

**PRARANCANGAN PABRIK NITROBENZENA DARI
BENZENA DAN ASAM NITRAT DENGAN PROSES BIAZZI
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**



Di Susun sebagai Salah satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Kesarjanaan Strata 1 Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Oleh :

Jefri Eko Ahmadi

D 500 100 033

Dosen Pembimbing :

1. Ir. Nur Hidayati, M.T., Ph.D

2. Eni Budiati, S.T., M.Eng

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

2014

INTISARI

Perancangan pabrik nitrobenzena kapasitas 50.000 ton per tahun dari benzena dan asam nitrat direncanakan akan berdiri di daerah Kawasan Industri Cilacap, Jawa Tengah. Proses yang digunakan dalam pembuatan nitrobenzena yaitu proses biazzi dengan penggunaan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada kondisi operasi suhu 50 °C dan tekanan 1 atm. Reaksi berlangsung dalam fase cair-cair, *irreversible*, dan dalam kondisi *isothermal*. Pabrik direncanakan beroperasi selama 330 hari berbentuk perseroan terbatas (PT) dengan 170 karyawan yang terbagi menjadi karyawan *shift* dan *nonshift*.

Kebutuhan benzena pada pabrik ini sebanyak 4004,8811 kg/jam yang diperoleh dari PT. Pertamina unit Cilacap dan asam nitrat sebanyak 4989,4947 kg/jam dari PT. Multi Nitrotama Kimia Cikampek. Produksi nitrobenzena yang dihasilkan sebanyak 6313,1313 kg/jam dengan kebutuhan awal air untuk penyediaan unit utilitas sebanyak 393831,9939 kg/jam yang digunakan untuk kebutuhan *steam*, air proses, dan air sanitasi.

Pabrik nitrobenzena yang didirikan ini dengan modal tetap sebesar Rp. 606.578.816.245,91 per tahun dan modal kerja sebesar Rp. 166.163.796.042,48 per tahun menghasilkan keuntungan sebesar Rp. 114.121.072.746,20 per tahun sesudah mengalami pajak sebesar 30% dari keuntungan sebelum pajak. *Precent return on investment* (ROI) sebelum pajak dan sesudah pajak sebesar 26,88% dan 18,81%. *Pay out time* (POT) sebelum pajak dan sesudah pajak yaitu selama 2,71 tahun dan 3,47 tahun. *Break event point* (BEP) sebesar 50,52%, *shut down point* (SDP) sebesar 26,73%, *discounted cash flow* (DCF) sebesar 39,3%. Berdasarkan dari analisis kelayakan ekonomi dengan pertimbangan harga ROI, POT, BEP, SDP, untuk pabrik dengan resiko sedang diperoleh hasil kesimpulan bahwa pabrik nitrobenzena ini layak untuk didirikan.

Kata kunci : Nitrobenzena, proses biazzi, RATB

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

Nama : Jefri Eko Ahmadi
NIM : D 500 100 033
Judul TPP : Prarancangan Pabrik Nitrobenzena dari Benzena dan Asam
Nitrat dengan Proses Biazzi kapasitas 50.000 Ton/Tahun
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Nur Hidayati, M.T., Ph.D
2. Eni Budiylati, S.T., M.Eng

Surakarta, 23 Januari 2015

Menyetujui,

Dosen pembimbing I

Ir. Nur Hidayati, M.T., Ph.D
NIK: 975

Dosen pembimbing II

Eni Budiylati, S.T., M.Eng
NIK: 991

Mengetahui,

Dekan Teknik

Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D
NIK: 682

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D
NIK: 892

A. Pendahuluan

1. Latar Belakang

Perkembangan industri dalam era ini menjadi salah satu titik ukur dalam pertumbuhan ekonomi suatu negara. Dalam hal ini negara-negara maju dan berkembang berlomba dalam bidang industri untuk memenuhi pangsa pasar. Banyak industri yang didirikan untuk menopang perekonomian suatu negara, salah satunya industri kimia yang diharapkan dapat menambah pertumbuhan ekonomi di suatu negara termasuk di negara Indonesia.

Indonesia sebagai negara berkembang masih melakukan kegiatan impor-ekspor yang cukup besar, kegiatan impor yang besar menjadi salah satu faktor penting untuk mendirikan pabrik dalam suatu negara sehingga dapat mengurangi jumlah impor yang dilakukan, menambah sumber devisa negara, dan menambah lapangan kerja yang dapat menanggulangi jumlah pengangguran dan kemiskinan di dalam negara sehingga pertumbuhan ekonomi menjadi maju.

Industri kimia di Indonesia semakin berkembang salah satunya adalah industri aromatic compound seperti nitrobenzena. Nitrobenzena ($C_6H_5NO_2$) dengan nama lain *nitrobenzide*, *mononitrobenzol* (MNB) *nitrobenzol*, *oil of myrbane* atau yang sering dikenal dengan minyak *nitrobenzol* mirban yaitu senyawa hasil nitrasi senyawa aromatik yaitu benzena dengan asam penitrasi baik asam campuran (asam nitrat dan asam sulfat) maupun asam nitrat saja. Bahan baku pembuatan nitrobenzena adalah benzena dan asam nitrat. Benzena diperoleh dari PT. Pertamina unit Cilacap sedangkan asam nitrat diperoleh dari PT. Multi Nitrotama Kimia Cikampek. Dengan pertimbangan lokasi bahan baku dan ketersediaan bahan baku maka pendirian pabrik nitrobenzena ini dapat dan layak didirikan di daerah Cilacap, Jawa Tengah.

2. Kapasitas Pabrik

Kapasitas suatu pabrik sangat penting dalam menentukan pendirian suatu pabrik layak atau tidak layak pabrik tersebut didirikan karena hal

tersebut memiliki faktor yang sangat berpengaruh dalam perhitungan teknis dan ekonomi suatu pabrik. Penentuan kapasitas juga didasarkan pada kebutuhan impor yang dilakukan dan pabrik yang sudah berdiri. Berikut merupakan data impor nitrobenzena di Indonesia dan pabrik yang sudah ada :

Tabel 1. Data impor nitrobenzena tahun 2009-2014 (BPS,2014):

No	Tahun	Jumlah (kg) / tahun
1	2009	289.021
2	2010	357.016
3	2011	315.226
4	2012	39.065
5	2013	35.251
6	2014	16.825

2. Pabrik yang sudah ada di luar negeri

Produsen	Kapasitas (million kg/th)
a. BASH, Geismar, La	272,2
b. Du Pont, Beamont	172,4
c. First Chemical, Baytown, Tex	154,2
d. Rubicon, Geismar	517,1

Dengan melihat data impor dan jumlah kapasitas pabrik yang sudah ada serta pertimbangan perbandingan harga jual dan produksi dari pabrik nitrobenzena ini maka dirancang dengan kapasitas 50.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan selebihnya dapat di ekspor.

B. Deskripsi Proses

1. Tahapan Proses

a. Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku benzena dipanaskan dari suhu 30°C menjadi 50°C kemudian dipompa menuju reaktor. Asam nitrat dan asam sulfat dicampur ke dalam mixer dengan perbandingan 24,3% HNO₃, 61,4% H₂SO₄, dan 14,3% H₂O. Perbandingan mol asam nitrat dan benzena didalam reaktor adalah 1,05 :1 dengan suhu 50°C dialirkan secara kontinyu.

b. Proses reaksi nitration

Reaksi nitration antar benzena dan asam nitrat berlangsung pada reaktor RATB dengan laju putaran impeller 1200 rpm dengan suhu dijaga konstan suhu 50°C dengan menggunakan pendingin berupa koil

dengan suhu air masuk 30°C dan keluar pada suhu 40°C. Produk yang dihasilkan adalah nitrobenzena yang selanjutnya dilakukan pada tahap pemurnian.

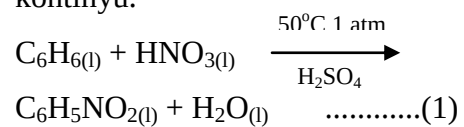
c. Pemurnian produk

Produk yang dihasilkan oleh reaktor kemudian dimurnikan. Pemurnian dilakukan dengan tahap yang pertama yaitu dekantasi dengan memisahkan fase organik dan fase anorganik. Fase anorganik yang masih terikut dalam fase organik kemudian dilakukan penetralan dengan reaksi netralisasi menggunakan NaOH 40%, sehingga terbentuk NaNO₃, Na₂SO₄, dan H₂O. Produk hasil pembentukan reaksi netralisasi dipisahkan dengan produk nitrobenzena yang sudah terbentuk sebelumnya dengan cara dekantasi. Tahap pemurnian yang terakhir yaitu dengan cara distilasi. Pada tahap ini produk nitrobenzena di murnikan sesuai dengan spesifikasi produk dan pangsa pasar yang dibutuhkan. Hasil pemurnian kemudian disimpan dalm tangki penyimpanan dengan suhu 40°C

2. Konsep Proses

2.1 Dasar Reaksi

Reaksi nitration pembentukan nitrobenzena dimana benzena direaksikan dengan asam nitrat pada suhu 50°C dan tekanan 1 atm pada fase cair dengan perbandingan mol benzena dan asam nitrat 1 : 1,05 dengan reaksi berlangsung secara kontinyu.



2.2 Tinjauan Termodinamika

Tabel 2. Harga ΔH_f° tiap komponen

No	Komponen	Harga ΔH_f° (kJ/mol)
1	C ₆ H ₆	49,0600
2	HNO ₃	-173,1000
3	C ₆ H ₅ NO ₂	58,2000
4	H ₂ O	-286,000

$$\text{Total } \Delta H_{f298}^\circ = \sum \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$\text{Total } \Delta H_{f298}^\circ = \{(\Delta H_f^\circ \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^\circ \text{C}_6\text{H}_6 + \Delta H_f^\circ \text{HNO}_3)\}$$

$$\text{Total } \Delta H_{f298}^\circ = \{58,20 + (-286,00) - (49,06 + (-173,10))\}$$

$$\text{Total } \Delta H_{f298}^\circ = -104,30 \text{ kJ/mol}$$

Harga ΔH_f° menunjukkan negatif maka reaksi pembentukan nitrobenzena merupakan reaksi eksotermis.

2.3 Tinjauan kinetika

$$R = (3,12 \cdot 10^8) \cdot x_N \cdot x_B \cdot V_a (x_N + 1,56 \cdot x_S - 0,23 \cdot x_W)^{8521/T - 13,23}$$

dimana,

R = reaction rate, g-moles/hrliter

T = Temperature, K

V_a = Volume percentage of acid phase

x_N = mole fraction of nitric acid in acid phase

x_B = mole fraction of benzene in organic phase, acid free basis

x_S = mole fraction of sulfuric acid in acid phase

x_W = mole fraction of water in acid phase

dari persamaan tersebut terlihat bahwa kenaikan suhu akan mengakibatkan harga konstanta kecepatan reaksi (k) akan membesar, artinya kecepatan reaksi ke arah pembentukan produk semakin besar. Tetapi apabila suhu melebihi 90°C maka akan terbentuk dinitrobenzena.

C. Spesifikasi Alat Proses

1. Mixer

Kode : M-01

Fungsi : Mencampur umpan segar asam nitrat dan asam sulfat dengan *recycle* dari evaporator dan separator.

Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk.

Bentuk *head* : *Torispherical head*

Suhu : 50°C

Tekanan : 1 atm

Diameter : 1,9226 m

Tinggi : 2,7018 m

Pendingin : koil pendingin

Jumlah : 1

Bahan konstruksi : *Stainless steel* SA-167(tipe 304).

2. Reaktor

Kode : R-01

Fungsi : Tempat terjadinya reaksi asam nitrat dan benzena menjadi nitrobenzena.

Jenis : Reaktor alir tangki berpengaduk.

Suhu : 50°C

Tekanan : 1 atm

Diameter : 4,2738 m

Pendingin : koil pendingin

Jumlah : 1

Bahan konstruksi : *Stainless steel* SA-167(tipe 304)

3. Dekanter

Kode : Dc-01

Fungsi : Memisahkan fase organik dan fase anorganik.

Jenis : *Continuous gravity decanter silinder horizontal*.

Suhu : 50°C
Tekanan : 1 atm
Volume : 20,1534 m³
Panjang : 6,1360 m
Diameter : 2,0453 m
Jumlah : 1
Bahan konstruksi : *Stainless steel*
SA-167 (tipe 304).

4. Netralizer

Kode : Nt-01
Fungsi : Menetralkan HNO₃ dan H₂SO₄ dengan menggunakan NaOH
Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk.

Suhu : 50°C
Tekanan : 1 atm
Diameter : 1,6281 m
Tinggi : 2,3032 m
Pendingin : Jaket pendingin
Jumlah : 1
Bahan konstruksi : *Stainless Steel*
SA 167 (tipe 304)

5. Dekanter

Kode : Dc-02
Fungsi : Memisahkan produk nitrobenzena dengan Na₂SO₄ dan NaNO₃.
Jenis : *Continuous gravity decanter silinder horizontal*.
Suhu : 50°C

Tekanan : 1 atm
Volume : 1,6769 m³
Diameter : 0,8929 m
Panjang 2,6788 m
Jumlah : 1
Bahan konstruksi : *Stainless steel*
SA-167 (tipe 304).

6. Menara Distilasi

Kode : MD-01
Fungsi : Memurnikan produk nitrobenzena sesuai dengan spesifikasi produk.

Jenis : *Packed distillation*
Tekanan : 1 atm
Suhu umpan masuk : 182,68°C
Suhu *distillat* : 86,98°C
Suhu *bottom* : 198,49°C

Spesifikasi :

a. Packing

Jenis : *Ceramic intalox saddles*

Ukuran : 3 in

Tinggi : 0,5179 m

b. *Head*

Bentuk : *Torispherical head*

Bahan : *Carbon steel*

c. Diameter menara

Diameter atas menara : 0,2241 m

Diameter bawah menara : 1,1245 m

Tinggi menara : 7,2620

Jumlah : 1

D.Utilitas

Utilitas merupakan salah satu unit yang mempunyai peran penting dalam industri agar proses dalam suatu industri dapat berjalan lancar. Unit utilitas menyediakan kebutuhan penunjang proses pabrik seperti air, steam, udara tekan, listrik, maupun penyedia bahan bakar bagi industri. Untuk kebutuhan air pada pabrik Nitrobenzena ini mengambil air dari sungai Serayu, Cilacap. Adapun kebutuhan pendukung proses pabrik ini terdiri dari :

1. Unit penyediaan air

Kebutuhan air yang diperlukan pabrik ini sebesar 393831,9939 kg/jam yang akan digunakan sebagai air proses, *steam*, dan air sanitasi.

2. Unit penyediaan listrik

Listrik yang diperlukan agar proses berjalan sebesar 550 kW

3. Unit penyediaan bahan bakar

Bahan bakar yang diperlukan untuk mengoperasikan generator sebesar 8803,2321 L/hari

4. Unit kebutuhan udara tekan sebesar 150 m³/jam.

E. Analisis Ekonomi

Pendirian suatu pabrik dapat dinyatakan layak atau tidak layak untuk didirikan dilihat dari hasil kelayakan analisis ekonomi pabrik tersebut. Hasil analisa kelayakan ekonomi dari pabrik Nitrobenzena ini menunjukkan bahwa pabrik dapat atau layak untuk didirikan. Analisis ekonomi yang menjadi acuan perancangan pabrik yaitu :

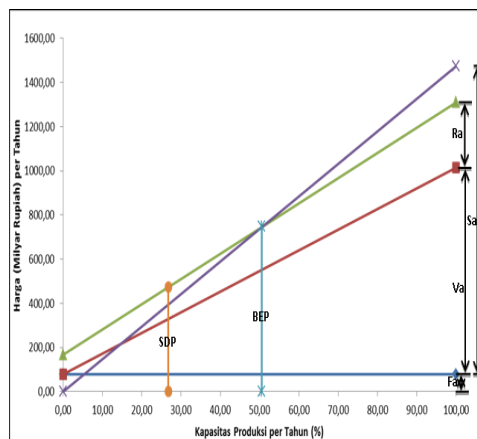
1. Modal tetap pabrik (FCI) sebesar Rp. 606.578.816.245,91 dan modal kerja (WC) sebesar Rp. 166.163.796.042,48

2. Keuntungan sebesar Rp. 114.121.072.746,19 setelah pajak sebesar 30% dari keuntungan yang didapat sebelum pajak.

3. ROI sesudah pajak sebesar 18,81% yang berarti pabrik mendapatkan keuntungan sebesar 18,81% setiap tahunnya.

4. Jangka waktu pengembalian modal selama 3,47 tahun dengan ketentuan minimal jangka waktu pengembalian modal selama 5 tahun.

5. SDP, BEP, dan DCF yang diperoleh sebesar 26,73%, 50,52%, dan 39,3% dengan BEP yang disyaratkan sebesar 40%-60%.



Gambar 1. Grafik analisis ekonomi

DAFTAR PUSTAKA

Biggs, R.D and R.R White.,1956,"*Rate of Nitration of Benzene with Mixed Acid*",University of Michigan, Ann Arbor, Michigan.

Biro Pusat Statistik,"Data Impor-Ekspor tahun 2009-2014"

Kirk R.E., and Othmer, D.F.,1996,"*Encyclopedia of Chemical Technology*",Vol 17, 4th edition,John Willey & Sons Inc.,, New York

Mc Ketta, and Acumgham, A.,1983,"*Enchyclopedia of Chemical Processing and Design*",Vol.9,Mc.Graw-Hill Inc.,New York.

Perry, R.H and Green, D.W.,1997,"*Perry's Chemical Engineers' Handbook*",7th ed.,

Mc Graw-Hill Book Company, New York.

Smith, J.M., and Van Ness.H.C.,1975,"*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*", 3rd edition, MMc. Graw Hill Book Company Inc., Kagakusha Ltd., Singapore.