

**PRARANCANGAN PABRIK *BISPHENOL A* DARI *ACETONE* DAN
PHENOL DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN
(Perancangan *Prilling Tower* (PT-401))**

(Skripsi)

Oleh:

**INDAH PRATIWI GULTOM
(1715041026)**



**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 *Prilling Tower* (PT-401))

Oleh

INDAH PRATIWI GULTOM

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) _b = 1,57 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a = 1,89 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b = 46%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a = 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 Prilling Tower (PT-401))

By

INDAH PRATIWI GULTOM

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) _b = 1,57 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a = 1,89 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b = 46%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a = 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 *Prilling Tower* (PT-401))**

Oleh

Indah Pratiwi Gultom

1715041026

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 *Prilling Tower*
(PT-401))

Nama Mahasiswa : **Indah Pratiwi Gultom**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1715041026

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik



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

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

2. Ketua Jurusan

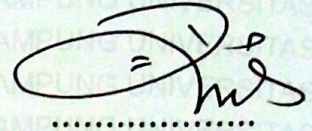
Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

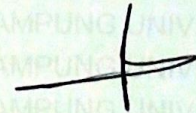
Ketua

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



Sekretaris

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



Penguji

Bukan Pembimbing I : Dr. Sri Ismiyati D, S.T., M.Eng.



Bukan Pembimbing II : Panca Nugrahini F, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIR. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 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, 12 Desember 2023



Indah Pratiwi Gultom

NPM. 1715041026

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Jambi pada tanggal 28 Desember 1998, anak kedua dari empat bersaudara dari Bapak Jesman Gultom dan Ibu Nurlely Sari Rambe.

Riwayat pendidikan penulis dimulai dari Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) Xaverius 1 Kota Jambi (2004-2005), SD Xaverius 1 Kota Jambi (2005-2011), SMP Xaverius 1 Kota Jambi (2011-2014) dan menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di Xaverius 1 Kota Jambi 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 *Evaporator Quadruple Effect*” serta menjalankan penelitian yang berjudul “Uji Pelepasan Pupuk MAP (*Mono Ammonium Phosphate*) Lepas Lambat Termodifikasi Komposit Karbon-Bentonit” 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*).

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

Motto dan Persembahan

مَا وَدَّعَاكَ رَبُّكَ وَمَا قَلَىٰ

Ma wad da'aka rabbuka wa ma qalaa

"Tuhanmu tiada meninggalkan kamu dan tiada (pula) benci kepadamu,"

(Ad Dhuha QS 93:3)

"Everything happens for a reason "

(Anonim)

"Usaha yang terbaik patutlah dilakukan, kadang kala terasa menyenangkan namun terkadang terasa redup harapan, janganlah kau lupa bahwa kau punya Tuhan"

(Indah Pratiwi Gultom)

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.

Kakakku seorang

Terimakasih atas dukungan baik moral, materil, dan doa. Serta motivasinya 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 Dr. Sri Ismiyati D, S.T., M.Eng. dan Ibu Panca Nugrahini F, S.T., M.T. selaku Dosen Peguji 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. Elida Purba, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan motivasi dan semangat selama masa kuliah.

6. Kedua orang tuaku yang telah berkorban mengusahakan segalanya sehingga saya bisa menyelesaikan studi dan menjadi seorang Sarjana. Semua doa dan usaha yang diberikan takkan terbayarkan, oleh karena itu beribu terimakasih saya ucapkan.
7. Alm. Opung dan Alm. Nenekku yang selalu terkenang didalam hati dan pikiran, mereka juga menjadi salah satu pematik saya untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir.
8. Rizky Abdillah sebagai partner Kerja Praktek, Penelitian hingga Tugas Akhir. Terimakasih karena sudah banyak membantu, memberikan saran serta semangat selama berpartner.
9. Sobat Kosan Bersamaku (Anggun, Espi, Beti, Helen) yang selalu membantu dan mewarnai hari-hari saya disaat terasa kelam.
10. Abdurrahman Rasyad, yang selalu memberikan dukungan, menjadi tempat berdiskusi, dan bertukar pikiran. *Everything hits different since the first time of your presence.*
11. Teman-temanku Angkatan 2017 yang sudah melewati berbagai hal bersama, baik suka maupun duka. Terimakasih dan semoga kedepannya kita bertemu lagi disaat kesuksesan bukan lagi hanya mimpi.
12. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
13. 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, 12 Desember 2023

Penulis,



Indah Pratiwi Gultom

NPM. 1715041032

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	viii
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kegunaan Produk.....	2
1.3 Kapasitas Pabrik.....	2
1.4 Lokasi Pabrik	7
BAB II PEMILIHAN PROSES	
2.1 Macam-Macam Proses	11
2.2 Pemilihan Proses	12
2.3 Uraian Proses	25
BAB III SPESIFIKASI BAHAN	
3.1. Bahan Baku	27
3.2. Produk	29
BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI	
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. <i>Project Master Schedule</i>	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 *PRILLING******TOWER (PT-401)***

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Konsumsi <i>Bisphenol A</i> pada Industri Resin Epoksi	3
Tabel 1.2. Konsumsi <i>Bisphenol A</i> pada Industri Polikarbonat	3
Tabel 1.3. Konsumsi <i>Bisphenol A</i> pada Industri <i>Adhesive</i>	4
Tabel 1.4. Konsumsi <i>Bisphenol A</i> pada Industri Cat	4
Tabel 1.5. Total konsumsi <i>Bisphenol A</i> di Indonesia	5
Tabel 1.6. Data Impor <i>Bisphenol A</i> di Indonesia	5
Tabel 1.7. Tinjauan Pemilihan Lokasi	7
Tabel 2.1. Data nilai ($\Delta H_{f,298}^0$) standar reaktan dan produk	13
Tabel 2.2. Nilai Konstanta C_p Pada Setiap Bahan	14
Tabel 2.3. Data Nilai (ΔG^0) Standar Reaktan dan Produk	16
Tabel 2.4. Senyawa dan BM	20
Tabel 2.5. Harga Pembelian Bahan Baku dalam 1 Jam Operasional	21
Tabel 2.6. Senyawa dan BM	22
Tabel 2.7. Harga Pembelian Bahan Baku dalam 1 Jam Operasional	24
Tabel 2.8. Perbandingan Proses Pembuatan <i>Bisphenol A</i>	24
Tabel 4.1. Neraca Massa pada <i>Melter Tank</i> (MT-101)	31
Tabel 4.2. Neraca Massa pada <i>Reactor</i> (RE-201)	31
Tabel 4.3. Neraca Massa Pada <i>Distillation Column</i> (DC-301)	32
Tabel 4.4. Neraca Massa <i>Distillation Column</i> (DC-302)	32
Tabel 4.5. Neraca Massa <i>Distillation Column</i> (DC-303)	33
Tabel 4.6. Neraca Massa <i>Prilling Tower</i> (PT-401)	33
Tabel 4.7. Neraca Energi pada <i>Melter Tank</i> (MT-101)	34
Tabel 4.8. Neraca Energi pada Reaktor (RE-201)	34
Tabel 4.9. Neraca Energi pada <i>Heater</i> (HT-301)	35
Tabel 4.10. Neraca Energi Total <i>Distillation Column</i> (DC-301)	35
Tabel 4.11. Neraca Energi Total <i>Distillation Column</i> (DC-302)	36

Tabel 4.12. Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-301)	36
Tabel 4.13. Neraca Energi Total <i>Distillation Column</i> (DC-303)	37
Tabel 4.14. Neraca Energi pada <i>Cooler</i> (CO-302).....	37
Tabel 4.15. Neraca Energi pada <i>Cooler</i> (CO-303)	38
Tabel 4.16. Neraca Energi <i>Expansion Valve</i> (EV-301).....	38
Tabel 4.17. Neraca Energi <i>Expansion Valve</i> (EV-302).....	38
Tabel 4.18. Neraca Energi <i>Steam Ejector</i> (SE-301).....	39
Tabel 4.19. Neraca Energi <i>Steam Ejector</i> (SE-302).....	39
Tabel 4.20. Neraca Energi pada <i>Barometric Condensor</i> (BC-301).....	39
Tabel 4.15. Neraca Energi Total pada <i>Prilling Tower</i> (PT-401).....	40
Tabel 5.1.1 Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-101)	41
Tabel 5.1.2 Spesifikasi <i>Silo Tank</i> (SI-101).....	42
Tabel 5.1.3 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-101)	42
Tabel 5.1.4 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-101).....	43
Tabel 5.1.5 Spesifikasi <i>Melter Tank</i> (MT-101).....	43
Tabel 5.1.6 Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	45
Tabel 5.1.7 Spesifikasi <i>Heater</i> (HT-301)	45
Tabel 5.1.8 Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-301).....	45
Tabel 5.1.9 Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301)	46
Tabel 5.1.10 Spesifikasi <i>Accumulator</i> (ACC-301).....	47
Tabel 5.1.11 Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301)	48
Tabel 5.1.12 Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-302).....	48
Tabel 5.1.13 Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-302)	49
Tabel 5.1.14 Spesifikasi <i>Accumulator</i> (ACC-302).....	50
Tabel 5.1.15 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301).....	50
Tabel 5.1.16 Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-302)	51
Tabel 5.1.17 Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-303).....	52
Tabel 5.1.18 Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-303)	52
Tabel 5.1.19 Spesifikasi <i>Steam Jet Ejector</i> (SE-301).....	53
Tabel 5.1.20 Spesifikasi <i>Steam Jet Ejector</i> (SE-302).....	54
Tabel 5.1.21 Spesifikasi <i>Barometric Condensor</i> (BC-301).....	55
Tabel 5.1.22 Spesifikasi <i>Horizontal Hotwell Basin</i> (HWB-301).....	55

Tabel 5.1.23 Spesifikasi <i>Accumulator</i> (ACC-303).....	56
Tabel 5.1.24 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-302).....	56
Tabel 5.1.25 Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-303)	57
Tabel 5.1.26 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-303).....	57
Tabel 5.1.27 Spesifikasi <i>Prilling Tower</i> (PT-401)	58
Tabel 5.1.28 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-401)	59
Tabel 5.1.29 Spesifikasi <i>Silo Tank</i> (SI-401).....	59
Tabel 5.1.30 Spesifikasi Pompa Proses (PP – 101).....	60
Tabel 5.1.31 Spesifikasi Pompa Proses (PP – 102).....	60
Tabel 5.1.32 Spesifikasi Pompa Proses (PP – 301).....	61
Tabel 5.1.33 Spesifikasi Pompa Proses (PP – 302).....	61
Tabel 5.1.34 Spesifikasi Pompa Proses (PP – 303).....	62
Tabel 5.1.35 Spesifikasi Pompa Proses (PP – 304).....	63
Tabel 5.1.36 Spesifikasi Pompa Proses (PP – 305).....	64
Tabel 5.1.37 Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-301)	64
Tabel 5.2.1.1 Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401).....	65
Tabel 5.2.1.2 Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> (DT–501)	66
Tabel 5.2.1.3 Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> (DT–502)	66
Tabel 5.2.1.4 Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> (DT–503)	67
Tabel 5.2.1.5 Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL–501).....	68
Tabel 5.2.1.6 Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF–501)	68
Tabel 5.2.1.7 Spesifikasi <i>Storage Tank Filtered Water</i> (TA-504)	69
Tabel 5.2.1.8 Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB – 501)	69
Tabel 5.2.1.9 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT–501).....	70
Tabel 5.2.1.10 Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB – 501)	70
Tabel 5.2.1.11 Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE–501)	71
Tabel 5.2.1.12 Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE–501).....	71
Tabel 5.2.1.13 Spesifikasi <i>Storage Tank Asam Sulfat</i> (TP-505)	72
Tabel 5.2.1.14 Spesifikasi <i>Storage Tank Dispersant</i> (TP-506)	72
Tabel 5.2.1.15 Spesifikasi <i>Storage Tank Inhibitor</i> (TP-507)	73
Tabel 5.2.1.16 Spesifikasi <i>Storage Tank Air Demin</i> (TA-508)	74
Tabel 5.2.1.17 Spesifikasi <i>Storage Tank Domestic Water</i> (TA–509)	74

Tabel 5.2.1.18 Spesifikasi <i>Storage Tank Hydrant Water</i> (TA-510).....	75
Tabel 5.2.2.1 Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DA-601)	76
Tabel 5.2.2.2 Spesifikasi Tangki Hidrazin (TP-601).....	76
Tabel 5.2.2.3 Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-601).....	77
Tabel 5.2.2.4 Spesifikasi <i>Blower Air</i> (BS- 601).....	77
Tabel 5.2.2.5 Spesifikasi <i>Burner</i> (FB-601)	78
Tabel 5.2.2.6 Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Bahan Bakar (ST- 602).....	78
Tabel 5.2.3.1 Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CYC-701)	79
Tabel 5.2.3.2 Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD – 701)	79
Tabel 5.2.3.3 Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-701)	80
Tabel 5.2.3.4 Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 1 (BU – 701).....	80
Tabel 5.2.3.5 Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 2 (BU – 702).....	80
Tabel 5.2.3.6 Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 3 (BU – 703).....	81
Tabel 5.2.3.7 Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 4 (BU – 704).....	81
Tabel 5.2.4.1 Spesifikasi Generator Listrik (GS-801).....	81
Tabel 5.2.4.2 Spesifikasi Tangki Bahan Bakar Generator (GS-901)	82
Tabel 5.2.5.1 Spesifikasi Pompa (PU – 501).....	82
Tabel 5.2.5.2 Spesifikasi Pompa (PU – 502).....	83
Tabel 5.2.5.3 Spesifikasi Pompa (PU – 503).....	83
Tabel 5.2.5.4 Spesifikasi Pompa (PU – 504).....	84
Tabel 5.2.5.5 Spesifikasi Pompa (PU – 505).....	84
Tabel 5.2.5.6 Spesifikasi Pompa (PU – 506).....	85
Tabel 5.2.5.7 Spesifikasi Pompa (PU – 507).....	86
Tabel 5.2.5.8 Spesifikasi Pompa (PU – 508).....	86
Tabel 5.2.5.9 Spesifikasi Pompa (PU – 509).....	87
Tabel 5.2.5.10 Spesifikasi Pompa (PU – 510)	88
Tabel 5.2.5.11 Spesifikasi Pompa (PU – 511)	88
Tabel 5.2.5.12 Spesifikasi Pompa (PU – 512)	89
Tabel 5.2.5.13 Spesifikasi Pompa (PU – 513)	89
Tabel 5.2.5.14 Spesifikasi Pompa (PU – 514)	90
Tabel 5.2.5.15 Spesifikasi Pompa (PU – 515)	89
Tabel 5.2.5.16 Spesifikasi Pompa (PU – 516)	91
Tabel 5.2.5.17 Spesifikasi Pompa (PU – 517)	92

Tabel 5.2.5.18 Spesifikasi Pompa (PU – 518)	93
Tabel 5.2.5.19 Spesifikasi Pompa (PU – 601)	93
Tabel 5.2.5.20 Spesifikasi Pompa (PU – 602)	94
Tabel 5.2.5.21 Spesifikasi Pompa (PU – 603)	95
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Untuk General Uses.....	97
Tabel 6.2. Kebutuhan Air Pendingin.....	98
Tabel 6.3. Kebutuhan Air Umpan Boiler	101
Tabel 6.5. Kebutuhan Air Pabrik.....	103
Tabel 6.6. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian.	114
Tabel 6.7. Pengendalian Variabel Utama Proses.....	115
Tabel 7.1. Perincian luas area Pabrik Bisphenol A	121
Tabel 8.1. Project Master Schedule of Bisphenol A Plant	126
Tabel 8.2. Daftar Gaji Karyawan	142
Tabel 8.3. Jadwal kerja masing - masing regu	145
Tabel 8.4. Perincian Tingkat Pendidikan	146
Tabel 8.5. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat	148
Tabel 8.6. Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	149
Tabel 9.1. <i>Fixed Capital Investment</i>	157
Tabel 9.2. <i>Manufacturing Cost</i>	158
Tabel 9.3. <i>General Expenses</i>	159
Tabel 9.4. Biaya Administratif	160
Tabel 9.5. <i>Minimum Acceptable Percent Return On Investment</i>	163
Tabel 9.6. <i>Acceptable Pay Out Time</i> untuk Tingkat Resiko Pabrik.....	163
Tabel 9.7. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi.....	166

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Grafik Impor <i>Bisphenol A</i> di Indonesia	6
Gambar 1.2. Persebaran Konsumen <i>Bisphenol A</i> di Pulau Jawa.....	8
Gambar 1.3. Persebaran Konsumen <i>Bisphenol A</i> di Pulau Kalimantan	9
Gambar 1.4. Lokasi akan didirikannya Pabrik <i>Bisphenol A</i>	9
Gambar 6.1. <i>Cooling Tower</i>	100
Gambar 6.2. <i>Diagram Cooling Water System</i>	101
Gambar 6.3. Deaerator.....	103
Gambar 6.4. Diagram Alir Pengolahan Air	104
Gambar 7.1. Peta Kabupaten Banten.....	122
Gambar 7.2. Lokasi Berdirinya Pabrik <i>Bisphenol A</i>	122
Gambar 7.3. Tata Letak Pabrik.....	123
Gambar 7.4. Tata Letak Unit Proses.....	124
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan	131
Gambar 9.1. Grafik <i>Break Even Point</i> (BEP).....	165
Gambar 9.2. 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 ¹	1.800
2.	PT. Belawandeli Chemical Industry ²	5.000
3.	PT. Eternal Buana Chemical Industries ³	3.500
4.	PT. Intanwijaya Internasional ⁴	6.000
5.	Perawang Perkasa Industri ⁵	600
6.	PT. Diachem Resin ⁶	650
Total		17.550

Sumber : (¹apc.co.id, ²belawandeli.tjipta.com, ³ebergroup.com, ⁴intanwijaya.com, ⁵daftarperusahaanindonesia.com, ⁶pmmk.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 ¹	640
2.	PT. Standard Toyo Polymer ¹	352
3.	PT. Satomo Indovyl Polymer ¹	140
4.	PT. Eastern (Mitsubishi) Polymer ¹	72
5.	PT. Styron Indonesia ¹	140
6.	PT. Arbe Styrimdo ¹	30
7.	PT. Chandra Asri Petrochemical ¹	1.640
8.	PT. Lotte Chemical Titan Nusantara ¹	900
9.	PT. Pertamina UP III ¹	80
10.	PT. Polytama Propindo ²	600

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

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

Sumber : (¹cci-indonesia.com, ²polytama.co.id, ³impack-pratama.com, ⁴ebergroupp.com, ⁵trias-sentosa.com, ⁶perpamsi.or.id, ⁷ekonomi.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 ¹	4,8
2.	PT. Indochem Cipta Mandiri ²	100
3.	PT. Duta Pertiwi Nusantara ³	750
Total		854,8

Sumber : (¹impack-pratama.com, ²iccm.co.id, ³dnp.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 ¹	4.275
2.	PT. Asia Paint ²	375
3.	PT. Propan Raya ³	1.500
4.	PT. Nippon Paint ⁴	6.000
5.	PT. Kansai Paint ⁵	360
8.	Sigma Utama Paint ⁶	90
6.	PT. Colorpark Indonesia Tbk. ⁷	187,5

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

7.	PT. Pacific Paint ⁸	600
Total		13.387,5

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

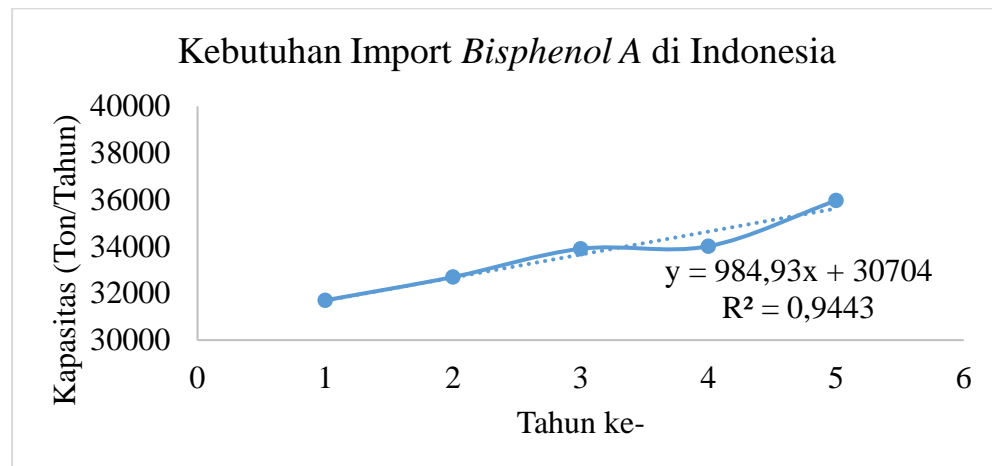
Bisphenol A merupakan bahan yang dibutuhkan di Indonesia. Akan tetapi, kebutuhan *Bisphenol A* di Indonesia tidak dapat tercukupi tanpa adanya kegiatan impor *Bisphenol A* dalam jumlah yang cukup besar. Berikut ini adalah data impor *Bisphenol A* beberapa tahun terakhir yang disajikan pada tabel 1.6.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

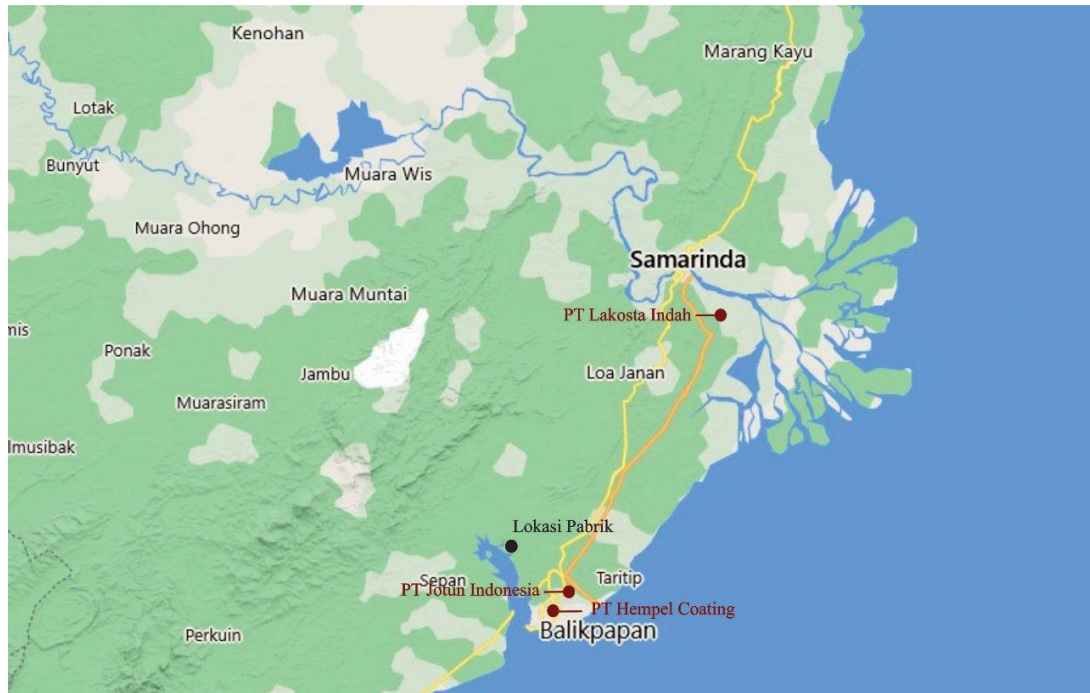
Jarak ke pabrik	51 km	143 km	9,5 km
<i>phenol</i>			
Konsumen	Terdapat banyak konsumen namun jarak cukup jauh	Terdapat hanya beberapa konsumen dan jarak cukup jauh	Terdapat banyak konsumen dan jarak lebih dekat
Sumber air	Sungai Ciujung	Sungai Ampal	Sungai Cibanten
Jarak dari Sumber Air	250 m	1052 m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

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

Persebaran konsumen *Bisphenol A* di Indonesia :

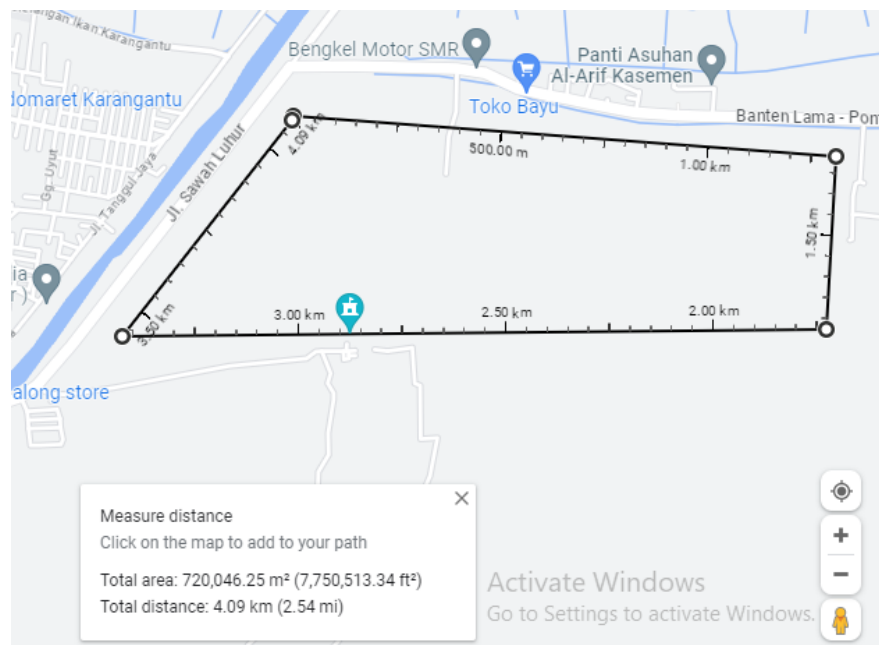


Gambar 1.2. Persebaran Konsumen *Bisphenol A* di Pulau Jawa



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.

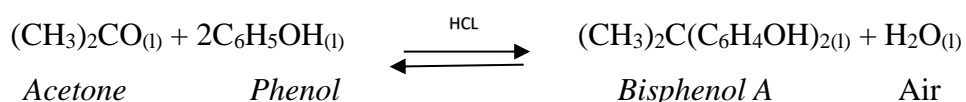
BAB II TINJAUAN PROSES

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*

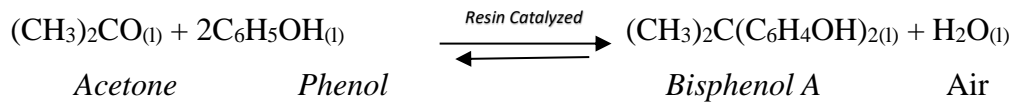
Proses ini merupakan proses pembuatan *Bisphenol A* dengan bahan baku *acetone* dan *phenol* menggunakan katalis asam. Proses dengan menggunakan katalis asam merupakan proses tertua yang digunakan. *Bisphenol A* pertama kali diproduksi oleh ilmuwan Rusia pada tahun 1981 dengan menggunakan asam klorida (*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 ΔH tersebut menunjukkan jumlah energy yang dibutuhkan ataupun yang dihasilkan.

ΔH bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas untuk berlangsungnya reaksi sehingga semakin besar ΔH maka semakin besar juga energi yang dibutuhkan dan *cost* yang harus dikeluarkan. Sedangkan ΔH 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 ΔH_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

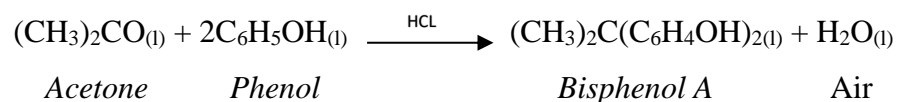
Komponen	Rumus Molekul	$\Delta H^0_{f 298}$ (kJ/kmol)
<i>Acetone</i>	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	-217.570
<i>Phenol</i>	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	-96.360

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>	H_2O	-241.800

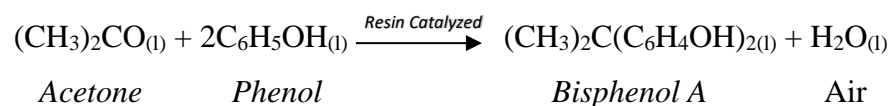
Sumber : Yaws (1996)

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 (ΔH_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	$-2,490 \times 10^{-3}$	2.280×10^{-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 ΔH_r pada suhu tertentu menggunakan persamaan sebagai berikut (Smith, 2001):

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

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

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

$$\tau = T/T_0$$

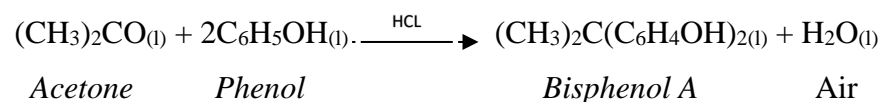
Diketahui:

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

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

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

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 ΔB , ΔC dan ΔD 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 ΔH_r pada suhu tertentu menggunakan persamaan sebagai berikut (Smith, 2001) :

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

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

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

$$\tau = T/T_0$$

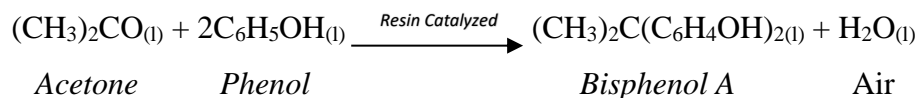
Diketahui:

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

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

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

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 ΔB , ΔC dan ΔD 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. ΔG bernilai positif (+) menunjukkan reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar. Sedangkan ΔG bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya membutuhkan sedikit energi. Oleh karena itu, semakin kecil atau negatif ΔG maka reaksi tersebut akan semakin baik karena berlangsung secara spontan, energi yang dibutuhkan semakin kecil. Nilai ΔG_f dan ΔH_f untuk masing-masing komponen reaksi dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

a.) Menghitung Nilai Gibbs Standar pada 298,15 K (ΔG^0_{298})

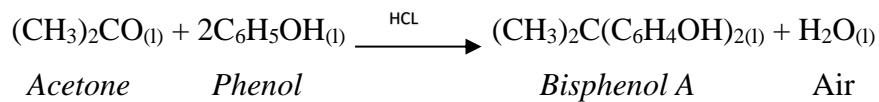
Untuk mengetahui harga ΔG^0 pada suhu 25°C atau 298,15 K perlu diketahui data-data sebagai berikut:

Tabel 2.3 Data nilai (ΔG^0) Standar Reaktan dan Produk

Komponen	Rumus Molekul	ΔG^0_f 298 (kJ/kmol)
<i>Acetone</i>	(CH ₃) ₂ CO	-153.050
<i>Phenol</i>	C ₆ H ₅ OH	-32.890
<i>Bisphenol A</i>	(CH ₃) ₂ C(C ₆ H ₄ OH) ₂	-9.420
Air	H ₂ O	-228.600

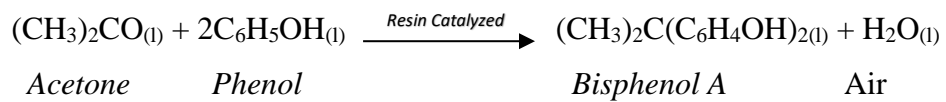
Sumber : Yaws (1996)

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 ΔG reaksi menggunakan persamaan sebagai berikut (Smith, 2001) :

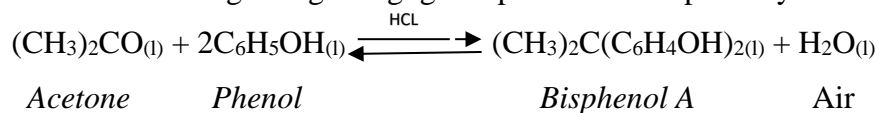
$$\Delta G = \Delta H_r - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0 - \Delta G_0) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT + \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} \frac{dT}{T}$$

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

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

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

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 ΔB , ΔC dan ΔD 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 :

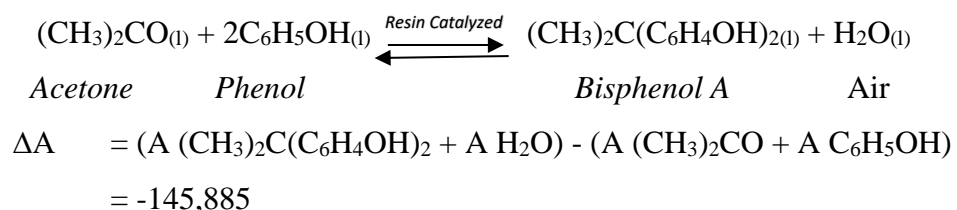
$$\begin{aligned}\int_{T_0}^T \frac{Cp}{R} dT &= 540,023 \\ \int_{T_0}^T \frac{\Delta Cp}{R} \frac{dT}{T} &= -2.945,665 \\ \Delta G &= -77.110 - \left(\frac{T}{T_0} \times (-77.110 - (-19.190))\right) + 540,023 + (-2.945,665) \\ \Delta G &= -15.767,703 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

2. Resin Catalyzed Process

Untuk menghitung ΔG 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 ΔB , ΔC dan ΔD 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 :

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

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

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

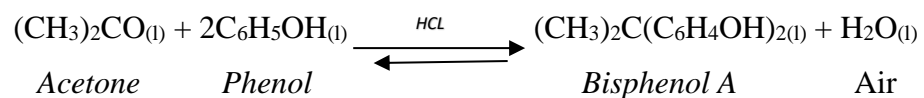
$$\Delta G = -13.681,137 \text{ kJ/mol}$$

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 H₂O 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,-

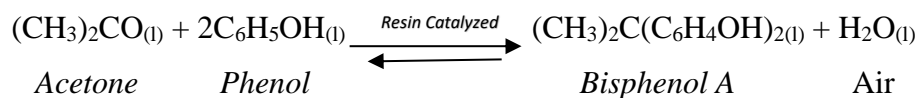
Sumber : (www.alibaba.com)

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

$$\begin{aligned}\text{Mol } phenol &= 2 \times \text{mol } acetone \\ &= 25,38 \text{ kg/kmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa } phenol &= \text{mol reaktan} \times \text{BM} \\ &= 25,38 \text{ kmol/jam} \times 94 \text{ kg/kmol} \\ &= 2.386 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

- Massa H_2O yang dihasilkan

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

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

- 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

$$\begin{aligned}\text{Harga } Bisphenol A &= \text{massa produk} \times \text{harga} \\ &= 2.315 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 81.000,- \\ &= \text{Rp } 187.515.000\end{aligned}$$

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

Bahan Baku	Massa (kg/jam)	Harga per kg	Harga Bahan Baku
<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*

Parameter	Proses	
	<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>
ΔH° Suhu Operasi	-76.569,977 kJ/kmol	-76.480,961 kJ/kmol
ΔG° 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°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°C - 85°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°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 ₃ H ₆ 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 ₂ 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 ₆ H ₆ 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 _p	: 127,4 J/mol.K (25°C)
Kemurnian	: 99,00 %
Impurities	: 0,10 % H ₂ 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 ³
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 ₂ O, 25°C)	

(Chemical Book, 2023, MSDS)

3.2.2 Produk Samping

1) Air

Rumus molekul	: H ₂ 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 ³ (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 memproduksi 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 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

Badan Pusat Statistik, 2023. *Statistic Indonesia*. Diakses melalui 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 4th edition*. Butterworth-Heinemann: Washington.

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

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

Himmelblau, David. 2004. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering 7th 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 2nd edition*. John Wiley and Sons Inc, New York.

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

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

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

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

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

Treyball, R.E. 1983. *Mass Transfer Operation 3rd 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