. Kebutuhan air dapat diambil dari Sungai Cibanten Serang Banten.

#### 5. Tenaga kerja

Kasemen merupakan kawasan yang lokasinya dekat dengan berbagai pabrik dan tidak terlalu jauh dengan Ibu kota sebagai pusat pendidikan sehingga mudah memperoleh tenaga kerja ahli. Sedangkan tenaga kerja yang berpendidikan menengah atau kejuruan dapat diambil dari daerah sekitar pabrik.

#### 6. Karakteristik lokasi

Kasemen, Banten merupakan kawasan industri sehingga untuk perluasan pabrik di masa yang akan datang masih memungkinkan.

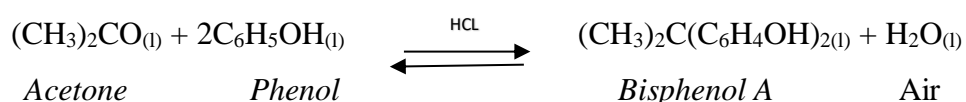
## BAB II TINJAUAN PROSES

### 2.1 Macam-Macam Proses

Proses pembuatan *Bisphenol A* yang banyak digunakan secara komersial yaitu dengan mereaksikan *phenol* dan *acetone* dengan bantuan katalis. Berdasarkan pemilihan katalisnya, proses pembuatan *Bisphenol A* dibagi menjadi 2 macam proses yaitu:

#### 1. *Hydrogen Chloride-Catalyzed Process*

Proses ini merupakan proses pembuatan *Bisphenol A* dengan bahan baku *acetone* dan *phenol* menggunakan katalis asam. Proses dengan menggunakan katalis asam merupakan proses tertua yang digunakan. *Bisphenol A* pertama kali diproduksi oleh ilmuwan Rusia pada tahun 1981 dengan menggunakan asam klorida (*hydrochloric acid*) untuk mempercepat reaksi dikarenakan sulit untuk membentuk *Bisphenol A* tanpa adanya asam kuat (Altuwair,2018). Reaksi yang terjadi yaitu :

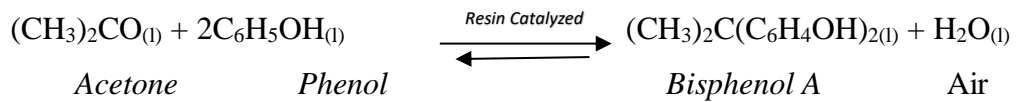


Pada mulanya, produksi *Bisphenol A* di Industri menggunakan *aqueous hydrochloric acid* namun sebagian besar air yang terdapat pada asam klorida dapat menurunkan keefektifan katalis. Sehingga mulai dikembangkan proses pembuatan *Bisphenol A* dengan katalis asam klorida (Sabu and Visakh, 2011). Reaksi ini dijalankan pada fase cair pada temperatur 55°C. Konversi yang dihasilkan adalah 55% (US 5.248.839)



## 2. Resin Catalyzed Process

Proses ini merupakan proses pembuatan *Bisphenol A* dengan bahan baku *acetone* dan *phenol* menggunakan *Acidic Resin* sebagai katalis. Reaksi yang terjadi :



Proses pembuatan *Bisphenol A* berdasarkan Z. Prokop (2004) yaitu campuran *acetone* dan *phenol* dicampurkan ke dalam reaktor *fixed bed* yang berisi katalis padat *Acidic Resin*. Kondisi operasi pada reaktor yaitu pada suhu 40-85°C pada tekanan 1 atm. Konversi yang diperoleh yaitu sebesar 80%.

## 2.2 Pemilihan Proses

### 2.2.1 Berdasarkan Tinjauan Termodinamika

#### 1. Tinjauan Termodinamika Berdasarkan Perubahan Entalpi

Perubahan entalpi menunjukkan panas reaksi yang dihasilkan maupun yang dibutuhkan selama proses reaksi kimia berlangsung. Dalam hal ini yaitu pada reaksi pembentukan *Bisphenol A*. Besar atau kecilnya  $\Delta H$  tersebut menunjukkan jumlah energy yang dibutuhkan ataupun yang dihasilkan.

$\Delta H$  bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas untuk berlangsungnya reaksi sehingga semakin besar  $\Delta H$  maka semakin besar juga energi yang dibutuhkan dan *cost* yang harus dikeluarkan. Sedangkan  $\Delta H$  bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi. Penentuan panas reaksi yang berjalan baik secara eksotermis maupun endotermis dapat dihitung dengan perhitungan reaksi panas pembentukan standar  $\Delta H_o$  pada  $P = 1 \text{ atm}$  dan  $T = 298,15 \text{ K}$  (Smith, 2009).

a.) Menghitung entalpi reaksi standar ( $\Delta H^0_{f 298}$ )

Secara termodinamika entalpi reaksi ( $\Delta H^0_{f 298}$ ) dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Data nilai ( $\Delta H^0_{f 298}$ ) standar reaktan dan produk

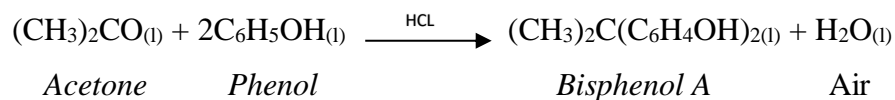
Komponen	Rumus Molekul	$\Delta H^0_{f 298}$ (kJ/kmol)
<i>Acetone</i>	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	-217.570
<i>Phenol</i>	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	-96.360

Lanjutan Tabel 2.1 Data nilai ( $\Delta H^0_{f 298}$ ) standar reaktan dan produk

<i>Bisphenol A</i>	$(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{C}_6\text{H}_4\text{OH})_2$	-245.600
<i>Air</i>	$\text{H}_2\text{O}$	-241.800

Sumber : Yaws (1996)

1. *Hydrogen Chloride-Catalyzed Process*



$$\begin{aligned}
 \Delta H_{298} &= (\Delta H_{\text{Produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}})_{298} \\
 &= [(-245.600) + (-241.800)] - [(-217.570) + (2 \times -96.360)] \text{ kJ/kmol} \\
 &= -77.110 \text{ kJ/kmol}
 \end{aligned}$$

2. *Resin Catalyzed Process*



$$\begin{aligned}
 \Delta H_{298} &= (\Delta H_{\text{Produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}})_{298} \\
 &= [(-245.600) + (-241.800)] - [(-217.570) + (2 \times -96.360)] \text{ kJ/kmol} \\
 &= -77.110 \text{ kJ/kmol}
 \end{aligned}$$

**b.) Menghitung entalpi pada suhu operasi ( $\Delta H_r$ )**

Nilai konstanta A, B, C, dan D didapat dari tabel konstanta Cp dari Appendix C.1 dari buku Thermmodinamic (Smith, 2001).

Tabel 2.2 Nilai Konstanta Cp Pada Setiap Bahan

Senyawa	A	B	C	D
Acetone	46,878	0,627	$-2,0761 \times 10^{-3}$	$2,958 \times 10^{-6}$
Phenol	38,622	1,098	$-2,490 \times 10^{-3}$	$2.280 \times 10^{-6}$
Bisphenol A	-113,816	3,240	$-5,9001 \times 10^{-3}$	$4,116 \times 10^{-6}$
Air	92,053	-0,040	$-2,110 \times 10^{-4}$	$5,347 \times 10^{-7}$

Sumber: Yaws (1999)

1. *Hydrogen Chloride-Catalyzed Process*

Untuk menghitung  $\Delta H_r$  pada suhu tertentu menggunakan persamaan sebagai berikut (Smith, 2001):

$$\Delta H_r = \Delta H_f^0 + (\Delta C_p)H (T-T_0)$$

$$ICPH = \int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} dT = MCPH (T-T_0)$$

$$MCPH = A + B/2 T_0 (\tau+1) + C/3 T_0^2 (\tau^2+\tau+1) + D/ (\tau T^2)$$

$$\tau = T/T_0$$

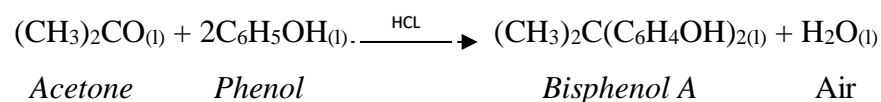
Diketahui:

$$T = 55 \text{ C} = 328,15 \text{ K}$$

$$T_0 = 25 \text{ C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\tau = T/T_0 = \frac{328,15}{298,15} = 1,101$$

Reaksi :



$$\begin{aligned} \Delta A &= (A (\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{C}_6\text{H}_4\text{OH})_2 + A \text{H}_2\text{O}) - (A (\text{CH}_3)_2\text{CO} + A \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) \\ &= -145,885 \end{aligned}$$

Maka dengan cara yang sama didapatkan nilai  $\Delta B$ ,  $\Delta C$  dan  $\Delta D$  sebesar:

$$\Delta B = 0,377$$

$$\Delta C = 9,444 \times 10^{-4}$$

$$\Delta D = -2,868 \times 10^{-6}$$

Sehingga:

$$\int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} dT = -145,885 + \left(\frac{0,377}{2} \times 298,15 \times (\tau + 1)\right) + \left(\frac{9,444 \times 10^{-4}}{3} 298,15^2 (\tau^2 + \tau + 1)\right) + \left(\frac{-2,868 \times 10^{-6}}{(\tau T^2)}\right)$$

$$\int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} dT = 64,953$$

$$\Delta H_r = -77.110 \text{ kJ/kmol} + (8,314 \times 64,953 \text{ kJ/kmol})$$

$$\Delta H_r = -76.569,977 \text{ kJ/kmol}$$

## 2. Resin Catalyzed Process

Untuk menghitung  $\Delta H_r$  pada suhu tertentu menggunakan persamaan sebagai berikut (Smith, 2001) :

$$\Delta H_r = \Delta H_{f,298}^0 + (\Delta C_p)H (T-T_0)$$

$$\text{ICPH} = \int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} dT = \text{MCPH} (T-T_0)$$

$$\text{MCPH} = A + B/2 T_0 (\tau+1) + C/3 T_0^2 (\tau^2+\tau+1) + D/ (\tau T^2)$$

$$\tau = T/T_0$$

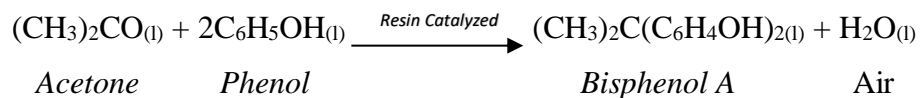
Diketahui:

$$T = 76,59 \text{ C} = 349,74 \text{ K}$$

$$T_0 = 25 \text{ C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\tau = T/T_0 = \frac{349,74}{298,15} = 1,173$$

Reaksi :



$$\begin{aligned} \Delta A &= (A (\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{C}_6\text{H}_4\text{OH})_2 + A \text{H}_2\text{O}) - (A (\text{CH}_3)_2\text{CO} + A \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) \\ &= -145,885 \end{aligned}$$

Maka dengan cara yang sama didapatkan nilai  $\Delta B$ ,  $\Delta C$  dan  $\Delta D$  sebesar:

$$\Delta B = 0,377$$

$$\Delta C = 9,444 \times 10^{-4}$$

$$\Delta D = -2,868 \times 10^{-6}$$

Sehingga:

$$\int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} dT = -145,885 + \left(\frac{0,377}{2} \times 298,15 \times (\tau + 1)\right) + \left(\frac{9,444 \times 10^{-4}}{3} 298,15^2 (\tau^2 + \tau + 1)\right) + \left(\frac{-2,868 \times 10^{-6}}{(\tau T^2)}\right)$$

$$\int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} dT = 75,560$$

$$\Delta H_r = -77.110 \text{ kJ/kmol} + (8,314 \times 75,660 \text{ kJ/kmol})$$

$$\Delta H_r = -76.480,961 \text{ kJ/kmol}$$

## 2. Tinjauan Termodinamika Berdasarkan Energi Gibbs

Energi Gibbs menunjukkan spontan atau tidak spontannya suatu reaksi kimia.  $\Delta G$  bernilai positif (+) menunjukkan reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar. Sedangkan  $\Delta G$  bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya membutuhkan sedikit energi. Oleh karena itu, semakin kecil atau negatif  $\Delta G$  maka reaksi tersebut akan semakin baik karena berlangsung secara spontan, energi yang dibutuhkan semakin kecil. Nilai  $\Delta G_f$  dan  $\Delta H_f$  untuk masing-masing komponen reaksi dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

### a.) Menghitung Nilai Gibbs Standar pada 298,15 K ( $\Delta G^0_{298}$ )

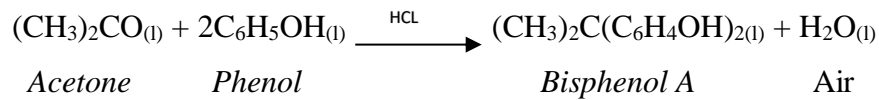
Untuk mengetahui harga  $\Delta G^0$  pada suhu 25°C atau 298,15 K perlu diketahui data-data sebagai berikut:

Tabel 2.3 Data nilai ( $\Delta G^0$ ) Standar Reaktan dan Produk

Komponen	Rumus Molekul	$\Delta G^0_{f 298}$ (kJ/kmol)
<i>Acetone</i>	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	-153.050
<i>Phenol</i>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	-32.890
<i>Bisphenol A</i>	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> C(C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OH) <sub>2</sub>	-9.420
<b>Air</b>	H <sub>2</sub> O	-228.600

Sumber : Yaws (1996)

1. *Hydrogen Chloride-Catalyzed Process*



$$\begin{aligned}
 \Delta G_{298} &= (\Delta G_{\text{Produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}})_{298} \\
 &= [(-9.420) + (-228.600)] - [(-153.050) + (2 \times -32.890)] \text{ kJ/kmol} \\
 &= -19.190 \text{ kJ/kmol}
 \end{aligned}$$

2. *Resin Catalyzed Process*



$$\begin{aligned}
 \Delta G_{298} &= (\Delta G_{\text{Produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}})_{298} \\
 &= [(-9.420) + (-228.600)] - [(-153.050) + (2 \times -32.890)] \text{ kJ/kmol} \\
 &= -19.190 \text{ kJ/kmol}
 \end{aligned}$$

**b.) Menghitung Nilai Gibbs pada Suhu Operasi**

1. *Hydrogen Chloride-Catalyzed Process*

Untuk menghitung  $\Delta G$  reaksi menggunakan persamaan sebagai berikut (Smith, 2001) :

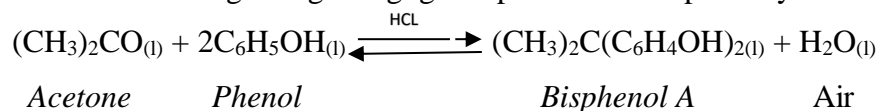
$$\Delta G = \Delta H_r - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0 - \Delta G_0) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT + \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} \frac{dT}{T}$$

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT = \text{MCPH} (T-T_0)$$

$$\text{MCPH} (T-T_0) = [A + B/2 T_0 (\tau+1) + C/3 T_0^2 (\tau^2+\tau+1) + D/(\tau T^2)] \times R$$

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} \frac{dT}{T} = \left[ \Delta A \left[ \Delta B \times T_0 + \left( \Delta C \times T_0^2 + \frac{\Delta D}{\tau T_0^2} \right) \left( \frac{\tau+1}{2} \right) \right] \left( \frac{\tau-1}{\ln \tau} \right) \right] \times \ln \tau$$

Maka untuk menghitung energi Gibbs pada kondisi operasi yaitu:



$$\begin{aligned}\Delta A &= (A (\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{C}_6\text{H}_4\text{OH})_2 + A \text{H}_2\text{O}) - (A (\text{CH}_3)_2\text{CO} + A \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) \\ &= -145,885\end{aligned}$$

Maka dengan cara yang sama didapatkan nilai  $\Delta B$ ,  $\Delta C$  dan  $\Delta D$  sebesar:

$$\begin{aligned}\Delta B &= 0,377 \\ \Delta C &= 9,444 \times 10^{-4} \\ \Delta D &= -2,868 \times 10^{-6}\end{aligned}$$

Diketahui:

$$\begin{aligned}T &= 55 \text{ C} = 328,15 \text{ K} \\ T_0 &= 25 \text{ C} = 298,15 \text{ K} \\ \tau &= T/T_0 = \frac{328,15}{298,15} = 1,101\end{aligned}$$

Maka :

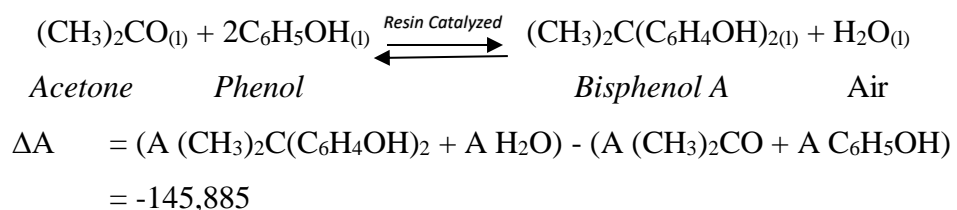
$$\begin{aligned}\int_{T_0}^T \frac{Cp}{R} dT &= 540,023 \\ \int_{T_0}^T \frac{\Delta Cp}{R} \frac{dT}{T} &= -2.945,665 \\ \Delta G &= -77.110 - \left(\frac{T}{T_0} \times (-77.110 - (-19.190))\right) + 540,023 + (-2.945,665) \\ \Delta G &= -15.767,703 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

## 2. Resin Catalyzed Process

Untuk menghitung  $\Delta G$  reaksi menggunakan persamaan sebagai berikut (Smith, 2001) :

$$\begin{aligned}\Delta G &= \Delta H_r - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0 - \Delta G_0) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta Cp}{R} dT + \int_{T_0}^T \frac{\Delta Cp}{R} \frac{dT}{T} \\ \int_{T_0}^T \frac{\Delta Cp}{R} dT &= \text{MCPH} (T-T_0) \\ \text{MCPH} (T-T_0) &= [A + B/2 T_0 (\tau+1) + C/3 T_0^2 (\tau^2+\tau+1) + D/(\tau T^2)] \times R \\ \int_{T_0}^T \frac{\Delta Cp}{R} \frac{dT}{T} &= \left[ \Delta A \left[ \Delta B \times T_0 + \left( \Delta C \times T_0^2 + \frac{\Delta D}{\tau T_0^2} \right) \left( \frac{\tau+1}{2} \right) \right] \left( \frac{\tau-1}{\ln \tau} \right) \right] \times \ln \tau\end{aligned}$$

Maka untuk menghitung energi gibbs pada kondisi operasi yaitu :



Maka dengan cara yang sama didapatkan nilai  $\Delta B$ ,  $\Delta C$  dan  $\Delta D$  sebesar:

$$\Delta B = 0,377$$

$$\Delta C = 9,444 \times 10^{-4}$$

$$\Delta D = -2,868 \times 10^{-6}$$

Diketahui:

$$T = 76,59 \text{ C} = 349,74 \text{ K}$$

$$T_0 = 25 \text{ C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\tau = T/T_0 = \frac{349,74}{298,15} = 1,173$$

Maka :

$$\int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} dT = 629,039$$

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} \frac{dT}{T} = -5.142,288$$

$$\Delta G = -77.110 - \left(\frac{T}{T_0} \times (-77.110 - (-19.190))\right) + 643,321 + (-5.495,103)$$

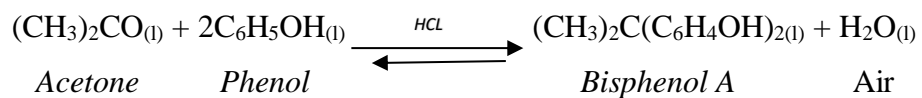
$$\Delta G = -13.681,137 \text{ kJ/mol}$$

### 3. Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui keuntungan yang dihasilkan oleh pabrik per kg produk yang dihasilkan pada masing-masing proses yang akan digunakan.

#### a) *Hydrogen Chloride-Catalyzed Process*

Reaksi yang terjadi pada proses ini:





Basis waktu yakni 1 jam operasional (kg/jam) dengan nilai BM:

Tabel 2.4 Senyawa dan BM

Senyawa	BM (kg/kmol)
<i>Acetone</i>	58
<i>Phenol</i>	94
<i>Bisphenol A</i>	228
Air	18

Kapasitas produksi *Bisphenol A* 20.000 ton/tahun

$$= 20.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 2.315 \text{ kg/jam}$$

Maka:

$$\text{Mol } \textit{Bisphenol-A} \text{ yang terbentuk} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{2.315 \text{ kg/jam}}{228 \text{ kg/kmol}}$$

$$= 10,15 \text{ kmol/jam}$$

Konversi : 55%

$$\text{Mol reaktan} = \frac{\text{mol produk}}{\text{konversi}} = \frac{10,15 \text{ kmol/jam}}{0.55}$$

$$= 18,46 \text{ kmol/jam}$$

- Massa *acetone* yang dibutuhkan

$$\text{Massa } \textit{acetone} = \text{mol reaktan} \times \text{BM}$$

$$= 18,46 \text{ kmol/jam} \times 58 \text{ kg/kmol}$$

$$= 1.070,65 \text{ kg/jam}$$

- Massa *phenol* yang dibutuhkan

$$\text{Mol } \textit{phenol} = 2 \times \text{mol } \textit{acetone}$$

$$= 36,92 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{Massa } \textit{phenol} = \text{mol reaktan} \times \text{BM}$$

$$= 36,92 \text{ kmol/jam} \times 94 \text{ kg/kmol}$$

$$= 3.470 \text{ kg/jam}$$

- Massa H<sub>2</sub>O yang dihasilkan

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol Bisphenol A} &= 1 \text{ mol H}_2\text{O yang terbentuk} \\ &= 10,15 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa H}_2\text{O} &= \text{mol reaktan} \times \text{BM} \\ &= 10,15 \text{ kmol/jam} \times 18 \text{ kg/kmol} \\ &= 182,75 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

- Massa Bisphenol A yang dihasilkan

$$\text{Mol Bisphenol A} = 10,15 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Bisphenol A} &= \text{mol reaktan} \times \text{BM} \\ &= 10,15 \text{ kmol/jam} \times 228 \text{ kg/kmol} \\ &= 2.315 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Harga penjualan Bisphenol-A dalam 1 jam operasional:

$$\begin{aligned} \text{Harga Bisphenol A} &= \text{massa produk} \times \text{harga} \\ &= 2.315 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 81.000,- \\ &= \text{Rp } 187.500.000,- \end{aligned}$$

Tabel 2.5 Harga Pembelian Bahan Baku dalam 1 Jam Operasional

Bahan Baku	Massa (kg/jam)	Harga per kg	Harga Bahan Baku
<i>Acetone</i>	1.070,65	Rp 15.433,-	Rp 16.523.311,-
<i>Phenol</i>	3.470	Rp 24.221,-	Rp 84.055.984,-
	Total		Rp 100.579.294,-

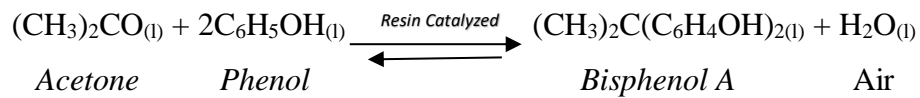
Sumber : ([www.alibaba.com](http://www.alibaba.com))

Keuntungan dalam 1 jam operasional

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan} &= \text{Harga jual} - \text{Harga beli} \\ &= \text{Rp } 187.515.000,- - \text{Rp } 100.579.294,- \\ &= \text{Rp } 86.935.706,- \end{aligned}$$

b. *Resin Catalyzed Process*

Reaksi yang terjadi pada proses ini:



Basis waktu yakni 1 jam operasional (kg/jam) dengan nilai BM yang tertera pada tabel 2. 6 berikut ini:

Tabel 2.6 Senyawa dan BM

Senyawa	BM (kg/kmol)
<i>Acetone</i>	58
<i>Phenol</i>	94
<i>Bisphenol-A</i>	228
<i>Air</i>	18

Kapasitas produksi *Bisphenol A* 20.000 ton/tahun

$$\begin{aligned}
 &= 20.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \\
 &= 2.315 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 \text{Mol } \textit{Bisphenol A} \text{ yang terbentuk} &= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{2.315 \text{ kg/jam}}{228 \text{ kg/kmol}} \\
 &= 10,15 \text{ kmol/jam}
 \end{aligned}$$

Konversi : 80%

$$\begin{aligned}
 \text{Mol reaktan} &= \frac{\text{mol produk}}{\text{konversi}} = \frac{10,15 \text{ kmol/jam}}{0.8} \\
 &= 12,69 \text{ kmol/jam}
 \end{aligned}$$

- Massa *acetone* yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 \text{Massa } \textit{acetone} &= \text{mol reaktan} \times \text{BM} \\
 &= 12,69 \text{ kmol/jam} \times 58 \text{ kg/kmol} \\
 &= 736,07 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

- Massa *Phenol* yang dibutuhkan  

$$\text{Mol phenol} = 2 \times \text{mol acetone}$$

$$= 25,38 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Massa phenol} = \text{mol reaktan} \times \text{BM}$$

$$= 25,38 \text{ kmol/jam} \times 94 \text{ kg/kmol}$$

$$= 2.386 \text{ kg/jam}$$
  - Massa  $\text{H}_2\text{O}$  yang dihasilkan  

$$1 \text{ mol Bisphenol A} = 1 \text{ mol H}_2\text{O} \text{ yang terbentuk}$$

$$= 10,15 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{Massa H}_2\text{O} = \text{mol reaktan} \times \text{BM}$$

$$= 10,15 \text{ kmol/jam} \times 18 \text{ kg/kmol}$$

$$= 182,75 \text{ kg/jam}$$
  - Massa *Bisphenol A* yang dihasilkan  

$$\text{Mol Bisphenol A} = 10,15 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{Massa Bisphenol A} = \text{mol reaktan} \times \text{BM}$$

$$= 10,15 \text{ kmol/jam} \times 228 \text{ kg/kmol}$$

$$= 2.315 \text{ kg/jam}$$
- Harga penjualan *Bisphenol-A* dalam 1 jam operasional
- $$\text{Harga Bisphenol A} = \text{massa produk} \times \text{harga}$$
- $$= 2.315 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 81.000,-$$
- $$= \text{Rp } 187.515.000$$

Harga Pembelian bahan baku dalam 1 jam operasional tertera pada tabel 2.7 sebagai berikut:

Tabel 2.7 Harga Pembelian Bahan Baku dalam 1 Jam Operasional

<b>Bahan Baku</b>	<b>Massa (kg/jam)</b>	<b>Harga per kg</b>	<b>Harga Bahan Baku</b>
<i>Acetone</i>	736,07	Rp 15.433,-	Rp 11.359.776,-
<i>Phenol</i>	2.386	Rp 24.221,-	Rp 57.788.489,-
Total			Rp 69.148.265,-

Keuntungan dalam 1 jam operasional

$$\begin{aligned}
 \text{Keuntungan} &= \text{Harga jual} - \text{Harga beli} \\
 &= \text{Rp } 187.515.000,- - \text{Rp } 69.148.265 \\
 &= \text{Rp } 118.366.735,-
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan perbandingan setiap proses pembuatan *Bisphenol A* yang disajikan pada Tabel 2.8 sebagai perbandingan pemilihan proses, manakah proses yang lebih baik yang ditinjau dari segi ekonomi, kualitas produk, dan kondisi operasi.

Tabel 2.8 Perbandingan Proses Pembuatan *Bisphenol A*

<b>Parameter</b>	<b>Proses</b>	
	<i>Hydrogen Chloride- Catalyzed Process</i>	<i>Resin Catalyzed Process</i>
T operasi	55	76
Konversi	55	80
Reaktor		<i>Fixed Bed</i>
Katalis	HCL	<i>Acidic Resin</i>
$\Delta H^\circ$ Suhu Operasi	-76.569,977 kJ/kmol	-76.480,961 kJ/kmol
$\Delta G^\circ$ Suhu Operasi	-15.767,703 kJ/kmol	-13.681,137 kJ/kmol
Harga Katalis	Rp 123.000,- / L	Rp 12.536,-/kg
Harga Bahan Baku per jam	Rp 100.579.294,-	Rp 69.148.265,-
Korosifitas	Tinggi	Rendah
Keuntungan per jam	Rp 86.935.706,-	Rp 118.366.735,-

Dari kedua jenis proses berdasarkan katalis yang digunakan dalam pembuatan *Bisphenol A*, proses yang dipilih adalah *Resin Catalyzed Process*. Proses ini menggunakan katalis *sulfonated styrene divinyl benzene resin* dikarenakan memiliki tingkat korosivitas yang rendah sehingga material yang digunakan akan lebih ekonomis. Pada industri *Bisphenol A* yang menggunakan katalis asam, *heat exchanger* harus terbuat dari bahan *monel alloys* dan memerlukan biaya yang tinggi dalam hal pemurnian proses. Sedangkan jika menggunakan katalis padat seperti *Acidic Resin*, keseluruhan alat pabrik hanya menggunakan *stainless steel* dengan proses pemurnian yang lebih sedikit. Selain itu, perbedaan kedua proses ini menunjukkan biaya pembangunan alat dengan katalis asam memakan biaya dua kali lipat dibandingkan katalis padat (deangelis, 2004). Disamping itu pada proses pembuatan *Bisphenol A* dengan *Hydrogen Chloride-Catalyzed Process* memiliki kekurangan pada penanganan limbah yang mengharuskan limbah dinetralisasi terlebih dahulu dan diberi *treatment*. Oleh karena itu penggunaan katalis resin dipilih.

## 2.1. Uraian Proses

### 1. Tahap Penyediaan Bahan Baku

Phenol yang disuplai dari PT. Metropolitan Phenol Pratama diubah menjadi liquid melalui *Melter* (MT-101) dengan suhu  $45^{\circ}\text{C}$  kemudian dialirkan menuju *Mix Point* (MP-101) untuk dicampurkan. *Mix Point* (MP-101) dicampurkan lagi dengan bahan baku *acetone* yang berasal dari Hangzou Baoran Chemical. Hasil *Mix Point* (MP-102) ini dialirkan menuju reaktor (RE-201).

### 2. Tahap Reaksi

Aliran *Mix Point* (MP-102) memasuki reaktor (RE-201) pada fase cair diproses menjadi *Bisphenol A* dengan rentang suhu reaksi  $45^{\circ}\text{C} - 85^{\circ}\text{C}$  pada tekanan 1 atm. Reaktor yang digunakan adalah jenis *Fixed Bed Packed Tower* dengan Katalis *Resin*. Kondisi operasi reaktor adalah adiabatik sehingga suhu *outlet* semakin meningkat dengan batas suhu maksimal  $85^{\circ}\text{C}$  (Prokop, 2004).

### 3. Tahap Pemurnian dan Pematatan

Outlet reaktor berupa campuran antara *Bisphenol A*, *phenol*, *acetone* dan air kemudian dipisahkan dengan distilasi (MD-301). Berdasarkan titik didih terendah, *acetone* menjadi distilat dan terpisahkan dari larutan. *Acetone* diumpankan ke dalam *Mix Point* (MP-102) sebelum inlet reaktor. Untuk bottom dari distilasi (MD-301) yang masih mengandung air dan *phenol* kemudian dipisahkan dengan distilasi (MD-302). Bagian *bottom* dari distilasi berupa larutan yang mengandung *Bisphenol A* dan *phenol* yang kemudian dialirkan menuju Menara Distilasi Vakum (MD-303) untuk dipisahkan *phenol* dan *Bisphenol A* nya. *Phenol* direcycle kembali di *Mix Point* (MP-102) sebelum memasuki tahapan reaksi. Setelah didapat *Bisphenol A* dengan kemurnian 99,5% kemudian diubah menjadi padatan dengan menggunakan *Prilling Tower* (PT-401).

### 4. Tahap Penyimpanan

Hasil Produk berupa prill dipindahkan menggunakan *Screw Conveyor* (SC-301) menuju tangki produk dan dikemas di gudang penyimpanan.

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

3.1. Bahan Baku

3.1.1 Bahan Baku Utama

Bahan baku utama dalam pembuatan *Bisphenol A* sebagai berikut:

1) *Acetone*

Rumus molekul	: C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O
Berat molekul	: 58,08 g/mol
Fasa dan kenampakan:	cair tak berwarna
Titik didih, 1 atm	: 56,08°C
Titik leleh, 1 atm	: -94,8°C
Titik nyala	: -18°C
Densitas	: 0,791
Densitas uap	: 2 (udara=1)
Tekanan uap	: 231 mmHg (25°C)
Spesifik gravity	: 0,790 – 0,793 (20oC)
Cp	: 127,53 J/mol.K(25oC)
Viskositas	: 0.32 cP (20°C)
Kemurnian	: 99,50 %
Impurities	: 0,50 % H <sub>2</sub> O
Suhu terbakar	: 465 °C
Kelarutan	: 1000 mg/mL (25°C)

Batas atas/bawah terbakar atau meledak : 13.0%/2.2% Vol

(Pubchem, 2023, MSDS)



2) *Phenol*

Rumus molekul	: C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O
Berat molekul	: 94,11 g/mol
Fasa dan kenampakan	: kristal putih
Titik didih, 1 atm	: 182 °C
Titik leleh, 1 atm	: 43°C
Titik nyala	: 79°C
Suhu Terbakar	: 715 °C
Densitas	: 1,071 g/mL (25°C)
Densitas uap relative	: 3,24 (vs udara)
Tekanan Uap	: 0,09 (55°C)
C <sub>p</sub>	: 127,4 J/mol.K (25°C)
Kemurnian	: 99,00 %
Impurities	: 0,10 % H <sub>2</sub> O
Kelarutan	: 8 g /100 mL air (25°C)

(Guide Chem 2017; MSDS)

## 3.1.2 Bahan Baku Pendukung

## 1) Katalis

Nama	: <i>sulfonated styrene divinylbenzene resin</i>
Berat Molekul	: 314,398 g/mol
Bentuk	: <i>beads</i> (butiran)
Densitas Partikel	: 1,13 g/ml = 1,13 kg/dm <sup>3</sup>
Porositas	: 0,36
Diameter partikel	: 730 μm = 0,00073 m = 0,73 mm

*(Mitsubishi Chemical Corporation)*

### 3.2. Produk

#### 3.2.1 Produk Utama

##### 1) *Bisphenol A*

Rumus molekul	: $C_{15}H_{16}O_2$	
Berat molekul	: 228,29 g/gmol	
Fasa dan kenampakan	: Padatan berwarna putih	
Titik didih,	: 220°C	
Titik leleh,	: 158°C	
Titik nyala	: 227°C	
Densitas	: 1,2 g/ml (25°C)	
Tekanan Uap	: <1 Pa (25°C)	
Viskositas	: 1,784 mPa s @ 75°C	
Cp	: 287,72 J/mol.K (25°C)	
Kemurnian	: $\geq 99\%$	(Yadav, 1997)
Impurities	: $\geq 0,2\%$ <i>phenol</i>	
Kelarutan	: 0,289 g/L(H <sub>2</sub> O, 25°C)	

(Chemical Book, 2023, MSDS)

#### 3.2.2 Produk Samping

##### 1) Air

Rumus molekul	: H <sub>2</sub> O
Berat molekul	: 18,015 g/gmol
Fasa dan kenampakan	: cair tak berwarna
Titik didih, 1 atm	: 100°C
Titik beku, 1 atm	: 0°C
Densitas	: 1,000 g/cm <sup>3</sup> (25°C)
Densitas uap (teoritis)	: 3 mmHg (37°C)
Tekanan kritis	: 281,4 atm
Temperatur Kritis	: 374,15°C

(Chemical Book, 2023, MSDS)

## **BAB X**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **10.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik *Bisphenol A* dari *Acetone* dan *Phenol* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Ditinjau dari segi pengadaan bahan baku, transportasi, pemasaran, dan lingkungan, maka pabrik *Bisphenol A* direncanakan berdiri di daerah Kasemen, Serang, Banten..
2. Berdasarkan hasil analisis teknis dan ekonomi, maka pabrik *Bisphenol A* ini layak untuk didirikan dengan hasil perhitungan analisis ekonomi sebagai berikut :
  - a. *Percent Return on Investment* (ROI) setelah pajak yaitu 37%
  - b. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu 1,5 tahun dan 1,89 tahun setelah pajak.
  - c. *Break Even Point* (BEP) sebesar 35%, dimana rentang BEP standar antara 31 – 60%. Nilai *Shut Down Point* (SDP) sebesar 28%, yaitu dengan batasan

kapasitas produksi tersebut pabrik harus berhenti berproduksi karena jika beroperasi dibawah nilai SDP maka pabrik akan mengalami kerugian

- d. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 32%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini daripada ke bank.

## **10.2. Saran**

Pabrik *Bisphenol A* dari *Acetone* dan *Phenol* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut, baik dari segi proses maupun dari segi ekonominya.

## DAFTAR PUSTAKA

Alibaba, 2023. *Harga Bahan Kimia*. Diakses melalui [www.Alibaba.com](http://www.Alibaba.com) pada 5 Januari 2023.

Altuwair, 2018. Production of Bisphenol A (BPA) by Green Technology Vol. 1 Issue 2

Bing Maps. 2023. Diakses melalui [www.bing.com/maps](http://www.bing.com/maps)

Badan Pusat Statistik, 2023. *Statistic Indonesia*. Diakses melalui [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). pada 11 Januari 2023.

Brownell, L. E., and Young, E. H. 1956. *Process Equipment Design*. University of Michigan. John Wiley and Sons Inc. New York.

Coulson, J. M., and J. F. Richardson 2005. *Chemical Engineering 4<sup>th</sup> edition*. Butterworth-Heinemann: Washington.

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

Geankoplis, Christie. J. 1993. *Transport Processes and Unit Operation 3<sup>rd</sup> edition*. Allyn & Bacon Inc, New Jersey.

Himmelblau, David. 2004. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering 7<sup>th</sup> edition*. Prentice Hall Inc, New Jersey.

Iimuro, S. et. al, *Preparation of Bisphenol A*. US Patent 5248839A

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

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

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

Mustaina, 2015. *Prarancangan Pabrik Etil Klorida dari Etilen dan Hidrogen Klorida Kapasitas 60.000 Ton/Tahun. Skripsi*, Lampung: Universitas Lampung.

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

Peter, M. S., Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 4<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill: New York.

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

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

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

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

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

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

Prokop, Z. et al., *Bisphenol A synthesis – modeling of industrial reactor and catalyst deactivation*. Reactive and Functional Polymer Journal Vol.60

