

**NASKAH PUBLIKASI**  
**PRARANCANGAN PABRIK BISPHENOL-A DARI PHENOL**  
**DAN ACETON**  
**KAPASITAS 20.000 TON PER TAHUN**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Strata I Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Oleh:**

**ALIP ISNU AJI PERWITA**

**D 500 100 010**

**Dosen Pembimbing:**

**KUSMIYATI, ST, MT, Ph.D**

**Ir. HERRY PURNAMA, MT, Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
SURAKARTA  
2015**

**LEMBAR PENGESAHAN NASKAH PUBLIKASI**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK KIMIA**

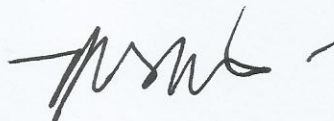
---

NAMA : Alip Isnu Aji Perwita  
NIM : D 500 100 010  
JUDUL TPP : Prarancangan Pabrik Bisphenol-A Dari Phenol Dan  
Aceton Kapasitas 20.000 Ton Per Tahun  
DOSEN PEMBIMBING : 1. Kusmiyati, ST, MT, Ph.D.  
2. Ir. Herry Purnama, MT, Ph.D.

Surakarta, 5 Agustus 2015

Menyetujui,

Pembimbing II



Ir. Herry Purnama, MT, Ph.D.  
NIK.664

## INTISARI

Pada era kemajuan teknologi dalam berbagai bidang pembangunan yang berjalan pesat, maka diperlukan beberapa macam sarana dan prasarana untuk era persaingan bebas. Salah satu prospek pembangunan masa depan adalah membangun pabrik yang mempunyai daya saing dengan produk-produk luar negeri. Salah satunya dengan mendirikan pabrik *Bisphenol-A* dengan bahan baku *Phenol* dan *Aceton*. dengan kapasitas 20.000 ton per tahun direncanakan beroperasi selama 330 hari per tahun.

Proses pembuatan aceton dilakukan dalam reaktor RATB (*CSTR*). Pada reaktor ini reaksi berlangsung pada fase cair-cair, *irreversible, eksotermis, non adiabatic, isothermal* pada suhu umpan 50°C dan tekanan 1 atm. Pabrik ini digolongkan pabrik beresiko rendah karena kondisi operasi pada tekanan atmosferis. Kebutuhan *Phenol* untuk pabrik ini sebanyak 3.267,9482 kg per jam dan kebutuhan *Aceton* sebanyak 672,2501 kg per jam. Produk berupa *Bisphenol-A* sebanyak 2.525,2525 kg per jam. Utilitas pendukung proses meliputi penyediaan air sebesar 51.330,9677 kg per jam yang diperoleh dari air laut, penyediaan *saturated steam* sebesar 4.928,2858 kg per jam kebutuhan udara tekan sebesar 45,88 m<sup>3</sup> per jam, kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan dua buah *generator set* sebesar 400 kW sebagai cadangan, bahan bakar sebanyak 3,0034 liter per jam. Pabrik ini didirikan di kawasan industri Cilegon dengan luas tanah 30.000 m<sup>2</sup> dan jumlah karyawan 145 orang.

Pabrik *Bisphenol-A* ini menggunakan modal tetap sebesar Rp 35.354.439.981 dan modal kerja sebesar Rp 104.233.369.503 Dari analisis ekonomi terhadap pabrik ini menunjukkan keuntungan sebelum pajak Rp 61.657.094.694 per tahun setelah dipotong pajak 30 % keuntungan mencapai Rp 18.497.128.408 per tahun. *Percent Return On Investment (ROI)* sebelum pajak 22,672 % dan setelah pajak 15,870 %. *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak selama 3,061 tahun dan setelah pajak 2,781 tahun. *Break Even Point (BEP)* sebesar 59,4541 %, dan *Shut Down Point (SDP)* sebesar 36,713%. Dari data analisis kelayakan di atas disimpulkan, bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak untuk didirikan.

## A. PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Pertumbuhan industri kimia di Indonesia patut dibanggakan. Tentu saja banyak alasan mengapa pemerintah begitu bersemangat untuk mengembangkan industri tersebut. Bukan hanya karena jumlah bahan baku yang cukup memadai di tanah air maupun wilayah pemasaran yang luas melainkan prospek dan kelanjutan industri kimia di Indonesia cukup cerah.

Salah satu industri kimia yang cukup baik untuk dikembangkan adalah industri Bisphenol-A. Bisphenol-A dengan nama lain *4,4 Isopropylidenediphenol* banyak digunakan dalam industri kimia *intermediet*

Proyeksi kebutuhan Bisphenol-A dalam negeri semakin meningkat seiring dengan peningkatan industri-industri yang menggunakannya. Oleh karena itu, pendirian pabrik dirasakan sangat perlu karena pada saat ini pabrik yang memproduksi

Bisphenol-A di Indonesia belum ada, sehingga pendirian pabrik Bisphenol-A ini diharapkan bisa mengantisipasi permintaan dalam negeri dan mengurangi ketergantungan akan Bisphenol-A dari negara *importer* seperti Jepang, Amerika, Inggris, Taiwan, Thailand, Singapura, India, Jerman, dan Perancis.

### 2. Kapasitas Perancangan Pabrik

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), kebutuhan impor Bisphenol-A di Indonesia semakin meningkat tahun 2009-2013 yang dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Data Impor Sodium Dodekilbenzen Sulfonat di Indonesia

No.	Tahun	Kebutuhan (ton/Tahun)
1.	2009	291.222
2.	2010	445.630
3.	2011	585.451
4.	2012	585.451
5.	2013	1.650.491

Dirancang pabrik dibangun pada tahun 2018, Pabrik yang sudah ada yaitu PT. Phodia dengan

kapasitas sebesar 20.000 ton.tahun. Sehingga ditetapkan kapasitas perancangan pabrik sebesar 20.000 ton/tahun.

Lokasi pendirian pabrik direncanakan berdiri di kawasan industri Cilegon Kabupaten Banten, Propinsi Jawa Barat. di daerah Tangerang, Banten dikarenakan bahan baku didapat dari pabrik didaerah Banten, mudah akses baik jalur darat maupun jalur laut, Tangerang juga merupakan kawasan industri.

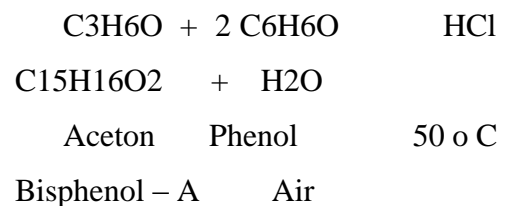
## B. DESKRIPSI PROSES

### 1. Konsep Reaksi

Bisphenol-A dengan nama kimia *4,4-Isopropylidene Diphenol* dengan rumus kimia  $C_{15}H_{16}O_2$ , adalah merupakan senyawa organic yang berbentuk flake berwarna putih, tidak larut dalam air tetapi larut dalam larutan alkali, alkohol dan acetone. (McKetta, 1994)

Pada prinsipnya proses pembuatan Bisphenol-A secara komersial pertama kali dengan reaksi “*condensation*” yaitu dengan mereaksikan *Phenol* dan *Acetone* dengan katalisator asam

cair yaitu asam sulfat dan asam klorida. Reaksi kondensasi adalah reaksi antara pasang-pasangan gugus fungsional untuk membentuk suatu gugus yang tidak terdapat dalam reaktan sebelumnya dan dihasilkan molekul sederhana seperti air. Secara stoikiometri reaksi pembuatan Bisphenol-A adalah reaksi Eksotermis. Reaksinya adalah sebagai berikut (McKetta, 1994):



Dalam pembuatan Bisphenol-A dengan proses *Hooker* dijalankan pada reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) pada suhu 50 °C dan tekanan 1 atm pada fase cair. Reaksi ini berjalan secara kontinyu dengan katalis HCl dan perbandingan *feed (Acetone - Phenol)* adalah 1 : 6,5. Konversi yang dapat dicapai 50 % dengan kemurnian produk 99,85 % berat. Apabila konversi ini lebih besar dari 50 %, kecepatan reaksi akan turun

dengan cepat, sehingga proses pembuatan produk waktunya tidak efisien.

(US Patents 4,946,877)

Proses pembentukan Bisphenol-A secara garis besar dibagi menjadi 5 tahapan, yaitu (Imuro, 1990):

- a. Persiapan bahan baku.
- b. Pembentukan Bisphenol-A
- c. Pemisahan Bisphenol-A
- d. Pengkristalan Bisphenol-A.
- e. Pengeringan Bisphenol-A.
- f. Penyimpanan produk.

- a. Bahan baku

Pembuatan Bisphenol-A adalah Phenol ( $C_6H_6O$ ) dan Aceton ( $C_3H_6O$ ). Dalam hal ini kadar  $C_6H_6O$  yang digunakan adalah 99,5% dan  $C_3H_6O$  99,5%.

- b. Pembentukan Bisphenol A.

Pada proses pembentukan Bisphenol-A dari Phenol dan aceton reaksi dilakukan menggunakan Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) berupa silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk

torispherical, yang dilengkapi dengan pengaduk untuk mempercepat reaksi. Kondisi operasi reaktor pada suhu  $50^{\circ}C$  dan tekanan 1 atm dengan sifat reaksi eksotermis sehingga untuk mempertahankan agar suhu tetap digunakan koil pendingin dengan media pendingin air umpan masuk  $30^{\circ}C$  keluar  $40^{\circ}C$ .

- c. Proses pemisahan Bisphenol

Produk keluar reaktor (R-02) diumpankan menuju Still Distilasi (St-01) yang berfungsi untuk memisahkan produk Bisphenol-A dengan sisa reaksi Phenol dan Acetone, selain itu juga untuk menetralkan kandungan asam klorida dengan penambahan  $Ca(OH)_2$ . Produk atas berupa gas akan dikondensasikan dengan kondensor (Cd-01) untuk diubah fasenya dari fase gas menjadi fase cair, lalu dialirkan ke accumulator (Ac-01), dengan pompa (P-07) sebagian digunakan untuk refluks dan sebagian sebagai produk atas akan dialirkan menuju menara

distilasi (Md-01) pada suhu 99,678 oC tekanan 1 atm, sedangkan produk bawah Still distilasi akan dialirkan dengan pompa (P-012) menuju tangki pencuci untuk melarutkan impuritas yang terikut produk Bisphenol-A (imuro,1990).

#### d. Pengkristalan Bisphenol-A.

Proses kristalisasi ini dilakukan pada suhu 60oC, dengan menggunakan steam untuk pemanas dan air pendingin pada barometric condensor. Mother Liquor dan kristal yang terbentuk dipisahkan melalui Centrifugal filter (Cf-01) (imuro,1990).

#### e. Pengeringan Bisphenol A

Pada Rotary Dryer (RD-01) digunakan udara panas yang telah dipanaskan dalam Heat Exchanger (HE-03) dengan menggunakan steam sebagai media pemanas. Pengeringan pada Rotary Dryer (RD-01) dimasukkan untuk mendapatkan kristal Bisphenol A kering 99,85 % berat (imuro,1990).

#### f. Penyimpanan produk

Kristal Bisphenol A yang telah kering dengan menggunakan Bucket Elevator (BE-02) dibawa ke penampung produk sebelum dilakukan pengemasan. Penampungan produk berupa silinder tegak tertutup dengan tutup bawah berupa conis. Kemudian kristal Bisphenol-A siap dikemas dan dipasarkan (imuro,1990)

### **C. SPESIFIKASI ALAT PROSES**

#### 1. Reaktor

Fungsi : Mereaksikan Phenol (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O) dan Aceton (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O) menjadi Bisphenol-A (C<sub>15</sub>H<sub>16</sub>O<sub>2</sub>) sebanyak 4.099,0003 kg/jam

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dilengkapi dengan koil pendingin.

Kondisi Operasi: Tekanan : 1 atm  
Suhu : 50°C

Bahan : *Stainlees steel*

Diameter : 2,0377 m

Tinggi : 2,0377 m

Tebal *shell* : 3/16 in

Tebal *head* : 1/4 in

Jumlah reaktor : 2 buah

Pengaduk

Putaran : 85 rpm  
 Diameter : 0,6792 m  
 Jumlah baffle : 4  
 BHP : 5 HP  
 Jarak pengaduk dengan dasar :  
 0,6792m  
 Tinggi pengaduk : 0,1358 m  
 Lebar pengaduk : 0,1698 m  
 Lebar baffle : 0,2038 m  
 Tinggi cairan dalam shell : 2,4580 m  
 Pendingin : coil (water)

Kondisi operasi :

Suhu masuk : 30 oC

Suhu keluar : 40 Oc

Jenis : Helix

Tebal koil : 1,75 m

Luas selubung : 13,0374 m<sup>3</sup>

Bahan : *Stainless steel*

Jumlah : 1 buah

## 2. Tangki pencuci

Fungsi : Menghilangkan kandungan garam yang terbentuk

Jenis : Silinder tegak lurus tutup berbentuk conical

Kondisi Operasi: - Tekanan : 1 atm  
 : - Suhu : 83°C

Spesifikasi :

a. Jumlah : 1 buah

b. Tekanan : 1 atm

c. Suhu : 83,4 °C

d. Tebal *shell* : ¼ in (0,0054 m)

e. Tebal *head* : ¼ in (0,0058 m)

f. Tinggi head : 80 in (2,032 m)

g. Diameter : 80 in (2,032 m)

h. Tinggi : 3,8535 m

i. Volume : 11,5452 m<sup>3</sup>

l. Bahan konstruksi : *Carbon Steel*

## D. UTILITAS

### 1. Kebutuhan Air

Kebutuhan air di pabrik meliputi:

#### a. Air Proses

Kebutuhan air untuk pengenceran pada melt tank = 3.121,761 kg/jam

#### b. Air pendingin

Kebutuhan air pendingin = 327.278,1653 kg/Jam. Air pendingin 80% disirkulasi kembali, dan diperlukan air *make-up* 20%

$$= 20 \% \times 327.278,1653 \text{ kg/jam}$$

$$= 65455,6331 \text{ kg/jam}$$

#### c. Air Pembangkit *steam*

Kebutuhan air pembangkit *steam* = 6.160,3572 kg/jam. Air pembangkit *steam* 70% disirkulasi, diperlukan *make-up* 30% wt= 30% x

$$6.160,3572 \text{ kg/jam}$$

$$= 1478.4857 \text{ kg/jam}$$

#### d. Air sanitasi



Air kantor dan Rumah tangga  
Karyawan: 1.000 kg/jam  
Laboratorium: 20,833 kg/jam  
Kantin, Mushola dan taman :  
208,33 kg/jam  
Poliklinik : 20,833 kg/jam  
Total kebutuhan air kantor : 1.250  
kg/jam

2. Kebutuhan Air Secara  
Kontinyu:

- a. Air proses : 3.121,761  
kg/jam
- b. Air *make-up* pendingin :  
65.455,6331kg/jam
- c. Air *make-up* pembangkit  
*steam*: 1.478,4857 kg/jam
- d. Air kantor dan rumah tangga :  
1.250 kg/jam

**E. MANAJEMEN  
PERUSAHAAN**

Bentuk perusahaan berupa  
Perseroan Terbatas (PT), dengan  
status perusahaan milik swasta yang  
berkapasitas 20.000 ton/tahun yang  
akan didirikan didaerah cilegon,  
Banten.

**F. ANALISIS EKONOMI**

1. Analisis Keuntungan

Penjualan produk yang dihasilkan  
dalam satu tahun sebesar Rp.

495.360.000.000 Untuk total biaya  
produksi sebesar Rp 433.702.905.306  
Sehingga keuntungan sebelum pajak  
sebesar Rp. 61.657.904.694 Untuk  
pajak 30% sehingga keuntungan yang  
didapatkan setelah pajak sebesar Rp.  
43.159.966.286

2. Analisis kelayakan

a. ROI yaitu perkiraan laju  
keuntungan setiap tahun yang bisa  
mengembalikan modal investasi. ROI  
sebelum pajak didapat 22,672% dan  
setelah pajak 15,870 %.

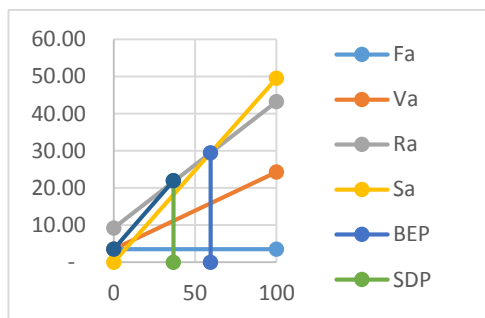
b. *Pay Out Time* adalah jumlah tahun  
yang dibutuhkan untuk kembalinya  
*capital investment* dengan profit  
sebelum dikurangi depresiasi.  
Didapatkan POT sebelum pajak  
3,061 tahun dan setelah pajak 3,865  
tahun.

c. Break even point adalah titik  
imbang yaitu tidak mempunyai suatu  
keuntungan dan kerugian. Didapatkan  
BEP sebesar 59,541%.

d. *Shut Down Point (SDP)* adalah  
dimana pabrik mengalami kerugian  
sebesar *fixed cost* sehingga pabrik  
harus ditutup. Didapatkan SDP  
sebesar 36,713%.

e. *Discounted cash flow (DCF)*

Analisis kelayakan ekonomi dengan menggunakan "Discounted Cash Flow" merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi.



## G. KESIMPULAN

Dari analisis keuntungan dan analisis kelayakan didapatkan kesimpulan bahwa pabrik ini merupakan pabrik dengan resiko yang rendah.

## H. DAFTAR PUSTAKA

Aries, R.S and Newton R.D.,1955, " Chemical Engineering Cost Estimation", Mc. Graw Hill Book Company, New York

Berg, 1995, " Optimezed Ion Exchanger Bed for The Synthesis of

Bisphenol – A", US Patents 5,395,857

Biro Pusat Statistik, 2009 – 2013, " Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia" Jakarta

Brown, G.G., 1950, " Unit Operations ", John Wiley and Sons, Inc., New York.

Brownell, L.E. and Young, E.H., 1979, " Process Equipment Design ", John Wiley and Sons, Inc., New York.

Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 1983, " Chemical Engineering ", Vol. 6, Pergamon Press, Oxford.

Faith, W.L., Keyes, D.B., and Clark, R.L., 1957, " Industrial Chemistry ", John Wiley and Sons, London.

Froment, G.F., and Bischoff, K. B., 1979, " Chemical Reactor

Analysis and Design ”, John Wiley & Sons., Inc., New York.

Holman, J. P., 1988, " Perpindahan Kalor ” , alih bahasa Jasifi E., edisi ke-6, Erlangga, Jakarta.

Imuro, 1990, “ Process for Producing Bisphenol-A ”, US Patent 4,946,877

Kern, D.Q., 1950, “ Process Heat Transfer ”, McGraw-Hill International Book Company Inc., New York.

Kirk R.E. and Othmer, D.F., 1978, “ Encyclopedia of Chemical Technology “, vol.1, 2nd edition, A Willey Interscience Publication, John Willey and Sons Co., New York

Levenspiel, O., 1976, “ Chemical Reaction Engineering ”, 2nd ed., John Wiley and Sons, inc., New York.

McKetta, J.J and Cuningham, W.A, 1994, “ Encyclopedia Chemical

Process and Design”, vol.4, Marchell Ekker Inc,New York , pg.406 – 430

Perry, R.H. and Green, D.W., 1997, “ Perry’s Chemical Engineers’ Handbook ”, 7th ed., McGraw-Hill Book Company, New York.

Peters, M.S. and Timmerhaus, K.D., 2003, “ Plant Design and Economic for Chemical Engineering ”, 5th ed., McGraw-Hill International Book Company Inc., New York.

Rase, H.F., and Holmes, J. R., 1977, “ Chemical Reactor Design for Process Plant ”, Volume One : Principles and Techniques, John Willey and Sons, Inc., New York.

SBP. Noard of Consultants ‘n Engineers, “ Industrial Chemical Handbook”, pg.497

Smith, J.M., 1985, “ Chemical Engineering Kinetics ”, 5th ed., McGraw-Hill Book Company,singapore.

Smith, J.M. and Van Ness,  
H.C., 1987, “ Introduction to  
Chemical Engineering  
Thermodynamics ”, 4th ed., McGraw-  
Hill Book Co., New York.

Treybal, R.E., 1981, “ Mass  
Transfer Operation ”, 3rd ed.,  
McGraw-Hill Book Company,  
Singapore.

Ulrich, G.D., 1984, “ A Guide  
to Chemical Engineering Process

Design and Economics ”, John Wiley  
and Sons, Inc., New York.

[www.google.com/Bisphenol-  
A](http://www.google.com/Bisphenol-A)

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

Yaws, 1979, “  
Thermodynamic and Physical  
Properties Data ”, McGraw Hill  
Book Co. Singapore