

**PERANCANGAN PABRIK *TRICRESYL PHOSPHATE* DARI  
*CRESOL* DAN *PHOSPHORUS OXYCHLORIDE*  
MENGUNAKAN PROSES ESTERIFIKASI DENGAN  
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**

*PRE-DESIGN OF TRICRESYL PHOSPHATE PLANT BY  
ESTERIFICATION PROCESS BETWEEN CRESOL AND PHOSPHORUS  
OXYCHLORIDE WITH 10,000 TONS/YEAR CAPACITY*



**DISUSUN OLEH:**

**ALVIRA ANDRAINI                      2110814220002**  
**SOFIA RAHMA AUDINA                2110814220021**

**DOSEN PEMBIMBING:**

**DESI NURANDINI, S.T., M.Eng.**

**NIP. 19871115 201504 2 004**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARBARU**

**2025**

LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA

Prarancangan Pabrik Tricresyl Phosphate dari Cresol dan Phosphorus  
Oxychloride Menggunakan Proses Esterifikasi dengan Kapasitas  
10.000 Ton/Tahun

Oleh:

Alivira Andraini (2110814220002)

Sofia Rahma Audina (2110814220021)

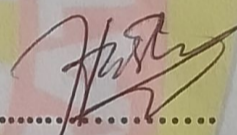
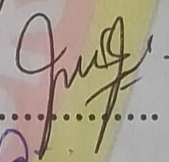
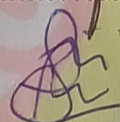
Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 03 Desember 2025 dan dinyatakan  
**LULUS**

**Komite Penguji:**

**Ketua** : Ir. Hesti Wijayanti, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 1980052920055012003

**Anggota** : Dr. Ir. Lailan Ni'mah, S.T., M.Eng.  
NIP. 198401192005012003

**Pembimbing** : Desi Nurandini, S.T., M.Eng  
NIP. 198711152015042004

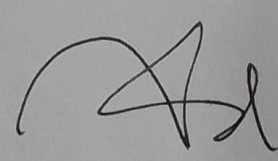
  
.....  
  
.....  
  
.....

Banjarbaru,.....

Diketahui dan disahkan oleh:

Wakil Dekan Bidang Akademik  
Studi Fakultas Teknik ULM,

Koordinator Program  
S-1 Teknik Kimia,



Dr. Mahmud, S.T., M.T.  
NIP. 197401071998021001


Ir. Hesti Wijayanti, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 1980052920055012003

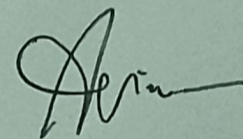
## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	NIM
Alvira Andraini	2110814220002
Sofia Rahma Audina	2110814220002

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun. Demikian pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

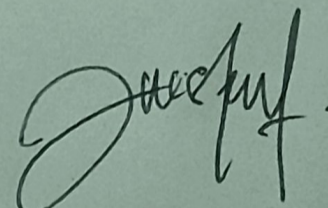
Banjarbaru, 15 November 2025



**Alvira Andraini**

**NIM. 2110814220002**

Banjarbaru, 15 November 2025



**Sofia Rahma Audina**

**NIM. 2110814220021**

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya, maka penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik *Tricresyl phosphate* dari *Cresol* dan *Phosphorus oxychloride* Menggunakan Proses Esterifikasi dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun”. Tugas ini disusun dalam rangka memenuhi mata kuliah Perancangan Pabrik Kimia atau Tugas Akhir serta sebagai persyaratan memperoleh gelar sarjana pada Progran Studi S-1 Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat. Dalam kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih yang Sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Hesti Wijayanti, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Koordinator Program Studi S-1 Teknik Kimia ULM yang telah memberikan masukan terhadap perkuliahan kami.
2. Ibu Desi Nurandini, S.T., M. Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir kami di Progran Studi S-1 Teknik Kimia ULM yang telah membimbing serta memberi saran dan masukan yang berguna dalam kemajuan tugas akhir ini.
3. Seluruh dosen Program Studi Teknik Kimia yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam pengerjaan tugas akhir ini dan senantiasa memberikan banyak ilmu yang bermanfaat untuk kami selama masa perkuliahan.
4. Seluruh staf Program Studi Teknik Kimia yang telah memberikan bantuan dalam urusan administrasi sebagai mahasiswa selama menuntut ilmu di ULM.
5. Orang tua tercinta, kakak, adik, dan seluruh keluarga besar kami yang telah memberikan segala bantuan, dukungan moral dan moril serta do'a yang tiada henti kepada kami sejak awal perkuliahan hingga kami menyelesaikan perkuliahan.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat angkatan 2021 yang selalu menemani dan bersama dari awal perkuliahan

hingga akhir perkuliahan.

7. Seluruh keluarga besar Mahasiswa dan Alumni Teknik Kimia ULM yang telah mau meluangkan waktunya berbagi informasi, memberikan saran serta memberikan beberapa literatur yang sangat membantu kami dalam pengerjaan tugas akhir ini.
8. Seluruh civitas akademik dan orang-orang yang ada di sekitar Fakultas Teknik ULM Banjarbaru (RT 19 & RT 20) yang memberikan kami pelajaran dan pengalaman yang berharga selama perkuliahan.
9. Seluruh teman dan sahabat kami yang berada di luar sana yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuan dan do'anya.

Kami menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan, seperti kita ketahui bahwa tidak ada manusia yang sempurna, kami hanya bisa berusaha melakukan yang terbaik dan semaksimal mungkin. Adanya kekurangan pada tugas akhir ini, maka kami mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi diperolehnya hasil yang maksimal dan terbaik dari tugas akhir ini. Semoga tugas akhir Prarancangan Pabrik ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Banjarbaru, November 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL TUGAS AKHIR.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>vi</b>
<b>INTISARI.....</b>	<b>vii</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Tinjauan Pustaka .....	2
1.2.1 <i>Cresol</i> .....	2
1.2.2    Phosphoric Oxichloride.....	2
1.2.3 <i>Tricresyl phosphate</i> .....	3
1.3    Kapasitas Perancangan .....	4
1.4    Spesifikasi Bahan .....	6
1.4.1    Spesifikasi Bahan Baku dan Pendukung.....	6
1.4.2    Spesifikasi Produk.....	8
<b>BAB II .....</b>	<b>10</b>
<b>URAIAN PROSES .....</b>	<b>10</b>
2.1    Seleksi Proses .....	10
2.2    Uraian Proses.....	13
2.3    Tinjauan Termodinamika .....	15
2.3.1    Panas Pembentukan Standar .....	15
2.3.2    Energi Bebas Gibbs.....	17
2.3.3    Harga Kesetimbangan Kimia .....	18
2.3    Tinjauan Kinetika (k) .....	20
2.3    Diagram Alir Kualitatif .....	22

2.4	Diagram Alir Kuantitatif .....	23
2.5	<i>Process Engineering Flow Diagram</i> .....	24
<b>BAB III.....</b>		<b>25</b>
<b>NERACA MASSA.....</b>		<b>25</b>
3.1	Reaktor Tangki Berpengaduk (R-210) .....	25
3.2	<i>Filter Press</i> (H-310) .....	26
3.3	Dekanter (H-320).....	27
3.4	Menara Distilasi (D-410).....	27
<b>BAB IV .....</b>		<b>29</b>
<b>NERACA PANAS .....</b>		<b>29</b>
4.1	<i>Heater</i> 1 (E-112).....	29
4.2	<i>Heater</i> 2 (E-122).....	30
4.3	Reaktor Tangki Berpengaduk (R-210) .....	30
4.4	Kondensor.....	31
4.5	<i>Cooler</i> 1 (E-215).....	32
4.6	<i>Heater</i> 3 .....	32
4.6	Menara Distilasi.....	33
4.8	<i>Cooler</i> 2.....	34
<b>BAB V.....</b>		<b>35</b>
<b>SPESIFIKASI ALAT.....</b>		<b>35</b>
5.1	Tangki Penyimpanan <i>Cresol</i> .....	35
5.2	Pompa <i>Cresol</i> .....	36
5.3	<i>Heater</i> -01.....	36
5.4	Tangki Penyimpanan $\text{POCl}_3$ .....	37
5.5	Pompa $\text{POCl}_3$ .....	38
5.6	<i>Heater</i> – 02.....	38
5.7	Gudang Penyimpanan Katalis $\text{AlCl}_3$ .....	39
5.8	<i>Screw Conveyor</i> $\text{AlCl}_3$ .....	40
5.9	<i>Bucket Elevator</i> $\text{AlCl}_3$ .....	40
5.9	<i>Bin</i> $\text{AlCl}_3$ .....	41
5.11	Reaktor.....	41

5.12	Pompa Reaktor.....	43
5.13	Kondensor.....	43
5.14	Pompa HCl.....	44
5.15	<i>Cooler</i> - 01.....	45
5.16	<i>Filter Press</i> .....	45
5.17	Pompa Filter Press.....	46
5.18	Dekanter.....	46
5.19	Pompa Produk Bawah Dekanter.....	47
5.20	Pompa Produk Atas Dekanter.....	48
5.21	<i>Heater</i> – 03.....	48
5.22	Menara Distilasi.....	49
5.35	<i>Major Design</i> Reaktor.....	58
5.36	<i>Major Design</i> Menara Distilasi.....	59
<b>BAB VI.....</b>		<b>60</b>
<b>INSTRUMENTASI.....</b>		<b>60</b>
6.1	Instrumentasi.....	60
<b>BAB VII.....</b>		<b>72</b>
<b>KESELAMATAN, KESEHATAN KERJA DAN LINGKUNGAN PABRIK</b>		
<b>KIMIA (ANALISIS HAZZID DAN HAZOP).....</b>		<b>72</b>
7.1	Latar Belakang.....	72
7.2	Identifikasi <i>Hazard</i> Bahan.....	74
7.3	Identifikasi Potensi Paparan Bahan.....	80
7.3.1	Identifikasi Potensi Paparan Bahan Kimia.....	80
7.3.2	Identifikasi Potensi Paparan Fisis.....	82
7.4	Identifikasi Potensi Paparan Bahan.....	85
7.4.1	Identifikasi Hazard Limbah Gas dalam Proses.....	85
7.5	Identifikasi <i>Hazard</i> Peralatan Proses.....	87
7.5.1	Identifikasi <i>Hazard</i> Kondisi Peralatan Proses.....	87
7.5.2	Identifikasi <i>Hazard</i> Kondisi Peralatan Pengolahan Air.....	94
7.5.3	Identifikasi <i>Hazard Plant Layout</i> dan Lokasi Pabrik.....	100
7.6	HAZOP ( <i>Hazard and Operability Study</i> ).....	114

7.6.1	Deskripsi .....	114
7.6.2	Potensi Bahaya dalam Sistem .....	115
7.6.3	Estimasi <i>Consequence</i> .....	122
7.6.4	Analisis Resiko .....	126
7.7	Rekomendasi Mitigasi.....	128
7.8	Kesimpulan.....	133
<b>BAB VIII.....</b>		<b>134</b>
<b>LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....</b>		<b>134</b>
8.1	Lokasi Tata Letak Pabrik.....	134
8.2	Tata Letak Pabrik .....	139
8.4	Tata Letak Peralatan Proses .....	143
<b>BAB IX.....</b>		<b>147</b>
<b>ORGANISASI PERUSAHAAN.....</b>		<b>147</b>
9.1	Organisasi Perusahaan .....	147
9.1.2	Bentuk Perusahaan.....	147
9.1.2	Struktur Organisasi.....	148
9.2	Tugas dan Wewenang .....	153
9.3	Pembagian Waktu Kerja .....	159
9.4	Status Karyawan dan Sistem Upah .....	161
9.5	Penggolongan Jabatan Karyawan .....	161
9.6	Jaminan Sosial.....	163
9.7	Sistem Penggajian dan Jumlah Karyawan .....	164
<b>BAB X.....</b>		<b>171</b>
<b>UTILITAS.....</b>		<b>171</b>
10.1	Unit Pengolahan Air .....	171
10.1.1	Kebutuhan <i>Steam</i> .....	171
10.1.2	Kebutuhan Air Pendingin.....	174
10.1.3	Pengolahan Air.....	176
10.1.4	Kebutuhan Bahan Kimia untuk Pengolahan Air.....	183
10.2	Spesifikasi Alat Unit Pengolahan Air.....	183
10.2.1	<i>Screening</i> (H-110).....	183

10.2.2	Pompa <i>Raw Material</i> (L-111).....	183
10.2.3	<i>Reservoir</i> .....	184
10.2.4	Pompa <i>Reservoir</i> (L-113).....	185
10.2.5	Bak Sedimentasi (F-113).....	185
10.2.6	Pompa Sedimentasi .....	186
10.2.7	<i>Clarifier</i> (H-120).....	186
10.2.8	Tangki Soda Abu.....	187
10.2.9	Pompa Soda Abu (L-122) .....	187
10.2.10	<i>Static Mixer</i> Soda Abu (M-123).....	188
10.2.11	Tangki Alum (F-124) .....	188
10.2.12	Pompa Alum (L-125) .....	188
10.2.13	<i>Static Mixer</i> Alum (M-126).....	189
10.2.14	Pompa <i>Clarifier</i> (L-127).....	190
10.2.15	Bak Pengendapan <i>Clarifier</i> (F-128).....	190
10.2.16	Pompa Bak <i>Clarifier</i> (L-129) .....	191
10.2.17	<i>Sand Filter</i> .....	191
10.2.18	Bak Penampung Air Bersih (F-140).....	192
10.2.19	Pompa <i>Hydrant</i> (L-141) .....	192
10.2.20	Pompa Bak Air Bersih I (L-142).....	193
10.2.21	Pompa Bak Air Bersih II (L-143).....	194
10.2.22	Bak Air Sanitasi (F-210) .....	194
10.2.23	Pompa Air Sanitasi (L-211).....	195
10.2.24	Tangki Kaporit (F-212) .....	195
10.2.25	Pompa Kaporit (L-213) .....	196
10.2.26	Tangki HCl (F-221).....	196
10.2.27	Pompa Tangki HCl (L-222).....	197
10.2.28	<i>Kation Exchanger</i> (KE-220).....	198
10.2.29	Pompa <i>Kation Exchanger</i> (L-223) .....	198
10.2.30	<i>Anion Exchanger</i> (AE-230).....	199
10.2.31	Pompa <i>Anion Exchanger</i> (L-233).....	200
10.2.32	Tangki NaOH (F-231) .....	200

10.2.33	Pompa NaOH (L-232) .....	201
10.2.34	Pompa <i>Softening Water Tank</i> (L-233).....	201
10.2.35	Tangki <i>Softening Water</i> (F-240).....	202
10.2.36	Pompa Tangki <i>Softening Water</i> (L-241) .....	202
10.2.37	Bak Penampung <i>Chiller Water</i> (F-310) .....	203
10.2.38	Pompa <i>Cooling Water</i> (L-311).....	204
10.2.39	<i>Chiller</i> (A-330).....	204
10.2.40	Pompa <i>Chiller</i> (L-331) .....	205
10.2.41	Tangki <i>Hydrazin</i> (F-321).....	205
10.2.42	Pompa <i>Hydrazin</i> (L-322).....	206
10.2.43	<i>Daerator</i> (D-320) .....	206
10.2.44	Pompa <i>Daerator</i> (L-323).....	207
10.3	Unit Penyedia <i>Steam</i> .....	207
10.4	Unit Pembangkit Listrik.....	208
10.5	Unit Penyedia Bahan Bakar.....	209
10.5.1	Tangki Bahan Bakar.....	209
10.5.3	Pompa Bahan Bakar.....	209
10.6	Unit Pengolahan Limbah .....	210
10.6.1	Spesifikasi Peralatan Pengolahan Limbah .....	211
10.7	PFD Utilitas.....	213
<b>BAB XI.....</b>		<b>214</b>
<b>ANALISA EKONOMI.....</b>		<b>214</b>
11.1	Penaksiran Harga Peralatan .....	215
11.2	Penentuan Investasi Modal Total (TCI).....	216
11.2.1	Investasi Modal Tetap ( <i>Fixed Capital Investment</i> ).....	216
11.2.2	Modal Kerja / <i>Working Capital</i> .....	218
11.2.3	<i>Plant Start Up</i> .....	219
11.3	Penentuan Biaya Total Produksi (TPC).....	220
11.3.1	<i>Manufacturing Cost</i> (MC).....	220
11.3.2	<i>General Expense</i> .....	222
11.4	Total Penjualan .....	223

11.5	Perkiraan Laba Usaha .....	223
11.6	Analisa Kelayakan .....	223
11.6.1	<i>Percent Profit on Sales</i> .....	224
11.6.2	<i>Percent Return on Investment (ROI)</i> .....	224
11.6.3	<i>Pay Out Time (POT)</i> .....	224
11.6.4	<i>Net Present Value (NPV)</i> .....	225
11.6.5	<i>Interest Rate of Return (IRR)</i> .....	225
11.6.6	<i>Break Even Point (BEP)</i> .....	226
11.6.7	<i>Shut Down Point (SDP)</i> .....	227
<b>BAB XII</b>	.....	<b>230</b>
<b>KESIMPULAN</b>	.....	<b>230</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>1</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Struktur Molekul <i>Cresol</i> ( $C_7H_8O$ ) .....	2
<b>Gambar 1.2</b> Struktur Molekul <i>Phosphoric Oxichloride</i> ( $POCl_3$ ) .....	3
<b>Gambar 1.3</b> Struktur Molekul <i>Tricresyl phosphate</i> ( $C_{21}H_{21}O_4P$ ).....	3
<b>Gambar 1.4</b> Grafik Perhitungan dengan Metode Regresi Linier .....	5
<b>Gambar 2.1</b> Diagram Alir Kualitatif PraRancangan Pabrik $C_{21}H_{21}O_4P$ dari $C_7H_8O$ dan $POCl_3$ dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun.....	22
<b>Gambar 2.2</b> Diagram Alir Kuantitatif PraRancangan Pabrik $C_{21}H_{21}O_4P$ dari $C_7H_8O$ dan $POCl_3$ dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun.....	23
<b>Gambar 2.3</b> Diagram Alir PraRancangan Pabrik $C_{21}H_{21}O_4P$ dari $C_7H_8O$ dan $POCl_3$ dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun.....	24
<b>Gambar 5.1</b> <i>Major Design</i> Reaktor (R-210).....	58
<b>Gambar 5.2</b> <i>Major Design</i> Menara Distilasi (D-410) .....	59
<b>Gambar 8.1</b> Peta Wilayah Kecamatan Manyar .....	135
<b>Gambar 8.2</b> Peta Lokasi rencana Pendirian Pabrik .....	136
<b>Gambar 8.3</b> Tata Letak Pabrik $C_{21}H_{21}O_4P$ .....	141
<b>Gambar 8.4</b> Tata Letak Peralatan Proses Pabrik $C_{21}H_{21}O_4P$ .....	145
<b>Gambar 9.2</b> Bagan Struktur Organisasi Pabrik <i>Tricresyl phosphate</i> .....	152
<b>Gambar 10.1</b> PFD Utilitas <i>Tricresyl Phosphate</i> .....	213
<b>Gambar 11.2</b> <i>Break Event Point</i> dan <i>Shut Down Point</i> Prarancangan Pabrik <i>Tricresyl phosphate</i> dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun .....	229

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Data Kapasitas Produksi Bahan Baku <i>Tricresyl phosphate</i> di Dunia ( <i>tricresyl-phosphate.com</i> , 2025).....	4
<b>Tabel 1.2</b> Kebutuhan Impor $C_{21}H_{21}O_4P$ di Indonesia.....	5
<b>Tabel 2.2</b> Beragam Jenis Proses Pembuatan $C_{21}H_{21}O_4P$ .....	11
<b>Tabel 2.3</b> Daftar $\Delta H_f^\circ$ Setiap Komponen .....	15
<b>Tabel 2.4</b> Daftar $\Delta G_f^\circ$ Setiap Komponen.....	17
<b>Tabel 3.1</b> Neraca Massa di Reaktor Tangki Berpengaduk.....	25
<b>Tabel 3.2</b> Neraca Massa di <i>Filter Press</i> .....	26
<b>Tabel 3.3</b> Neraca Massa di Dekanter.....	27
<b>Tabel 3.4</b> Neraca Massa di Menara Distilasi.....	28
<b>Tabel 4.1</b> Neraca Panas <i>Heater 1</i> .....	29
<b>Tabel 4.2</b> Neraca Panas <i>Heater 2</i> .....	30
<b>Tabel 4.3</b> Neraca Panas Reaktor.....	31
<b>Tabel 4.4</b> Neraca Panas Kondensor.....	31
<b>Tabel 4.5</b> Neraca Panas <i>Cooler 1</i> .....	32
<b>Tabel 4.6</b> Neraca Panas <i>Heater 2</i> .....	33
<b>Tabel 4.7</b> Neraca Panas Menara Distilasi.....	33
<b>Tabel 4.8</b> Neraca Massa <i>Cooler 2</i> .....	34
<b>Tabel 6.1</b> Penggunaan Instrumentasi Pada Pabrik $C_{21}H_{21}O_4P$ .....	66
<b>Tabel 7.1</b> <i>Guide Word</i> dan Deviasi komponen <i>Node</i> Reaktor .....	116
<b>Tabel 7.2</b> <i>Guide Word</i> dan Deviasi komponen <i>Jacket</i> Pendingin.....	117
<b>Tabel 7.3</b> <i>Guide Word</i> dan Deviasi komponen <i>Catalyst Bed</i> .....	119
<b>Tabel 7.4</b> <i>Guide Word</i> dan Deviasi komponen <i>node</i> TIC dan PIC .....	120
<b>Tabel 7.5</b> <i>Guide Word</i> dan Deviasi komponen <i>node</i> <i>Input</i> Reaktor.....	121
<b>Tabel 7.6</b> <i>Guide Word</i> dan Deviasi komponen <i>node</i> <i>Output</i> Reaktor.....	122
<b>Tabel 7.7</b> Estimasi <i>Consequence node</i> Reaktor .....	122
<b>Tabel 7.8</b> Estimasi <i>Consequence node</i> <i>Jacket</i> Pendingin.....	123
<b>Tabel 7.9</b> Estimasi <i>Consequence node</i> <i>Catalyst Bed</i> .....	124

<b>Tabel 7.10</b> Estimasi <i>Consequence node</i> TIC dan PIC.....	125
<b>Tabel 7.11</b> Estimasi <i>Consequence node</i> Input dan Output Reaktor.....	126
<b>Tabel 7.12</b> Analisis Risiko Node Reaktor.....	127
<b>Tabel 7.13</b> Analisis Risiko Node <i>Jacket</i> Pendingin.....	127
<b>Tabel 7.14</b> Analisis Risiko Node <i>Catalyst Bed</i> .....	127
<b>Tabel 7.15</b> Analisis Risiko Node TIC dan PIC.....	128
<b>Tabel 7.16</b> Analisis Risiko Node <i>Input</i> dan <i>Output</i> Reaktor.....	128
<b>Tabel 7.17</b> Rekomendasi Mitigasi Analisis HAZOP Reaktor RTB (Reaktor Tangki Berpengaduk).....	130
<b>Tabel 8.1</b> Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik.....	141
<b>Tabel 9.1</b> Siklus Pergantian Shift Karyawan.....	160
<b>Tabel 9.2</b> Siklus Pergantian <i>Shift</i> Karyawan (Lanjutan).....	160
<b>Tabel 9.3</b> Penggolongan Jabatan Karyawan.....	162
<b>Tabel 9.4</b> Perincian Gaji Karyawan.....	165
<b>Tabel 10.2</b> Kebutuhan Steam untuk Pemanas.....	173
<b>Tabel 10.3</b> Kebutuhan Air Pendingin.....	174
<b>Tabel 10.4</b> Kebutuhan Air Sanitasi.....	175
<b>Tabel 10.5</b> Kebutuhan Air Keseluruhan.....	176
<b>Tabel 10.6</b> Kualitas Air Bengawan Solo Lusiana dkk (2022).....	177
<b>Tabel 10.7</b> Syarat Syarat Air Umpan Boiler.....	182

## DAFTAR NOTASI

TCP	: <i>Tricresyl phosphate</i>
W	: <i>Air (Water)</i>
JIPE	: <i>Java Integrated Industrial and Ports Estate</i>
ID	: <i>Inside Diameter</i>
OD	: <i>Outside Diameter</i>
NPS	: <i>Nominal Pipe Size</i>
NPSH	: <i>Net Positive Suction Head</i>
PIC	: <i>Pressure Indicator Control</i>
TIC	: <i>Temperature Indicator Control</i>
LI	: <i>Level Indicator</i>
FIC	: <i>Flow Indicator Control</i>
WIC	: <i>Weight Indicator Control</i>
DCS	: <i>Distributed Control System</i>
RTD	: <i>Resistance Temperature Detector</i>
K3L	: <i>Kesehatan Kerja dan Lingkungan</i>
APD	: <i>Alat Pelindung Diri</i>
SOP	: <i>Standard Operating Procedure</i>
MD	: <i>Menara Distilasi</i>
RTB	: <i>Reaktor Tangki Berpengaduk</i>
HAZID	: <i>Hazard Identification</i>
HAZOP	: <i>Hazard Operability</i>
PT	: <i>Perseroan Terbatas</i>

## INTISARI

*Tricresyl phosphate* (TCP) adalah senyawa organofosfat yang berwujud cairan kental tidak berwarna hingga kuning, tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik (benzena dan kloroform). TCP banyak digunakan sebagai *plasticizer* untuk meningkatkan fleksibilitas plastik, terutama dalam polivinil klorida (PVC), serta sebagai bahan pelumas dan *flame retardant*. Dalam industri aviasi, TCP digunakan sebagai aditif dalam pelumas dan cairan hidraulik. Sebagian besar pasokan *Tricresyl phosphate* (TCP) di Indonesia masih bergantung pada impor bahan baku, meskipun beberapa industri lokal mungkin telah memproduksi senyawa ini dalam skala terbatas. Pendirian pabrik *tricresyl phosphate* di Indonesia perlu dipertimbangkan sebagai langkah strategis untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap impor. Senyawa ini dapat diproduksi dengan menggunakan proses esterifikasi antara *cresol* (turunan fenol) dan *phosphorus oxychloride* ( $\text{POCl}_3$ ) dengan bantuan katalis  $\text{AlCl}_3$ .

Produksi  $\text{C}_{21}\text{H}_{21}\text{O}_4\text{P}$  beroperasi pada kondisi tekanan 1 atm dan suhu masuk  $210^\circ\text{C}$ . Reaksi berlangsung dalam reaktor tangki berpengaduk (RTB) selama 5 jam dan reaksi bersifat eksotermis (mengeluarkan panas) dan menggunakan *chilled water* sebagai media pendingin. Proses ini menghasilkan konversi reaksi 96% dengan kemurnian mencapai 99% dengan kapasitas produksi 10.000 Ton/tahun, pabrik ini akan dirancang untuk memenuhi sebagian besar kebutuhan domestik dan mengurangi ketergantungan impor. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan *tricresyl phosphate*, yaitu *cresol* sebanyak 1.159,4814 kg/jam dan  $\text{POCl}_3$  sebanyak 548,0070 kg/jam dengan katalis  $\text{AlCl}_3$  sebanyak 10,9601 kg/jam. Pabrik beroperasi selama 330 hari/tahun. Lokasi yang dipilih untuk mendirikan pabrik ini berada di Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur, dengan luas tanah yang dibutuhkan sebesar  $24.000 \text{ m}^2$ . Kebutuhan air utilitas diambil dari Sungai Bengawan Solo sebanyak 16948,2191 kg/jam. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 135 orang dan bentuk Perusahaan Perseroan Terbatas (PT) dengan system organisasi garis dan staf.

Berdasarkan perhitungan evaluasi ekonomi, untuk pendirian pabrik *tricresyl phosphate* dibutuhkan modal tetap sebesar Rp. 266.235.368.626 dan modal kerja sebesar Rp.163.044.575.150. Total *Manufacturing Cost* yaitu Rp. 811.491.526.555,13. Biaya yang dikeluarkan untuk produksi yaitu sebesar Rp. 930.712.945.504,27. Keuntungan yang diperoleh dari pendirian pabrik ini yaitu keuntungan sebelum pajak sebesar Rp. 57.771.176.543 dan sesudah pajak sebesar Rp. 37.551.264.753. Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi ekonomi untuk pendirian pabrik *tricresyl phosphate* didapatkan nilai *Retrun of Invesment* (ROI) sesudah pajak sebesar 14 %, *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak selam 4,15 tahun. Sedangkan *Break Even Point* (BEP) sebesar 54% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 30 %. Dari hasil analisis ekonomi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa Prarancangan Pabrik *Tricresyl phosphate* dari *Cresol* dan *Phosphorus oxychloride* Menggunakan Proses Esterifikasi dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun ini layak untuk didirikan

**Kata Kunci:** *Cresol, Esterifikasi, Phosphorus oxychloride, Tricresyl phosphate*