

**TUGAS AKHIR**

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM BENZOAT  
PROSES OKSIDASI TOLUEN DENGAN UDARA  
KAPASITAS 32.500 TON / TAHUN**



**Disusun Oleh :**

**EMA LIESTYORINI                    I 0501016**

**KURNIAWAN HANDOYO    I 0501030**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2006**

**TUGAS AKHIR**  
**PRARANCANGAN PABRIK ASAM BENZOAT**  
**PROSES OKSIDASI TOLUEN DENGAN UDARA**  
**KAPASITAS 32.500 TON / TAHUN**

Disusun oleh :

Emma Liestyorini  
NIM. I0501016

Kurniawan Handoyo  
NIM. I0501030

Disetujui  
Dosen Pembimbing

Dwi Ardiana Setyawardani, ST., MT.  
NIP. 131 472 646

Dipertahankan di depan tim penguji :

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Ir. Muljadi<br>NIP. 131 479 689                | 1. .... |
| 2. Enny Kriswiyanti, ST., MT.<br>NIP. 132 258 056 | 2. .... |

Mengetahui  
a.n. Dekan FT UNS  
Pembantu Dekan I

Ir Paryanto, MS  
NIP 131 569 244

Disahkan  
Ketua Jurusan Teknik Kimia  
FT UNS

Ir Nunik Sri Wahjuni, MSi  
NIP 131 569 187

## KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya sehingga penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir “Prarancangan Pabrik Asam Benzoat Proses Oksidasi Toluena dengan Udara Kapasitas 32.500 ton/tahun” yang merupakan salah satu syarat guna meraih gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Dalam Penyusunan laporan ini penulis tidak lepas dari bantuan, bimbingan, petunjuk dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Dwi Ardiana Setyawandani, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan mencurahkan segenap perhatiannya dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Muljadi dan Ibu Enny Kriswiyanti, ST., MT. selaku Penguji Seminar Tugas Akhir.
3. Ibu Sperisa Distantina, ST., MT., dan Bapak Bregas Siswahyono, ST., MT., selaku Pembimbing Akademik.
4. Ibu Ir. Nunik Sri Wahjuni, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
5. Bapak Ir. Paryanto, MS, selaku Pembantu Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
6. Bapak Ir. Sumaryoto, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis membuka diri terhadap segala kritik dan saran yang membangun. Besar harapan penulis semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis, bagi mahasiswa Teknik Kimia pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surakarta, Oktober 2006

Penulis

**DAFTAR ISI**

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Daftar Isi .....	iv
Daftar Tabel .....	viii
Daftar Gambar .....	x
Intisari .....	xi
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik .....	1
1.2. Kapasitas Rancangan .....	2
1.3. Lokasi .....	5
1.4. Tinjauan Pustaka .....	7
 <b>BAB II DESKRIPSI PROSES</b>	
2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk .....	19
2.2. Konsep Proses .....	20
2.3. Diagram Alir Proses .....	27
2.4. Neraca Massa dan Neraca Panas .....	30
2.5. Tata Letak Pabrik dan Tata Letak Peralatan .....	46

**BAB III SPESIFIKASI PERALATAN PROSES**

3.1. Tangki Toluen (F-010)	52
3.2. Silo Cobalt Asetat (F-020)	53
3.3. <i>Mixer</i> (M-030)	53
3.4. Reaktor (R-040)	54
3.5. Kondenser Parsial (E-051)	56
3.6. Separator (H-050)	57
3.7. Dekanter 1 (H-060)	57
3.8. Menara Distilasi 1 (D-070)	58
3.9. Kondenser 2 (E-071)	58
3.10. Akumulator 1 (F-072)	59
3.11. Dekanter 2 (H-080)	60
3.12. Reboiler 1 (E-073)	60
3.13. Menara Distilasi 2 (D-090)	61
3.14. Kondenser 3 (E-091)	62
3.15. Akumulator 2 (F-092)	63
3.16. Reboiler 2 (E-093)	63
3.17. Menara Distilasi 3 (D-100)	64
3.18. Kondenser 4 (E-101)	65
3.19. Akumulator 3 (F-102)	65
3.20. Reboiler 3 (E-103)	66
3.21. <i>Prilling Tower</i> (S-110)	67
3.22. Silo Asam Benzoat (F-130)	68
3.23. Tangki Benzaldehid (F-120)	68

3.24. <i>Belt Conveyor</i> 1 (J-021) .....	69
3.25. <i>Belt Conveyor</i> 2 (J-131) .....	69
3.26. Kompresor (G-041) .....	70
3.27. Pemanas (E-032) .....	70
3.28. Pendingin 1 (E-043) .....	71
3.29. Pendingin 2 (E-052) .....	72
3.30. Pendingin 3 (E-042) .....	74
3.31. Pendingin 4 (E-106) .....	75
3.32. Pompa 1 (L-011) .....	76
3.33. Pompa 2 (L-031) .....	76
3.34. Pompa 3 (L-061) .....	77
3.35. Pompa 4 (L-074) .....	77
3.36. Pompa 5 (L-095) .....	77
3.37. Pompa 6 (L-081) .....	78
3.38. Pompa 7 (L-094) .....	78
3.39. Pompa 8 (L-095) .....	79
3.40. Pompa 9 (L-104) .....	79
3.41. Pompa 10 (L-105) .....	79

#### **BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM**

4.1. Unit Pendukung Proses .....	81
4.2. Laboratorium .....	101
4.3. Laboratorium Penelitian dan Pengembangan .....	104

**BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN**

5.1. Bentuk Perusahaan .....	105
5.2. Struktur Organisasi .....	106
5.3. Tugas dan Wewenang .....	108
5.4. Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	114
5.5. Status Karyawan dan Sistem Upah .....	116
5.6. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji .....	117
5.7. Kesejahteraan Sosial Karyawan .....	119

**BAB VI ANALISA EKONOMI**

6.1. Penafsiran Harga Peralatan .....	127
6.2. Dasar Perhitungan .....	130
6.3. Penentuan <i>Total Capital Investment</i> (TCI) .....	130
6.4. Hasil Perhitungan .....	131
6.5. Keuntungan ( <i>Profit</i> ) .....	135
6.6. Analisa Kelayakan .....	136

Daftar Pustaka .....	xii
----------------------	-----

Lampiran 1 Perhitungan Neraca Massa

Lampiran 2 Perhitungan Neraca Panas

Lampiran 3 Perancangan Reaktor

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Kebutuhan Asam Benzoat di Indonesia Berdasarkan Data Impor ....	3
Tabel 1.2. Perkiraan Kebutuhan Impor Asam Benzoat .....	4
Tabel 1.3. Kegunaan Turunan Asam Benzoat .....	9
Tabel 2.1. Harga $\Delta G^{\circ f}$ Masing-masing Komponen .....	25
Tabel 2.2. Harga $\Delta H^{\circ f}$ Masing-masing Komponen .....	26
Tabel 2.3. Neraca Massa Total .....	32
Tabel 2.4. Neraca Massa di Sekitar Tangki Pencampur .....	32
Tabel 2.5. Neraca Massa di Sekitar Reaktor .....	33
Tabel 2.6. Neraca Massa di Sekitar Separator .....	33
Tabel 2.7. Neraca Massa di Sekitar Dekanter 1 .....	34
Tabel 2.8. Neraca Massa di Sekitar Menara Distilasi 1 .....	34
Tabel 2.9. Neraca Massa di Sekitar Dekanter 2 .....	35
Tabel 2.10. Neraca Massa di Sekitar Menara Distilasi 2 .....	35
Tabel 2.11. Neraca Massa di Sekitar Menara Distilasi 3 .....	36
Tabel 2.12. Neraca Massa <i>Tee</i> Masuk <i>Prilling Tower</i> .....	36
Tabel 2.13. Neraca Panas Total .....	38
Tabel 2.14. Neraca Panas di Tangki Pencampur .....	39
Tabel 2.15. Neraca Panas di Pemanas .....	39
Tabel 2.16. Neraca Panas di Pendingin 1 .....	40
Tabel 2.17. Neraca Panas di Reaktor .....	40
Tabel 2.18. Neraca Panas di Kondenser 1 .....	41
Tabel 2.19. Neraca Panas di Pendingin 2 .....	41



Tabel 2.20. Neraca Panas di Dekanter 1	42
Tabel 2.21. Neraca Panas di Pendingin 3	42
Tabel 2.22. Neraca Panas di Menara Distilasi 1	43
Tabel 2.23. Neraca Panas di Dekanter 2	43
Tabel 2.24. Neraca Panas di Menara Distilasi 2	43
Tabel 2.25. Neraca Panas di Menara Distilasi 3	44
Tabel 2.26. Neraca Panas di <i>Prilling Tower</i>	44
Tabel 2.27. Neraca Panas di Pendingin 4	45
Tabel 5.1. Jadwal Pembagian Kelompok Shift	116
Tabel 5.2. Jumlah Karyawan dan Kualifikasi	118
Tabel 5.3. Klasifikasi Golongan dan Sistem Gaji Karyawan	119
Tabel 6.1. Indeks Harga Alat	128
Tabel 6.2. <i>Fixed Capital Investment</i>	131
Tabel 6.3. <i>Working Capital Investment</i>	132
Tabel 6.4. <i>Direct Manufacturing Cost</i>	133
Tabel 6.5. <i>Indirect Manufacturing Cost</i>	133
Tabel 6.6. <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	134
Tabel 6.7. <i>General Expense</i>	134
Tabel 6.8. Analisa Ekonomi	136

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Data Impor Asam Benzoat di Indonesia tahun 1998 – 2003	.....	4
Gambar 2.1. Blok Diagram Neraca Massa	.....	31
Gambar 2.2. Blok Diagram Neraca Panas	.....	37
Gambar 2.3. Tata Letak Pabrik	.....	50
Gambar 2.4. Tata Letak Peralatan	.....	51
Gambar 4.1. Diagram Alir unit Pengadaan Air	.....	88
Gambar 5.1. Struktur Organisasi Pabrik	.....	122
Gambar 6.1. <i>Chemical Engineering Cost Index</i>	.....	129
Gambar 6.2. Grafik Analisa Kelayakan	.....	137

## INTISARI

**Ema Liestyorini & Kurniawan Handoyo, 2006, Prarancangan Pabrik Asam Benzoat Proses Oksidasi Toluena dengan Udara Kapasitas 32.500 ton/tahun, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.**

Prarancangan pabrik asam benzoat ini dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri serta ekspor. Asam benzoat banyak digunakan pada industri sebagai pengawet makanan, dalam farmasi sebagai antiseptik, bahan pembuatan fenol, kaprolaktam, glikol benzoat, sodium dan potasium benzoat. Bahan baku yang digunakan adalah toluena dan udara. Pabrik direncanakan didirikan di daerah industri Tuban, Jawa Timur pada tahun 2008 dan beroperasi pada tahun 2010. Pabrik asam benzoat ini dirancang dengan kapasitas 32.500 ton/tahun. Selain asam benzoat, pabrik ini juga menghasilkan benzaldehid sebagai produk samping.

Pembuatan asam benzoat merupakan reaksi oksidasi toluena pada fase cair dengan katalisator Cobalt asetat dalam reaktor gelembung dengan kondisi reaktor isothermal pada suhu 193,1278 °C dan tekanan 7,6696 atm. Pada proses ini juga terbentuk benzaldehid sebagai produk samping. Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis, sehingga diperlukan pendingin. Bahan baku yang digunakan adalah toluena 99,95 % wt sebanyak 27.498,2145 ton/tahun. Dengan konversi total sebesar 50 %. Produk yang dihasilkan berupa asam benzoat 90 % wt terhadap produk total asam benzoat dan benzaldehid.

Unit pendukung proses pabrik meliputi unit pengadaan air, *steam*, udara tekan, listrik, dan bahan bakar. Pabrik juga didukung laboratorium yang mengontrol mutu bahan baku dan produk serta bahan buangan pabrik.

Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT), dengan struktur organisasi sistem garis dan staf. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian jam kerja yang terdiri dari karyawan *shift* dan *non-shift*. Pabrik beroperasi selama 24 jam per hari dan 330 hari per tahun. Jumlah kebutuhan tenaga kerja sebanyak 251 orang.

Dari analisa ekonomi yang dilakukan terhadap pabrik diperoleh modal tetap (*fixed capital investment*) sebesar US\$ 16.891.606,00 dan Rp. 63.039.744.682,64 sedangkan modal bergerak (*Working capital investment*) sebesar US\$ 25.438.928,50 dan Rp. 69.295.053.755,01 dan biaya produksi total per tahun adalah sebesar Rp. 353.237.326.440,50. Analisa kelayakan diperoleh *Break Even Point* (BEP) 48,95 %, *Shut Down Point* (SDP) 26,73 %, *Rate of Investment* (ROI) sesudah pajak 25,46 % ROI sebelum pajak 31,82 %, *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 3,93 tahun, sebelum pajak 3,14 tahun, *Discounted Cash flow* (DCF) 12,96 %, laba sebelum pajak Rp. 68.443.637.980,00 dan laba sesudah pajak Rp. 54.754.910.384,00.

Dari hasil evaluasi ekonomi tersebut, pabrik Asam Benzoat Proses Oksidasi Toluena dengan Udara kapasitas 32.500 ton/tahun ini layak untuk dipertimbangkan pendiriannya di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S. and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw Hill International Book Company, New York.
- Brown, G.G., 1950, *Unit Operation*, John Wiley and Sons, Inc., Tokyo.
- Brownell, L.E. and Young, E.H., 1959, *Process Equipment Design*, 1<sup>st</sup> editions. John Wiley & Sons, New York.
- Badan Pusat Statistik., 1994-2003, *Data Impor Indonesia (1994–2003)*, BPS Indonesia.
- Branan, C.R., 1994, *Rules of Thumb for Chemical Engineers*, Gulf Publishing Company, Houston.
- Coulson, J. M. and Richardson, J.F., 1983, *An Introduction to Chemical Engineering*, volume 6, Allyn and Bacon Inc., Massachusetts.
- Kern, D.Q., 1950, *Process Heat Transfer*, McGraw Hill International Book Company. Tokyo.
- Kirk, Raymond E., Othmer, Donald F., 1998, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4th edition, vol 7, John Wiley and Sons, New York.
- Levenspiel, O., 1972, *Chemical Reaction Engineering*, 2<sup>nd</sup> edition, John Wiley and Sons Inc. Singapore.
- Ludwig, E.E., 1964, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, Vol. II, Gulf Publishing Inc. Houston.
- Mc. Ketta, John. J. and William Cunningham, 1977, *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*, vol. 4, Marcell Dekker, Inc., New York.

Missen, Ronald E., Charles A. Mims, Bradley A. Saville, 1999, *Introduction to Chemical Reaction Engineering and Kinetics*, John Wiley and Sons, New York.

Perry, R.H. and Green, D.W., 1999, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 7<sup>th</sup> edition, McGraw Hill Book Company. Singapore.

Rase, Howard F. 1977, *Chemical Reactor Design for Process Plant*, John Wiley and Sons, Tokyo.

Smith, J.M and Van Ness, H.C., 1981, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 3<sup>rd</sup> edition, McGraw Hill International Book Co., Tokyo.

Timmerhauss, K.D. and Peters, M.S., 2003, *Plant Design and Economics for Chemical Engineering*, McGraw Hill International Book Company, Singapore.

Treyball, R.E., 1981, *Mass Transfer Operation*, 3<sup>ed</sup> edition, McGraw Hill International Book Company, Singapore.

Ulrich, G.D., 1984, *A Guide To Chemical Engineering Process Design and Economics*, John Wiley and Sons Inc., Canada.

Wallas, S.M., 1988, *Chemical Process Equipment (Selection and Design)*. 3<sup>ed</sup> editions, Butterworths, United States of America.

[www.sciencelab.com](http://www.sciencelab.com)

Yaws, Carl. L., 1999, *Chemical Properties Handbook* , Mc Graw Hill Book Co., New York.

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Perkembangan industri di Indonesia, khususnya industri kimia telah mengalami peningkatan baik kualitas maupun kuantitas sehingga kebutuhan akan bahan baku, bahan pembantu, maupun tenaga kerja semakin meningkat.

Dengan melihat kenyataan tersebut, industri asam benzoat memiliki prospek kedepan yang cerah. Hal ini karena asam benzoat merupakan senyawa kimia organik produk industri kimia yang dapat menjadi bahan baku untuk industri kimia lain seperti industri makanan, farmasi, dan yang lain. Kegunaan asam benzoat antara lain sebagai pengawet makanan, dalam farmasi sebagai antiseptik, bahan pembuatan fenol, kaprolaktam, glikol benzoat, sodium dan potasium benzoat.

Asam benzoat terdapat di alam dalam bentuk turunan seperti garam, ester dan amida. Getah benzoin (*styrax benzoin*) mengandung 20% asam benzoat atau kombinasinya yang dapat dipecah dengan pemanasan. Resin Acaroid (*Xanthorrhoca haslilis*) mengandung 4,5–7% asam benzoat. Sejumlah kecil terdapat pada kelenjar bau dari berang-berang, kulit kayu cherry, berry, prem, cengkeh matang dan minyak biji adas. Balsam dari Peru dan Tolu mengandung benzyl benzoat dan juga asam benzoat. Urin herbivora mengandung sejumlah kecil glisin yang merupakan turunan asam benzoat, asam hippurat. Sehingga dapat dikatakan bahwa asam benzoat dalam bentuk murni tidak terdapat di alam. (Kirk & Othmer, 1998)

Pada saat ini kebutuhan asam benzoat di Indonesia sebagian besar impor dari Cina, Hongkong, USA, Belanda, Jepang, Perancis dan Jerman. Sedangkan ekspor asam benzoat sebesar 3 ton dan hanya dilakukan pada tahun 2003.

Kebutuhan bahan baku merupakan faktor penting yang menentukan kelangsungan produksi. Toluena dan oksigen merupakan bahan baku dalam pembuatan asam benzoat. Harga pasaran dunia asam benzoat adalah US\$ 0,65/lb, dan toluena US\$ 1,00/galon. Oksigen dapat diperoleh bebas dari udara. Kebutuhan toluena di Indonesia dipenuhi oleh PT Makasar Petrosel dengan kapasitas produksi 150.000 ton/tahun, PT Trans Pacific Petrochemical Indotama 150.000 ton/tahun, PT Humpuss Aromatic 4000 ton/tahun, PT Citra Pacific Aromatic 72.000 ton/tahun. (BKPM, 2000)

Kebutuhan dunia akan asam benzoat setiap tahun mengalami kenaikan sebesar 2 % per tahun. (Kirk & Othmer, 1998). Dengan demikian, maka peluang pasar asam benzoat masih luas dan dapat diperebutkan.

Dengan pertimbangan-pertimbangan tersebut maka direncanakan pendirian pabrik asam benzoat di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri.

## **1.2. Kapasitas Rancangan**

Dalam perancangan kapasitas rancangan pabrik asam benzoat ada beberapa pertimbangan:

### **1. Kebutuhan asam benzoat dalam negeri**

Sebagian besar kebutuhan asam benzoat di Indonesia selama ini dipenuhi oleh impor. Berdasarkan volume keseluruhan Indonesia mengimpor sebesar 5.097,170 ton/tahun pada tahun 2003 (tabel 1.1) dari berbagai negara.

**Tabel 1.1. Kebutuhan asam benzoat di Indonesia berdasarkan data impor**

Tahun	Jumlah (kg)
1998	3.605.781
1999	3.222.943
2000	4.537.031
2001	4.348.882
2002	5.228.425
2003	5.097.170

*Sumber : Balai Pusat Statistik*

2. Ketersediaan bahan baku

- Bahan baku berupa toluen dibeli dari PT Trans Pacific Petrochemical Indotama yang memiliki kapasitas sebesar 150.000 ton/tahun.
- Oksigen terdapat bebas di udara.
- Katalis dibeli dari Ningbo Cobot Cobalt & Nickel Co. Ltd, Zhejiang, Cina

3. Kapasitas minimal (skala komersial)

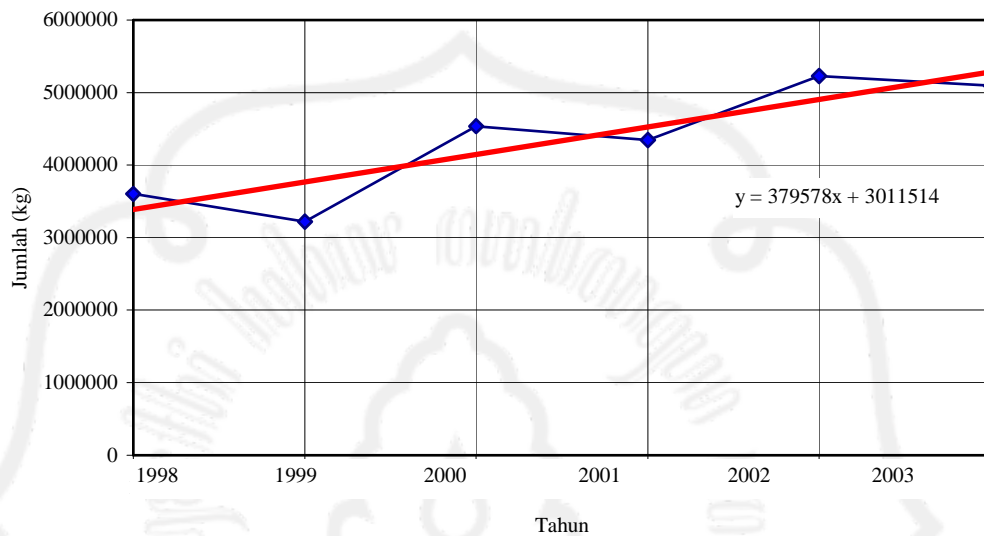
Kapasitas pabrik asam benzoat yang menggunakan proses oksidasi toluen fase cair yang telah berdiri di Amerika Utara yaitu Kalama Chemical dengan kapasitas produksi 80.000 ton/tahun, Chatterton Petrochemical 65.000 ton/tahun dan Velsicol Chemical 32.500 ton/tahun. (Kirk & Othmer)

Pabrik direncanakan berdiri pada tahun 2008 dan beroperasi pada tahun 2010. Oleh karena itu perlu diketahui kebutuhan asam benzoat di dalam negeri yang



diambil dari data impor. Data statistik (tabel 1.1) menunjukkan impor asam benzoat dari luar negeri. Dari data impor di atas, kemudian dilakukan regresi linier untuk mendapatkan nilai kenaikan impor asam benzoat di Indonesia. Data impor dan regresi linier untuk data impor ditunjukkan dalam gambar 1.1.

Grafik Impor Asam Benzoat



**Gambar 1.1. Data impor asam benzoat di Indonesia tahun 1998 – 2003**

Dari regresi linier terhadap data impor asam benzoat didapatkan persamaan regresi (Jumlah) = 379578 (Tahun) + 3011514. Dengan menggunakan analisa regresi linier data impor tersebut, dapat diperkirakan kebutuhan asam benzoat pada tahun 2010 sebagai berikut.

## Tabel 1.2. Perkiraan kebutuhan impor asam benzoat

<b>Tah un</b>	<b>Jumlah (kg)</b>
2004	5668560
2005	6048138
2006	6427716
2007	6807294
2008	7186872
2009	7566450
2010	7.946.028

Dari tabel 1.2. diatas, dapat terlihat bahwa kebutuhan impor asam benzoat di Indonesia pada tahun 2010 diperkirakan mencapai 7.946,028 ton/tahun.

Dari ketiga pertimbangan di atas maka pemilihan kapasitas produksi yang diambil adalah berdasarkan kapasitas minimal skala komersial pabrik yang telah berdiri, yaitu Velsicol Chemical dengan kapasitas 32.500 ton/tahun. Hal ini karena pabrik dengan kapasitas tersebut telah layak berdiri dan menghasilkan keuntungan. Kapasitas ini digunakan untuk mencukupi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan impor serta diekspor.

### **1.3. Lokasi**

Lokasi suatu pabrik mempengaruhi keberhasilan tercapainya tujuan pendirian. Lokasi suatu pabrik hendaknya pada suatu daerah yang sedemikian sehingga biaya produksi dan distribusi seminimal mungkin. Pabrik asam benzoat direncanakan akan didirikan di daerah Tuban, propinsi Jawa Timur dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku yang digunakan adalah toluen berasal dari PT Trans Pacific Petrochemical Indotama yang berlokasi di Tuban.

2. Tempat pemasaran

Daerah Tuban merupakan daerah yang strategis untuk pendirian suatu pabrik, karena dekat dengan kawasan industri, pabrik makanan dan farmasi yang menggunakan asam benzoat sebagai bahan baku. Selain itu dekat dengan pelabuhan yang memudahkan ekspor asam benzoat ke luar negeri.

3. Sarana transportasi

Transportasi sangat penting bagi suatu industri. Daerah Tuban dekat dengan pelabuhan untuk keperluan transportasi impor-ekspor serta jalan raya dan

jalan tol yang memadai sehingga memudahkan pengangkutan bahan baku dan produk.

#### 4. Keadaan geografis

Daerah Tuban berada dalam daerah yang beriklim tropis, sehingga cuaca dan iklim relatif stabil. Begitu pula keadaan tanah yang relatif stabil.

#### 5. Regulasi dan perijinan

Karena terletak dalam daerah industri, maka segala macam perijinan menjadi lebih mudah. Adanya dorongan dari pemerintah daerah dalam pengembangan industri juga diharapkan dapat memberikan keuntungan tersendiri.

#### 6. Ketersediaan sarana pendukung

Fasilitas pendukung berupa air, energi dan bahan bakar tersedia cukup memadai. Kebutuhan utilitas dapat dipenuhi oleh perusahaan penyedia jasa pemenuhan kebutuhan utilitas. Kebutuhan tenaga listrik dipenuhi oleh P.T. PLN yang jalurnya terdapat di kawasan ini dan air dapat diambil dari laut.

#### 7. Ketersediaan tenaga kerja

Tenaga kerja baik tenaga biasa sampai tenaga ahli tersedia dalam jumlah yang cukup.

### 1.4. Tinjauan Pustaka

#### 1.4.1. Macam-macam Proses

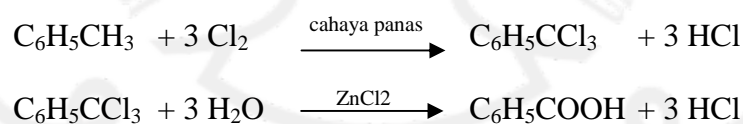
Asam benzoat  $C_6H_5COOH$ , merupakan senyawa kimia organik golongan asam karboksiklik aromatis. Asam benzoat pertama kali digambarkan tahun 1618 oleh fisikawan Perancis, dan strukturnya digambarkan oleh Wohler dan Liebig (1932). Asam benzoat berbentuk kristal monoklin berwarna putih.

Ada tiga macam proses yang telah dikembangkan untuk pembuatan asam benzoat dengan bahan baku yang berbeda, yaitu :

### 1. Proses hidrolisa benzotriklorida

Pembuatan asam benzoat dengan cara hidrolisa benzotriklorida merupakan proses yang paling klasik. Proses ini mulai banyak ditinggalkan setelah tahun 1930 ketika proses dekarboksilasi anhidrida pthalat ditemukan dan menjadi proses yang dominan secara komersial. Bahan baku yang digunakan adalah toluen, dimana toluen diklorinasi pada suhu 100°C – 150°C dan tekanan < 20 psia untuk menghasilkan benzotriklorida. Sejumlah kecil alkali ditambahkan untuk menetralkan hidrogen klorida yang terbentuk. Produk benzodiklorida kemudian dilakukan distilasi dan hidrolisa dengan bantuan katalis ZnCl<sub>2</sub> (0,7%). Sebagai hasil akhir adalah asam benzoat. Yield diperoleh 75-80%.

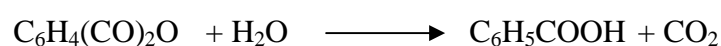
Reaksi :



### 2. Proses dekarboksilasi anhidrida pthalat

Proses ini mulai dikembangkan pada tahun 1933. Anhidrida pthalat didekarboksilasi dalam fase uap dengan katalis padat dalam reaktor berbentuk ketel. Katalis yang digunakan adalah ZnCl<sub>2</sub>, alumina dan silika. Reaksi dijalankan pada suhu 200°C – 400°C dan tekanan > 200 atm. Yield yang diperoleh sebesar 85%.

Reaksi :



### 3. Proses oksidasi toluen

Bahan baku yang digunakan adalah toluen, dimana toluen dioksidasi menggunakan udara (oksigen dalam udara) dan ditambahkan katalis Cobalt atau Mangan. Proses dijalankan pada suhu  $150^{\circ}\text{C} - 250^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 5 – 50 atm. Konversi toluen dikontrol 50 % dan selektivitas yang dihasilkan adalah 80 – 90 %.

Reaksi :



Dengan perbandingan masing-masing proses adalah :

1. Proses hidrolisa benzotriklorida akan menghasilkan impuritis klorin dalam asam benzoat sehingga penggunaan asam benzoat menjadi terbatas. Selain itu akan timbul permasalahan korosi.
2. Proses dekarboksilasi andhidrida pthalat berjalan pada suhu dan tekanan yang tinggi sehingga biaya proses mahal.
3. Proses oksidasi toluen lebih sederhana dan relatif ekonomis karena berjalan pada kondisi suhu dan tekanan yang tidak terlalu tinggi. Selain itu bahan baku yang digunakan mudah didapat.

Dengan melihat perbandingan ketiga proses di atas, maka pada perancangan pabrik asam benzoat ini dipilih proses oksidasi toluen.

#### 1.4.2. Kegunaan Produk

Asam benzoat banyak digunakan sebagai bahan pengawet makanan, yaitu bahan makanan dan minuman berasa asam seperti sirup, dalam farmasi sebagai

antiseptik, obat-obatan dermatologi, sebagai zat aditif untuk mengebor lumpur dan agen retardant pada karet alam dan sintetis. Sedangkan turunan asam benzoat dapat digunakan sebagai pengawet makanan, plasticizer, obat-obatan, dan antiseptik sebagaimana tertera dalam tabel 1.3. berikut.

*Tabel 1.3. Kegunaan Turunan Asam Benzoat*

No	Turunan asam benzoat	Kegunaan
1.	Fenol - resin fenol formaldehid	Bahan perekat kayu
2.	Sodium benzoat (NaOH)	1. Pengawet makanan 2. Pengawet makanan (kemasan) 3. Pengawet kosmetika 4. Pengawet bahan farmasi 5. Penghambat korosi 6. Bahan pembuat cat 7. Obat-obatan 8. Bahan produksi benzil benzoat
3.	- dipropilen glikol dibenzoat - dietilen glikol dibenzoat - trietilen glikol dibenzoat - polietilen glikol dibenzoat - trimetil pentanediol mono- isobutil monobenzoat	Plasticizer pada resin polivinil klorida (PVC)

4.	<p>Benzoil klorida</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3-amino-2,5-asam diklorobenzoat</li> <li>- benzoil peroksida</li>   <li>- benzophenane</li> <li>- dipropilen glikol dibenzoat</li> <li>- dietilen glikol dibenzoat</li> <li>- anhidrid benzoat</li> </ul>	<p>Herbisida</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inisiator polimerisasi vinil klorida, stirena, vinil asetat, akrilik</li> <li>2. Curing agent polimer termosetting (misal poliester)</li> <li>3. Bleaching agent tepung, lemak dan minyak</li> </ol> <p>1. Parfum</p> <p>2. Absorber cahaya ultra violet</p> <p>Plasticizer (sda)</p> <p>Plasticizer (sda)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agen benzolating pembuatan cat dan farmasi</li> <li>2. Pelarut</li> </ol>
5.	Butil benzoat	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Carrier untuk cat fiber poliester</li> <li>2. Obat (aditif disinfektan)</li> <li>3. Pestisida (agen penetrasi)</li> <li>4. Parfum dan tepung</li> </ol>
6.	Resin alkid	Pelapis permukaan
7.	Benzyl benzoat	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mitisida</li> <li>2. Bahan pengusir nyamuk</li> </ol>



		<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Plasticizer (resin selulosa asetat dan nitroselulosa)</li> <li>4. Pelarut parfum dan tepung</li> <li>5. Pewarna tekstil</li> <li>6. Obat-obatan</li> <li>7. Parfum dan tepung</li> </ol>
8.	Metil benzoat	Parfum dan tepung
9.	Benzonitril - benzoguanamin - resin benzoguanamin	Pelarut <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pelapis permukaan</li> <li>2. Tinta</li> <li>3. Resin sebagai pelapis</li> </ol>
10.	8-hidroksiquinolin benzoat	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Krim antiseptik</li> <li>2. Pasta gigi dan pencuci mulut</li> <li>3. Obat salep luka bakar</li> </ol>
11.	Sukrosa benzoat	Bahan vernis
12.	Ammonium benzoat - benzonitril	(sda)
13.	Asam heksahidrobenzoat - kaprolaktam	Pembuatan nilon 6

### 1.4.3. Sifat Fisis dan Kimia

#### 1.4.3.1. Bahan Baku

Toluen ( $C_6H_5CH_3$ )

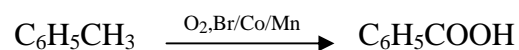
Sebagai bahan baku utama

Sifat fisis	:	
Berat molekul	:	92,141 kg/kmol
Densitas	:	867 kg/m <sup>3</sup>
Viskositas	:	0,548 cp
Titik didih	:	383,78 °Kelvin
Titik beku	:	178,18 °Kelvin
Temperatur kritis	:	591,79 °Kelvin
Tekanan kritis	:	4,109 MPa
Volume kritis	:	315,8 m <sup>3</sup> /mol
Panas pembentukan	:	50,17 kJ/mol
Panas penguapan	:	33,59 kJ/mol
Panas pembakaran	:	-3734 kJ/mol

Sifat kimia :

Reaksi hidrogenasi, dengan katalis nikel, platinum atau paladium dapat menjenuhkan cincin aromatik sebagian maupun keseluruhan, menghasilkan benzena, metana dan bifenil.

Reaksi oksidasi, dengan katalis kobalt, mangan atau bromida pada fase cair menghasilkan asam benzoat.



Reaksi substitusi oleh metil, pada temperatur tinggi dan reaksi radikal bebas. Klorinasi pada 100°C atau dengan ultraviolet membentuk benzil klorida, benzal klorida dan benzotriklorida.

Reaksi substitusi oleh logam alkali menghasilkan normal-propil benzena, 3-fenil pentana, dan 3-etil-3-fenil pentana.

#### Udara

Sebagai oksidator

Komposisi	:	21% mol O <sub>2</sub> dan 79% mol N <sub>2</sub>
Berat molekul	:	28,86 kg/kmol
Kelembaban relatif	:	70 %
Kelembaban absolut	:	0,018 kg H <sub>2</sub> O/kg udara kering

#### Cobalt aasetat (Co(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O)

Sebagai katalis

Berat molekul	:	249,09 kg/kmol
Densitas	:	17075,3 kg/kgmol
Kelarutan dalam air	:	larut sempurna
Titik beku	:	140 °C dengan melepas air kristal

#### 1.4.3.2. Produk

##### Asam Benzoat (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COOH)

Sebagai produk utama

Sifat fisis	:	
Berat molekul	:	122,124 kg/kmol
Densitas (padat)	:	1316 kg/m <sup>3</sup>
Viskositas	:	1,26 cp
Titik didih	:	522,4 °Kelvin
Titik lebur	:	395,52 °Kelvin

Temperatur kritis	:	751	°Kelvin
Tekanan kritis	:	4,47	MPa
Volume kritis	:	339,1	cm <sup>3</sup> /mol
Panas penguapan	:	50,63	kJ/mol
Panas pembentukan	:	-385	kJ/mol
Panas pembakaran	:	3227	kJ/mol
Sifat kimia	:		

Hydrogenasi asam benzoat menjadi kaprolaktam dengan katalis nikel dan direaksikan dengan  $\text{NOHSO}_4$ .

Asam benzoat mempunyai cincin dengan letak meta, sehingga dapat untuk reaksi substitusi lebih lanjut. Reaksi cincin yang terjadi adalah sulfonasi, nitrasi dan klorinasi, tetapi agak sulit pada deaktivasi cincin karena adanya gugus karboksil. Deaktivasi dapat dilakukan dengan katalis atau dengan menaikkan suhu.

Oksidasi asam benzoat menjadi fenol dengan katalis tembaga.

Reduksi cincin asam benzoat membentuk asam karboksilat siklis, dan kaprolaktam sebagai intermediate, yang digunakan pada pembuatan nilon. Dengan pemilihan katalis dan kondisi operasi, reduksi asam benzoat pada gugus karboksil dapat membentuk benzil alkohol.

Garam potasium dari asam benzoat direaksikan dengan  $\text{CO}_2$  pada kenaikan suhu dan tekanan dapat membentuk asam terephthalat.

## 2. Benzaldehid ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COH}$ )

Sebagai produk samping

Sifat fisis	:	
Berat molekul	:	106,124 kg/kmol
Densitas	:	1046 kg/m <sup>3</sup>
Viskositas	:	1,321 cp
Titik didih	:	451,9 °Kelvin
Titik lebur	:	247,15 °Kelvin
Temperatur kritis	:	695 °Kelvin
Tekanan kritis	:	4,65 MPa
Volume kritis	:	324 cm <sup>3</sup> /mol
Panas penguapan	:	42,13 kJ/mol

Sifat kimia :

Reaksi oksidasi membentuk asam benzoat.

Substitusi hidrogen dengan klorin membentuk benzoil klorida.

Kondensasi benzaldehid dengan katalis logam alkali sianida membentuk benzoin.

Hidrogenasi karbonil menghasilkan benzil alkohol.

Substitusi cincin misalnya sulfonasi dan nitrasi dapat berpengaruh, tanpa merusak gugus karbonil. Substitusi meta terjadi bila ada pengaruh dari gugus karbonil.

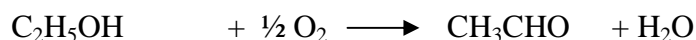
#### 1.4.4. Tinjauan Proses secara Umum

Secara umum proses yang digunakan dalam produksi asam benzoat adalah oksidasi toluen fase cair dengan katalis cobalt asetat.

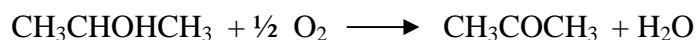
##### 1.4.4.1. Tipe- tipe Reaksi Oksidasi

## a. Dehidrogenasi

Misalnya dalam pembuatan alkohol primer menjadi aldehid.

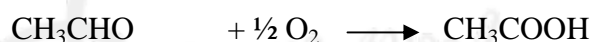


Atau alkohol sekunder menjadi keton.

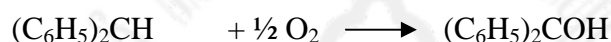


## b. Pemasukan atom oksigen kedalam gugus suatu molekul.

Misalnya reaksi pembuatan asam dari aldehid.

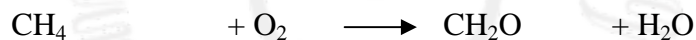


Atau oksidasi hidrokarbon menjadi alkohol.

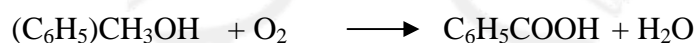


## c. Kombinasi dari 1 dan 2.

Misal pada reaksi pembuatan aldehid dari hidrokarbon.



Atau pada pembuatan asam benzoat dari benzil alkohol.

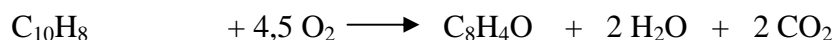


## d. Dehidrogenasi yang bersama-sama dengan kondensasi molekuler

Seperti pada kasus dimana dua molekul benzen dari difenil atau dua molekul toluene dari stilbene atau ketika metilantraquinon dirubah menjadi antracin yellow C.

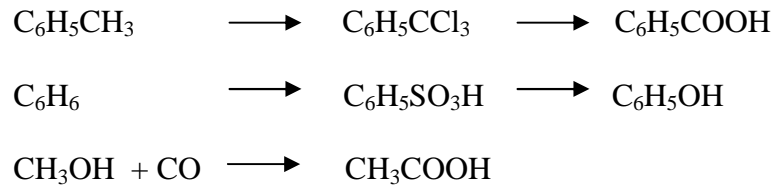
## e. Dehidrogenasi, pemasukan gugus oksigen, dan pemecahan rantai karbon.

Seperti pada reaksi pembuatan naphtalen menjadi phtalat anhidrid.



## f. Oksidasi

Yaitu dengan penggunaan reaksi intermediate



Bahan-bahan pengoksidasi disesuaikan berdasarkan reaksi yang dapat terjadi dan pengaruh reaksi terhadap kontrol yang harus dilakukan. Bahan-bahan tersebut antara lain permanganat, dikromat, asam dan garam hipoklorit, natrium klorit dan klorin dioksida, klorat, peroksida, asam nitrit dan nitrogen tetraoksida, garam tembaga, peleburan alkali, asam sulfat berasap (oleum), ozon, dan udara.

#### 1.4.4.2. Reaksi Oksidasi Fase Cair

Oksigen dari udara adalah bahan pengoksidasi paling murah, tetapi sulit dikontrol. Pada kondisi suhu dan tekanan lingkungan, oksigen dapat direaksikan dengan bahan organik, tetapi kecepatan reaksi sangat lambat. Sehingga perlu ditambahkan katalis, menaikkan suhu atau dengan melakukan keduanya.

Pada reaksi fase cair, katalis dilarutkan secara sempurna untuk memastikan kontak dengan gelembung udara yang mengandung oksigen yang digelembungkan ke dalam cairan yang mengalami oksidasi. Untuk mempercepat kecepatan pembentukan produk maka suhu perlu dinaikkan kemudian menghilangkan panas reaksi.



# LAMPIRAN