

PRA RANCANGAN PABRIK BISFENOL-A DARI ASETON DAN FENOL KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN (Pre Factory Design Bisphenol-A Factory From Acetone And Phenol With A Capacity of 50,000 Tons/Year)

A.Audini Fachriani*, Zakir Sabara, Ruslan Kalla

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumaharjo No.Km5
Panaikang, Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia

Inti Sari

Pembangunan industri *Bisfenol-A* yang menghasilkan produk bahan baku ini sangatlah penting, karena dapat mengurangi jumlah impor *Bisfenol-A* dan mengurangi pengeluaran devisa Negara untuk mengimpor *Bisfenol-A* tersebut. Selain itu, dengan adanya pendirian pabrik *Bisfenol-A* di Indonesia dapat membuka lapangan pekerjaan baru dan memacu pertumbuhan industri lainnya. *Bisfenol-A* ini dibuat dengan mereaksikan Aseton dan Fenol. Reaksi berlangsung di dalam *Reaktor Fixed Bed Multitube* pada temperatur 70°C, tekanan 1 atm, reaksi yang berlangsung *endoterm* dimana kebutuhan panas di dalam reaktor diperoleh dari *steam*. Kapasitas produksi *Bisfenol-A* dirancang 50.000 ton/tahun, membutuhkan bahan baku Aseton sebesar 1.606,14 kg/jam dan *Fenol* sebesar 6.418,12 kg/jam. Utilitas listrik sebesar 186,426 kW, *steam* 7.854,8112 kg/jam, bahan bakar berupa solar sebesar 22,2006 liter / jam. Pra Rancangan Pabrik *Bisfenol-A* ini direncanakan berkapasitas 50.000 ton/tahun akan didirikan di Kawasan Industri Cilegon, Banten. Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem garis dan staf membutuhkan tenaga kerja sebanyak 201 orang. Berdasarkan perhitungan evaluasi ekonomi untuk pendirian pabrik *Bisfenol-A* di atas dibutuhkan modal tetap (*fixed capital*) sebesar Rp 226,7 miliar, modal kerja (*working capital*) sebesar Rp 40 miliar dan biaya produksi (*manufacturing cost*) sebesar Rp1,3 T. Harga jual produksi sebesar Rp 1,6 triliun dengan keuntungan sebelum pajak dan sesudah pajak berturut-turut sebesar Rp 212,2 miliar dan Rp 169,8 miliar. Profitabilitas meliputi *Rate of Investement* (ROI) sebelum dan sesudah pajak berturut-turut sebesar 76,56 % dan 63,65 %. *Pay of Time* (POT) sebelum dan sesudah pajak 1,25 tahun dan 1,57 tahun. *Break event Point* (BEP) sebesar 46,21 %. Dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 31,44 %. Berdasarkan pertimbangan teknik dan hasil perhitungan analisis ekonomi di atas, maka pabrik *Bisfenol-A* berkapasitas 50.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

Kata Kunci Bisfenol-A,
Fenol, Aseton, Reaktor Fixed
Bed Multitube

Key Words : *Bisphenol-A, Phenol,
Acetone, Fixed Bed Multitube
Reactor.*

Published by
Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia Makassar

Address
Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan
Email :
Jmpe@umi.ac.id

***Corresponding Author**
andiaudiniidris@gmail.com



Journal History
Paper received : 13 Maret 2024
Received in revised : 17 April 2024
Accepted: 20 Mei 2024

Abstract

The development of the Bisphenol-A industry which produces this raw material product is very important, because it can reduce the amount of imports of Bisphenol-A and reduce the State's foreign exchange expenditure to import Bisphenol-A. In addition, the establishment of a Bisphenol-A factory in Indonesia can open new jobs and spur the growth of other industries. Bisphenol-A is made by reacting Acetone and Phenol. The reaction takes place in a Fixed Bed Multitube Reactor at a temperature of 70°C, a pressure of 1 atm, the reaction is endothermic where the heat requirement in the reactor is obtained from steam. The production capacity of Bisphenol-A is designed to be 50,000 tons/year, requiring 1,606.14 kg/hour of Acetone and 6,418.12 kg/hour of Phenol. Electric utility is 186.426 kW, steam is 7,854.8112 kg/hour, fuel in the form of diesel is 22.2006 liters/hour. The Pre-Design of the Bisphenol-A Plant is planned with a capacity of 50,000 tons/year to be built in the Cilegon Industrial Area, Banten. The form of the company is a Limited Liability Company (PT) with a line system and requires a workforce of 201 people. Based on the calculation of the economic evaluation for the establishment of the Bisphenol-A factory above, a fixed capital of Rp. 226.7 billion is required, working capital is Rp. 40 billion and manufacturing costs are Rp. 1.3 T. Price selling production of IDR 1,6 trillion with profits before tax and after tax of IDR 212.2 billion and IDR 169.8 billion respectively. Profitability includes the Rate of Investment (ROI) before and after tax of 76.56% and 63.65%, respectively. Pay of Time (POT) before and after tax is 1.25 years and 1.57 years. Break event point (BEP) of 46.21%. And Shut Down Point (SDP) of 31.44%. Based on technical considerations and the results of the economic analysis calculations above, a Bisphenol-A plant with a capacity of 50,000 tons/year is feasible to build.

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, pembangunan industri kimia di Indonesia semakin pesat perkembangannya. Kegiatan pengembangan industri kimia di Indonesia diarahkan untuk meningkatkan kemampuan nasional dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri akan bahan kimia dan juga untuk memecahkan masalah ketenagakerjaan. Salah satu industri yang sangat berpotensi di Indonesia adalah Pabrik *bisfenol-A* karena pada saat ini Indonesia masih mengimpor senyawa tersebut dalam jumlah besar dan juga belum adanya pabrik tersebut di Indonesia.

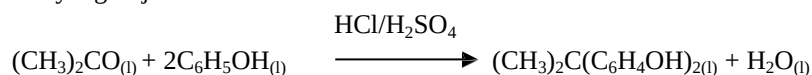
Bisfenol A atau 4,4'-*isopropylidenediphenol* merupakan suatu senyawa organik dengan dua cincin fenolik. Bisfenol-A ini mempunyai rumus molekul $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{C}_6\text{H}_4\text{OH})_2$ dan berupa kristal putih yang berbau khas mirip *fenol*, beracun, dan stabil. *Bisfenol-A* memiliki beberapa kegunaan yaitu diantaranya sebagai bahan baku plastik polikarbonat, epoksi resin, inhibitor dalam polimerisasi PVC, pelapis otomotif, dan pelapis elektronik. [1]

Pembangunan industri *bisfenol-A* yang menghasilkan produk bahan baku ini sangatlah penting, karena dapat mengurangi jumlah impor *bisfenol A* dan mengurangi pengeluaran devisa Negara untuk mengimpor *bisfenol-A* tersebut. Selain itu, dengan adanya pendirian pabrik *bisfenol-A* di Indonesia dapat membuka lapangan pekerjaan baru dan memacu pertumbuhan industri lainnya. Kebutuhan *bisfenol-A* di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat, dilihat dari semakin banyaknya industri kimia di Indonesia yang menggunakan *bisfenol-A*. Ada beberapa proses yang dikenal dalam pembuatan *bisfenol-A*, yaitu:

1. Proses Aseton dengan Katalis Asam

Merupakan proses pembuatan *bisfenol-A* dengan bahan baku aseton dan *fenol* menggunakan katalis asam.

Reaksi yang terjadi :



Campuran *aseton* dan *fenol* berlebih dicampurkan dengan HCl pekat atau H_2SO_4 70% untuk diuapkan ke dalam reaktor pada suhu 30-50°C. Energi aktivasi reaksi pembentukan *bisfenol-A* dengan katalis asam sebesar 19 kkal/mol. Katalis H_2SO_4 jarang digunakan (biasanya pada pabrik skala kecil) karena proses pemisahannya lebih sulit dibandingkan dengan katalis HCl. Reaktor yang digunakan adalah reaktor alir berpengaduk. [2]

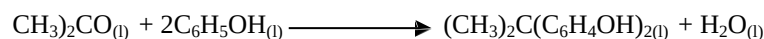
Proses pembuatan *bisfenol-A* berdasarkan Mc Ketta (1982). campuran *aseton* dan *fenol* dengan perbandingan mol 1:8, dan arus *recycle* dengan HCl diuapkan dan diaduk dalam reaktor untuk beberapa

jam pada suhu 50oC Pada *preliminary stripping*, dihilangkan campuran dua fase dari HCl, air, dan *fenol*. Hasil atas akan dialirkan menuju decanter untuk memisahkan HCl dan air. HCl akan *direcycle* dan air disalurkan ke saluran pembuangan. Sedangkan *fenol* basah dialirkan menuju phenol still dan isomer still. *Fenol* dan produk samping yang dipisahkan dari isomer still dialirkan kembali kedalam reaktor. Pengotor dengan titik didih lebih tinggi dari BPA dipisahkan dengan distilasi vakum pada 1 sampai 5 mmHg. Hasil atas berupa BPA yang akan dicampur dengan pelarut *benzena* dibawah tekanan dan didinginkan untuk dikristalkan. Kristal murni dipisahkan I-3 dengan *sentrifuge* dan dikeringkan untuk mendapatkan kualitas produk yang tinggi. Mother liquor dari sentrifuge dipisahkan menjadi pelarut dan byproduk yang *direcycle* kembali menuju reaktor.

Berdasarkan US Patent No. 4.918.245, reaksi terjadi dengan mencampurkan aseton dan fenol dengan perbandingan 1:4 s/d 1:12 dan dikontakkan dengan HCl pada reaktor dengan pengadukan. Kondisi operasi pada reaktor yaitu pada suhu 30-85oC pada tekanan 1-2 atm. Proses katalis asam membutuhkan waktu reaksi yang lama untuk memperoleh konversi yang besar yaitu 99% selama 8 jam.

2. Proses Aseton dengan Katalis Ion-Exchange Resin

Merupakan proses pembuatan bisfenol-A dengan bahan baku aseton dan fenol menggunakan ion-exchange resin. Katalis yang digunakan yaitu katalis padat polystyrene- divinylbenzene sulfonated resin yang derajat keaktifannya lebih ditingkatkan dengan grup mercapto (mengandung gugus -SH). Reaksi yang terjadi:

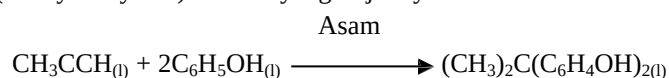


Campuran aseton, fenol, dan air dipanaskan dan diumpukan kedalam reaktor. Reaktor beroperasi pada suhu 75oC dengan waktu tinggal 1 jam dengan konversi aseton sebesar 50%. Keluaran reaktor berupa fenol dan BPA di alirkan menuju evaporator. Selanjutnya hasil bawah dari evaporator dialirkan menuju kristaliser yang mana campuran tersebut didinginkan untuk memisahkan antara BPA dan fenol. Setelah itu, campuran tersebut di dipisahkan dengan sentrifuge, membersihkan fenol dan membebaskan fenol. Kemurnian bisfenol A yang diperoleh dapat mencapai lebih dari 90%.

Proses pembuatan bisfenol-A, campuran aseton dan fenol dengan perbandingan 1:4 s/d 1:12 ke dalam reaktor fixed bed yang berisi katalis. Kondisi operasi pada reaktor yaitu pada suhu 30-85oC pada tekanan 1 atm. Konversi yang diperoleh yaitu sebesar 80%.[3]

3. Proses Propuna

Merupakan proses pembuatan bisfenol-A dengan bahan baku selain aseton, yaitu propuna (methylacetylene). Reaksi yang terjadi yaitu :



Proses pembuatan bisfenol-A menggunakan propuna digunakan secara semikomersial di Rusia, meskipun yield dan kualitas yang diperoleh tidak sebaik dengan bisfenol-A yang dibuat dari aseton, dan bahan bakunya kurang tersedia. Katalis yang sering digunakan yaitu BF₃, namun dapat juga berupa HF, H₂SO₄, dan asam lainnya.[4]

Proses yang paling baik apabila ditinjau secara teknis adalah proses 2 yaitu proses aseton dengan katalis ion- exchange resin dengan nilai pertimbangan pemilihan proses terbesar.

Dari segi ekonomi, proses 2 memiliki potensial ekonomi lebih tinggi jika dibandingkan Asam I-5 dengan potensial ekonomi proses 1. Walaupun konversi proses 1 lebih besar dibandingkan proses 2, proses 1 memiliki waktureaksi yang jauh lebih lama dibandingkan proses 2, dan juga proses 1 katalisnya bersifat korosif, sehingga dipilihlah proses 2 yang tidak bersifat korosif. Oleh karena itu dipilihlah proses dua karena memiliki jumlah nilai yang paling tinggi.

Tabel 1. Data Impor Kebutuhan Bisfenol-A

No.	Tahun	Impor (Ton)	%P (Impor)
1	2017	95.940	0,00
2	2018	63.727	-0,34
3	2019	72.288	0,13
4	2020	95.948	0,33
5	2021	109.952	0,15
Total			0,27
Rata – rata			0,05

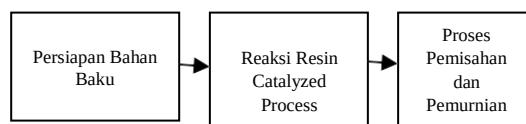
Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam pendirian pabrik Bisfenol A adalah kapasitas pabrik supaya pabrik yang akan didirikan nanti dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan meningkatkan jumlah ekspor. Data import dari Badan Pusat Statistik pada tahun 2017- 2021 yang terlihat pada tabel, sehingga kebutuhan pada tahun 2026 dapat ditentukan untuk penentuan produksi yang akan direncanakan.

Selain dari data impor untuk menentukan kapasitas juga melihat dari data pabrik yang telah berdiri, berikut adalah pabrik bisfenol-A yang telah berdiri:

Tabel 2. Data Pabrik Bisfenol-A

Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
Idemitsu Kosan	75.000
Mitsui Chemicals	65.000
Taiwan Prosperity Chemical	60.000
Mitsubishi Chemicals	100.000
Nippon Steel Chemical	100.000

PERANCANGAN PROSES

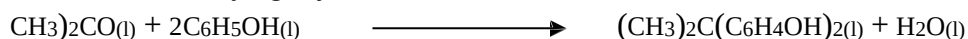
**Gambar 1.** Blok Diagram Proses Pembuatan Bisfenol-A

1. Persiapan Bahan Baku

Aseton dengan konsentrasi sebesar 99,7% dari tangki penyimpanan (T- 01) pada suhu 30oC dengan tekanan 1 atm dialirkan menuju Mixer (M-01) . Sedangkan padatan fenol 99,9% yang disimpan pada silo (SL-01) diangkut menggunakan screw conveyor (SC-01) menuju Mixer (M-01) untuk dicampur dengan recycle hasil atas Evaporator (EV-01) dan Aseton sehingga diperoleh rasio aseton:fenol (1:4). Hasil keluaran M-01 kemudian dialirkan menuju Reaktor (R-01).[5]

2. Proses Pembuatan

Campuran aseton dan fenol diumpankan ke dalam Reaktor (R-01) Fixed Bed yang berisi katalis padat. Di dalam reaktor terjadi reaksi antara aseton dan fenol dengan bantuan katalis polystyrene-divynilbenzene sulfonated resin. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor:[6]



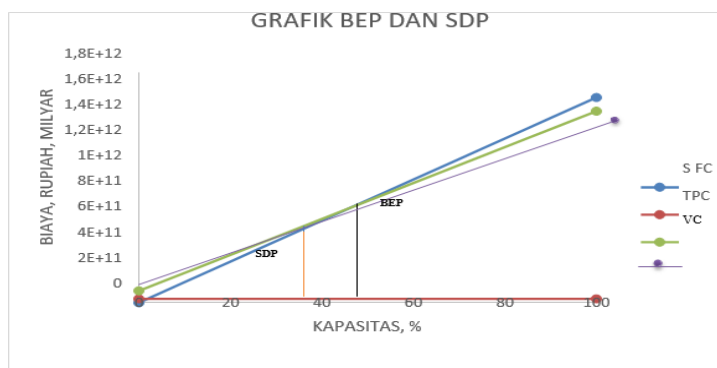
Reaksi yang berlangsung pada fase cair-cair dengan bantuan katalis padat dengan tekanan 1 atm dan suhu 45-70°C, serta bersifat endotermis. Konversi yang dapat dicapai yaitu 80%. Produk yang keluar dari reaktor (R- 01) berupa campuran aseton, fenol, bisfenol-A, dan air. Dalam reaktor terjadi kenaikan temperatur akibat reaksi yang bersifat endotermis.[7]

3. Proses Pemisahan dan Pemurnian

Produk keluar Reaktor (R-01) berupa campuran aseton, fenol, bisfenol- A, dan air pada kondisi suhu 70°C dan tekanan 1 atm dialirkan menuju Evaporator (EV-01). Hasil atas Evaporator (EV-01) berupa aseton di recycle ke Mixer (M-01) untuk digunakan kembali. Sedangkan hasil bawah Evaporator (EV-01) yaitu berupa campuran bisfenol A dan fenol kemudian dikristalkan menggunakan Kristalizer (KR-01). Kristal bisfenol-A dipisahkan dari larutan mother liquor pada Centrifuge (CF-01). Dari Centrifuge (CF-01) produk diangkut dan di turunkan suhunya menggunakan Cooling Conveyor (CC-01).[8]

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi dimaksudkan untuk dapat mengetahui apakah suatu pabrik yang direncanakan layak didirikan atau tidak. Untuk itu dilakukan evaluasi atau studi kelayakan dan penilaian investasi.[9] Faktor-faktor yang perlu ditinjau untuk memutuskan hal ini adalah modal tetap (fixed capital) yang diperlukan Rp. 29 M. Biaya produksi (manufacturing cost) sebesar Rp. 1,3 M . Dengan laju pengembalian modal (IRR) sebesar 56,04 %. Net present Value (NPV) Rp. 221 M. Break Event Point (BEP) 46,21 % dan Shut Down Point (SDP) 31,44 %. Berdasarkan evaluasi ekonomi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa pabrik pembuatan Bisfenol-A dengan aseton dan fenol layak untuk didirikan dan dapat dilihat pada gambar 2 Grafik *Break Even Point* (BEP) dan Shut Down Point (SDP).[10]



KESIMPULAN

Prarancangan pabrik Bisfenol-A dari Aseton dan Fenol kapasitas produksi 50.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri Cilegon, Banten, membutuhkan bahan baku berupa Aseton sebesar 1.606,14 kg/jam dan Fenol sebesar 6.418,12 kg/jam. Sesuai perhitungan analisa ekonomi dapat diketahui :

- Keuntungan yang diperoleh sebelum pajak Rp 212.269.524.793,78 dan sesudah pajak yaitu dan Rp 169.815.619.835,02.
- Return on Investmen (ROI) untuk pabrik ini 76,56 % sebelum pajak dan 63,65% sesudah pajak.
- Pay Out Time (POT) untuk pabrik ini adalah 1,25 tahun sebelum pajak dan 1,57 tahun sesudah pajak.
- Break Event Point (BEP) adalah 46,21 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya berkisar antara 40-60 %.
- Shut Down Point (SDP) adalah 31,44 %.

Berdasarkan perhitungan analisis ekonomi di atas, dapat disimpulkan perancangan pabrik bisfenol-A dari aseton dan fenol kapasitas produksi 50.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. H. Groggin, *Unit Process in Organic Synthesis*, 5th ed. Tokyo: McGraw Hill Book Kogakusha Company Ltd., 1958.
- [2] J. J. Mc Ketta and W. A. Cunningham, *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*. New York: Marcel Decker Inc., 1975.
- [3] R. E. Treyball, *Mass Transfer Operation*, 3rd ed. Tokyo: McGraw Hill Book Co., 1981.
- [4] O. A. Hougen and K. M. Watson, *Chemical Process Principle*, 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, 1966.
- [5] R. E. Kirk and P. F. Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 2nd ed. New York: A Wiley Interscience Publication, John Wiley and Sons Co., 1978.
- [6] D. Q. Kern, *Process Heat Transfer*. Tokyo: McGraw Hill Book Co., 1965.
- [7] W. L. McCabe, J. C. Smith, and P. Harriot, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 4th ed. Singapore: McGraw Hill Book Co., 1985.
- [8] A. A. Foust, *Principles of Unit Operation*, 2nd ed. New York: John Wiley and Sons Inc., 1980.
- [9] R. S. Aries and R.R. Newton, *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: McGraw Hill Book Co. Inc., 1955.
- [10] M. S. Peter and K. D. Timmerhouse, *Plant Design and Economics for Chemical Engineering*, 3rd ed. Singapore: McGraw Hill Book Co., 1981.