

**PRARANCANGAN PABRIK  
TRICRESYL PHOSPHATE DARI CRESOL DAN  
PHOSPHORUS OXYCHLORIDE  
KAPASITAS 25.000 TON PER TAHUN**



**Oleh :**

**SONIA SULISTIYANINGSIH**  
**D 500 020 105**

Dosen Pembimbing :  
Ir. PANUT MULYONO, M. Eng., D. Eng.  
HAMID ABDILLAH, S.T.

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
SURAKARTA  
2007**

**HALAMAN PENGESAHAN**

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

---

---

NAMA : Sonia Sulistiyarningsih  
NIM : D 500 020 105  
JUDUL TPP : Prarancangan Pabrik *Tricresyl Phosphate* (TCP) dari  
*Cresol* dan *Phosphorus Oxychloride* ( $\text{POCl}_3$ )  
Kapasitas 25.000 Ton Per Tahun  
DOSEN PEMBIMBING : 1. Ir. H. Panut Mulyono, M. Eng., D. Eng.  
2. Hamid Abdillah, ST.

Surakarta, Juli 2007

Menyetujui :

Dosen pembimbing I

Dosen pembimbing II

Ir. H. Panut Mulyono, M.Eng., D.Eng.  
NIP. 131 797 956

Hamid Abdillah, ST.  
NIK.894

Mengetahui,

An Dekan  
Pembantu Dekan 1

Ketua Jurusan

Ir. H. Subroto, MT  
NIK. 577

Ir. H. Haryanto AR, MS  
NIP. 131 902 382

## MOTTO

Hidup adalah mempersembahkan yang terbaik, yang bermakna bagi dunia dan akhirat  
(AA Gym)

Barang siapa diuji lalu bersabar, diberi lalu bersyukur, di dzalimi lalu dimaafkan dan berbuat dzalim lalu istighfar. Maka keselamatan dan merekalah orang-orang yang memperoleh hidayah  
(h.r. Al Baihaqi)

Sesungguhnya sesudah kesulitan akan datang kemudahan. Maka kerjakanlah urusanmu dengan sungguh-sungguh, dan hanya kepada Allah kamu mengharap  
(Q.S. Asy-Syarah)

Kebahagiaan datang jika kita berhenti mengeluh tentang kesulitan-kesulitan yang kita hadapi dan mengucapkan terima kasih atas kesulitan-kesulitan yang tidak menimpa kita, dan bersyukur atas semua yang telah diberikan-NYA pada kita  
(Anonim)

Jalani hari-harimu semaksimal mungkin, dapatkan yang terbaik dari tiap jam, tiap hari, dan tiap umur hidupmu lalu kamu bisa menatap kedepan dengan penuh percaya diri dan menoleh kebelakang tanpa rasa sesal  
(Ron Herron & Val J. Petter)

Sabar adalah pakaian orang muslim, Do'a adalah senjatanya, Allah adalah penolongnya, setiap detik yang kita lewati, yakinlah bahwa Allah akan membekali kita dengan kekuatan yang terkadang tidak kita sadari  
(Anonim)

## Persembahan

Dengan Do'a dan segala syukur kepadanya, kupersembahkan karya sederhana ini kepada

- ☺ Bapak (Alm) atas Restunya
- ☺ ibunda tercinta atas segala kerja kerasnya, nasehat, bimbingan, cermin hidup dan perlindunganmu selama ini. Kutahu kau berharap dalam do'amumu, kutahu kau terjaga dalam langkahmu, kutahu selalu ada cinta dalam senyummu, nasehatmu adalah semangatku.
- ☺ kakakku dan adik-adikku tersayang, yang senantiasa menjadi kekuatan dalam langkahku menuju cita-citaku, membuatku untuk selalu mensyukuri akan keberadaanku
- ☺ Almamaterku

## INTISARI

Pabrik *triclesyl phosphate* dengan bahan baku *cresol* dan *phosphorus oxychloride* dengan kapasitas 25.000 ton per tahun direncanakan beroperasi selama 330 hari per tahun. Proses pembuatan *triclesyl phosphate* dilakukan dalam 3 buah reaktor *Continous Stirred Tank Reactor* (CSTR) dimana reaktor difungsikan untuk mereaksikan bahan baku *cresol* dan *phosphorus oxychloride* menjadi *triclesyl phosphate* dan asam klorida. Reaksi dijalankan pada fase cair-cair, bersifat *irreversible* dan eksotermis. Reaktor dioperasikan pada suhu 150°C, tekanan 3,5 atm, isothermal, *non adiabatis*. Pabrik ini digolongkan pabrik beresiko tinggi karena kondisi operasi di atas tekanan atmosferis, bahan baku dan produk mudah terbakar dan mudah meledak.

Kebutuhan bahan baku *cresol* sebanyak 3308,6276 kg per jam, *phosphorus oxychloride* sebanyak 1537,8439 kg per jam. Produk utama berupa *triclesyl phosphate* sebanyak 3156,5657 kg per jam sedangkan produk samping berupa asam klorida sebanyak 1173,5306 kg per jam. Utilitas pendukung proses meliputi air sebesar 20232,1823 kg per jam yang diperoleh dari air sungai, *saturated steam* dengan suhu 160 °C sebesar 432,6740 kg per jam dan 324 °C sebesar 1746,7968 kg per jam. Bahan bakar *fuel oil* sebesar 28,2251 liter per jam. Kebutuhan udara tekan sebesar 150 m<sup>3</sup> per jam. Listrik diperoleh dari PLN dan dua buah *generator set* sebesar 500 kW sebagai cadangan, bahan bakar untuk *generator set* sebesar 400 kW. Pabrik ini akan didirikan di daerah Citeureup, Jawa Barat dengan luas tanah 30.000 m<sup>2</sup> dan jumlah karyawan 119 orang.

Pabrik *triclesyl phosphate* memerlukan modal tetap yaitu US\$ 2.206.311,85 + Rp 106.064.880.380,50 modal kerja Rp 132.401.140.413,42 per tahun. Dari analisis ekonomi terhadap pabrik *triclesyl phosphate* ini menunjukkan keuntungan sebelum pajak yaitu sebesar Rp 85.459.202.808,0 per tahun, keuntungan setelah pajak 42.729.601.403,98 per tahun dan setelah dipotong pajak 50 % keuntungan mencapai Rp 42.729.601.403,0 per tahun. *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak 66,70 % dan setelah pajak 33,35 %. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 1,30 tahun dan setelah pajak 2,31 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 44,42 %, dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 31,99 %. *Discounted Cash Flow Rate of return* (DCFRR) terhitung sebesar 27,783 %. Dari data analisis kelayakan di atas disimpulkan, bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak untuk dipertimbangkan pendiriannya.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah, segala puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“Prarancangan Pabrik Tricresyl Phosphate dari Cresol dan Phosphorus Oxychloride dengan kapasitas 25.000 Ton per tahun”**.

Tugas akhir prarancangan pabrik ini merupakan salah satu syarat yang wajib diselesaikan oleh setiap mahasiswa guna mencapai gelar kesarjanaannya di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dalam penyusunan laporan ini penyusun telah banyak menerima bantuan, petunjuk dan bimbingan yang sangat bermanfaat dari berbagai pihak. Oleh sebab itu pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Ir. H. Panut Mulyono, M.Eng, D., Eng selaku Dosen Pembimbing I.
2. Bapak Hamid Abdillah, S.T., selaku Dosen Pembimbing II.
3. Bapak (Alm), Ibu dan adikku tercinta atas dukungan, doa yang tiada putus dan kasih sayangnya selama ini.
4. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu per satu

Penyusun telah berusaha semaksimal mungkin untuk memberikan yang terbaik dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Namun kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan ini. Akhirnya penyusun berdo'a dan berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penyusun pada khususnya.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Surakarta, Juli 2007

Penyusun

## DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN MOTTO .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
INTISARI.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMBANG .....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik.....	1
1.2. Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik .....	2
1.3. Penentuan Lokasi Pabrik.....	3
1.4. Tinjauan Pustaka .....	5
1.4.1. Macam - Macam Proses Pembuatan <i>tricresyl phosphate</i> ...	5
1.4.2. Kegunaan Produk.....	6
1.4.3. Sifat Fisik dan Kimia Bahan baku dan produk .....	9
1.4.4. Tinjauan Proses Secara Umum .....	10
BAB II. DESKRIPSI PROSES .....	11
2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk .....	11
2.1.1. Spesifikasi Bahan Baku .....	11
2.1.2. Spesifikasi Produk.....	11
2.2. Konsep Proses .....	12
2.2.1. Dasar Reaksi.....	12
2.2.2. Mekanisme Reaksi .....	12
2.2.3 Kondisi Operasi .....	12
2.2.4. Tinjauan Thermodinamika .....	13

2.2.5. Tinjauan Kinetika Reaksi.....	15
2.2.6. Langkah Proses .....	15
2.2.7 Diagram Alir Proses.....	18
2.3. Neraca Massa dan Neraca Panas.....	19
2.3.1. Neraca Massa .....	19
2.3.2. Neraca Panas .....	23
2.4. Tata Letak Pabrik dan Peralatan .....	29
2.5.1. Tata Letak Pabrik .....	29
2.5.2. Tata Letak Peralatan.....	32
<b>BAB III. SPESIFIKASI PERALATAN PROSES .....</b>	<b>38</b>
<b>BAB IV. UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM .....</b>	<b>65</b>
4.1. Unit Pendukung Proses (Utilitas).....	65
4.1.1. Unit Pengadaan Air ( <i>Water Suplly Section</i> ).....	65
4.1.2. Unit Pengadaan <i>Steam</i> .....	79
4.1.3. Unit Pembangkit Tenaga Listrik .....	80
4.1.4. Unit Pengadaan Udara Tekan.....	83
4.1.5. Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	83
4.2. Laboratorium .....	84
4.2.1. Tugas Pokok Laboratorium.....	85
4.2.2. Program Kerja Laboratorium .....	85
4.2.3. Penanganan Limbah Cair .....	86
<b>BAB V. MANAJEMEN PERUSAHAAN.....</b>	<b>89</b>
5.1. Bentuk Perusahaan.....	89
5.2. Struktur Organisasi .....	90
5.2.1 Pemegang Saham .....	91
5.2.2 Dewan Komisaris .....	91
5.2.3 Direktur .....	91
5.2.4 Kepala bagian.....	92
5.2.5 Kepala Seksi dan Karyawan.....	93
5.3. Kesejahteraan karyawan.....	95
5.3.1 Cuti tahunan .....	95



5.3.2 Hari Libur Nasional.....	95
5.3.3 Kerja lembur (Overtime).....	95
5.3.4 Sistem Gaji Karyawan.....	95
5.3.5 Jam kerja Karyawan.....	96
5.3.6 Pakaian kerja.....	98
5.3.7 Pengobatan.....	98
5.3.8 Asuransi Tenaga Kerja (ASTEK).....	98
5.3.9 Kesejahteraan sosial Karyawan.....	98
5.4 Perencanaan Produksi.....	98
5.5. Pengendalian Produksi.....	99
<b>BAB VI. ANALISIS EKONOMI.....</b>	<b>102</b>
6.1. <i>Total Capital Investment</i> .....	107
6.2. <i>Manufacturing Cost</i> .....	108
6.3. <i>Working Capital</i> .....	109
6.4. <i>General Expenses</i> .....	109
6.5. Analisis Keuntungan.....	109
6.6. Analisa Kelayakan.....	110
<b>KESIMPULAN.....</b>	<b>115</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1.1. Data Perkembangan Gypsum di Indonesia.....	2
Tabel 1.2. Perbandingan peoses berdasarkan aspek teknis dan ekonomi.....	9
Tabel 2.1. $\Delta H_f$ <sub>298</sub> (kkal/mol) Setiap Komponen.....	17
Table 2.2. $\Delta G_f$ <sub>298</sub> (kkal/mol) Setiap Komponen .....	18
Tabel 2.3. Tabel Alir Massa.....	29
Tabel 2.4. Neraca Massa Penghancur.....	30
Tabel 2.5. Neraca Massa Reaktor (R-01) .....	30
Tabel 2.6. Neraca Massa Reaktor (R-02).....	31
Tabel 2.7. Neraca Massa Filter (RDF-01).....	31
Tabel 2.8. Neraca Massa Evaporator (Ev-01).....	32
Tabel 2.9 Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD-01).....	33
Tabel 2.10. Neraca Panas Reaktor (R-01) .....	33
Tabel 2.11. Neraca Panas Reaktor (R-02) .....	34
Tabel 2.12. Neraca Panas Filter (RDF-01).....	35
Tabel 2.13. Neraca Panas Evaporator (Ev-01) .....	35
Tabel 2.14. Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i> (RD-01).....	36
Tabel 2.15. Neraca Panas <i>Heat Exchanger</i> (HE-01) .....	36
Tabel 2.16. Neraca Panas <i>Heat Exchanger</i> (HE-01) .....	37
Tabel 2.17. Neraca Panas <i>Cooler</i> (Co-01).....	37
Tabel 2.18. Luas Bangunan Pabrik.....	40
Tabel 4.1. Konsumsi Listrik Untuk Keperluan Proses .....	81
Tabel 4.2. Konsumsi Listrik Untuk Utilitas.....	82
Tabel 5.1. Sistem penggajian Karyawan .....	98
Tabel 5.2. Sistem pembagian Kerja.....	99
Tabel 6.1. <i>Cost Index Chemical Plant</i> .....	105
Tabel 6.2. Total <i>Fixed Capital Investment</i> .....	109
Tabel 6.3. <i>Manufacturing Cost</i> .....	110

Tabel 6.4. <i>Working Capital</i> .....	111
Tabel 6.5. <i>General Expenses</i> .....	111
Tabel 6.6. <i>Fixed Cost</i> .....	113
Tabel 6.7. <i>Variable Cost</i> .....	113
Tabel 6.8. <i>Regulated Cost</i> .....	114

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1.1. Grafik Regresi Liner .....	2
Gambar 2.1. Diagram Alir Kualitatif .....	26
Gambar 2.2. Diagram Alir Kuantitatif.....	27
Gambar 2.3. PEFD.....	28
Gambar 2.4. Diagram Alir Neraca Massa.....	29
Gambar 2.5. Tata Letak Pabrik .....	41
Gambar 2.6. Tata Letak Peralatan.....	43
Gambar 4.1. Diagram Proses Pengolahan Air Laut.....	68
Gambar 5.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	103
Gambar 6.1. Hubungan Tahun dengan <i>Cost Index</i> .....	105
Gambar 6.2. Grafik Analisis Ekonomi.....	115

## DAFTAR LAMBANG

T	: Temperatur, °C
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
P	: Tekanan, psia
$\mu$	: Viskositas, cP
$\rho$	: Densitas, kg/m <sup>3</sup>
Q <sub>s</sub>	: Kebutuhan <i>Steam</i> , kg
M <sub>s</sub>	: Massa <i>Steam</i> , kg
A	: Luas bidang penampang, ft <sup>2</sup>
V <sub>t</sub>	: Volume tangki, m <sup>3</sup>
Q <sub>f</sub>	: Kecepatan/laju air <i>volumetric</i> , m <sup>3</sup> /jam
t	: Waktu, jam
m	: Massa, kg
F <sub>v</sub>	: Laju alir, m <sup>3</sup> /jam
$\pi$	: Jari-jari, in
P	: <i>Power</i> motor, Hp
S <sub>g</sub>	: <i>Specific gravity</i>
x	: Konversi, %
T <sub>c</sub>	: Titik kritis, °C
T <sub>B</sub>	: Titik didih, °C
H <sub>v</sub>	: Panas penguapan, joule/mol
V <sub>s</sub>	: Volume <i>shell</i> , m <sup>3</sup>
V <sub>h</sub>	: Volume <i>head</i> , m <sup>3</sup>
V <sub>t</sub>	: Volume total, m <sup>3</sup>
D <sub>opt</sub>	: Diameter optimal, m
ID	: <i>Inside</i> diameter, in
OD	: <i>Outside</i> diameter, in
N <sub>Re</sub>	: Bilangan Reynold
F	: <i>Normal heating value</i> , Btu/lb

E : Efisiensi pengelasan

f : *Allowable stress*, psia

rc : Jari-jari *dish*, in

icr : Jari-jari sudut dalam, in

W : Faktor intensifikasi tegangan untuk jenis *head*.

DI : Diameter pengaduk, m

W : Tinggi pengaduk, m

B : Lebar *baffle*, m

L : Lebar pengaduk, m

N : Kecepatan putaran, rpm

$U_D$  : Koefisien perpindahan panas menyeluruh setelah ada zat pengotor pada HE, Btu/jam ft<sup>2</sup>°F

$U_C$  : Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada awal HE dipakai, Btu/jam ft<sup>2</sup>°F

Rd : Faktor pengotor

$\eta$  : Efisiensi

Wf : Total *head*, in

p : Panjang, m

l : Lebar, m

ts : Tebal *shell*, in

th : Tebal *head*, in

k : Konduktivitas termal, Btu/jam ft<sup>2</sup>°F/ft

c : Panas spesifik, Btu/lb °F

JH : *Heat transfer factor*

hi : *Inside film coefficient*, Btu/jam ft<sup>2</sup>°F

$h_o$  : *Outside film coefficient*, Btu/jam ft<sup>2</sup> °F

LMTD : *Log mean temperatur different*, °F

K : *Konstanta kinetika reaksi*, / menit

N<sub>t</sub> : *Jumlah tube*

B<sub>s</sub> : *Baffle spacing*, in

P<sub>T</sub> : *Tube Pitch*, in