

**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM BENZOAT DARI TOLUENA  
DAN UDARA MENGGUNAKAN PROSES OKSIDASI DENGAN  
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**



**Disusun oleh :**

**Sofyan Rizal**

**(3335160053)**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA - FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON - BANTEN**

**2022**

## **LAPORAN PRA RANCANGAN PABRIK**

### **PRA RANCANGAN PABRIK ASAM BENZOAT DARI TOLUENA DAN UDARA MENGGUNAKAN PROSES OKSIDASI DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**

Laporan Pra Rancangan Pabrik ini disusun sebagai syarat kelulusan  
Mata kuliah Pra Rancangan Pabrik dan salah satu syarat  
Menempuh sarjana Strata 1 Teknik Kimia  
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Cilegon – Banten



**Disusun oleh :**

**Sofyan Rizal**

**(3335160053)**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA - FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON - BANTEN**

**2022**

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Judul Pra Rancangan Pabrik : Pra Rancangan Pabrik Asam Benzoat dari Toluena dan Udara menggunakan Proses Oksidasi dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun

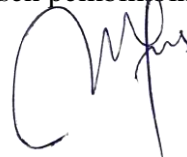
Nama Mahasiswa : 1. Sofyan Rizal (NIM 3335160053)

Siap disidangkan

Cilegon, 24 Januari 2022

Mengetahui

Dosen pembimbing



Nufus Kanani, S.T., M.Eng.

NIP .198408062012122003

HALAMAN PENGESAHAN

JUDUL

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM BENZOAT DARI TOLUENA DAN UDARA MENGGUNAKAN PROSES OKSIDASI DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

disusun oleh:

SOFYAN RIZAL                      3335160053

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing dan telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji pada tanggal 24 Januari 2022

Pembimbing I                      : Nufus Kanani, S.T., M.Eng  
NIP.198408062012122003

Penguji I                                : Dr. Rahmavetty, S.T., M.T.  
NIP. 197410021999032003

Penguji II                               : Dr. Iqbal Syaichurrozi, S.T.,  
M.T.  
NIP. 199003202014041001

Penguji III                              : Dr. H. Rudi Hartono, S.T.,  
M.T.  
NIP. 196702062001121001

Ketua Jurusan Teknik Kimia : Dr. Javanudin, S.T., M.Eng.  
NIP. 197808112005011003



## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Pra Rancangan Pabrik Asam Benzoat Dari Toluena dan Udara Menggunakan Proses Oksidasi Dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun

Nama Mahasiswa : Sofyan Rizal

NIM : 3335160053

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 28 Maret 2022

  
METERAI  
TEMPEL  
0488AJX705108763  
**SOFYAN RIZAL**  
**NIM. 3335160053**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik dengan judul **“Pra Rancangan Pabrik Asam Benzoat dari Toluena dan Udara menggunakan Proses Oksidasi dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun”**. Dalam penulisan laporan ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak yang membantu baik moril maupun materiil. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua serta keluarga tercinta yang selalu memberikan banyak dorongan baik materil dan spiritual.
2. Bapak Dr. Jayanudin S.T., M. Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Ibu Nufus Kanani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing.
4. Ibu Dr. Alia Badra Pitaloka, S.T., M.T selaku Koordinator Pra-Rancangan Pabrik.
5. Segenap dosen Teknik Kimia Untirta, yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan.
6. Rekan – rekan Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah memberikan saran, semangat dan masukannya selama penulisan laporan ini berlangsung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Pra Rancangan Pabrik ini, baik dalam bentuk penyajian serta penguasaan materi yang masih jauh dari kata sempurna. Penulis mengharapkan segala saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan laporan ini. Semoga laporan Pra Rancangan Pabrik ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Cilegon, Januari 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I STRATEGI PERANCANGAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Penetapan Kapasitas Produksi.....	2
1.2.1    Ketersediaan Bahan Baku .....	2
1.2.2    Kapasitas Pabrik yang Sudah Beroperasi .....	3
1.2.3    Proyeksi Kebutuhan Asam Benzoat di Indonesia .....	3
1.2.4    Proyeksi Kebutuhan Asam Benzoat di beberapa Negara .....	6
1.3    Bahan Baku dan Produk.....	9
1.3.1    Bahan Baku .....	9
1.3.2    Bahan Pendukung .....	11
1.3.3    Produk Utama.....	11
1.3.4    Produk Samping .....	12
1.4    Lokasi Pabrik.....	14
1.5    Pemilihan Proses.....	15
1.5.1    Proses Oksidasi Toluena .....	15
1.5.2    Proses Hidrolisis Benzotrichloride .....	16
1.5.3    Proses Dekarboksilasi Phthalic Anhydride .....	17
<b>BAB II NERACA MASSA DAN ENERGI .....</b>	<b>20</b>

2.1	<i>Flowsheet</i> .....	20
2.2	Deskripsi Proses .....	20
2.2.1	Persiapan Bahan Baku.....	21
2.2.2	Reaksi Pembentukan Asam Benzoat ( $C_7H_6O_2$ ) .....	21
2.2.3	Pemurnian Asam Benzoat ( $C_7H_6O_2$ ) .....	21
2.3	Neraca Massa .....	22
2.3.1	<i>Mixing Tank</i> (M-101).....	22
2.3.2	Reaktor (R-101).....	23
2.3.3	Kondensor (CD-101) .....	24
2.3.4	Dekanter (D-201).....	24
2.3.5	Tangki <i>Recycle</i> Toluena (V-201) .....	25
2.3.6	Destilasi (MD-201).....	25
2.3.7	Destilasi (MD-202).....	26
2.3.8	<i>Mixing Tank</i> (M-201).....	27
2.3.9	Kristalizer (CR-201) .....	27
2.3.10	Centrifuge (CF-201) .....	28
2.3.11	<i>Rotary Dryer</i> (RD-201).....	28
2.3.12	<i>Rotary Cooler</i> (RC-201) .....	29
2.4	Neraca Energi .....	29
2.4.1	<i>Heater</i> (E-102) .....	29
2.4.2	<i>Heater</i> (E-101) .....	30
2.4.3	<i>Cooler</i> (E-103) .....	30
2.4.4	<i>Heater</i> (E-104) .....	31
2.4.5	<i>Cooler</i> (E-201) .....	31
2.4.6	<i>Cooler</i> (E-202) .....	32



2.4.7	<i>Cooler</i> (E-203) .....	33
2.4.8	<i>Heater</i> (E-204) .....	33
2.4.9	<i>Cooler</i> (E-205) .....	34
2.4.10	Reaktor (R-101).....	34
2.4.11	Dekanter (D-201).....	35
2.4.12	Tangki <i>Recycle</i> Toluena (V-201) .....	35
2.4.13	Kondensor (CD-101) .....	36
2.4.14	Menara Destilasi (MD-201) .....	36
2.4.15	Menara Destilasi (MD-202) .....	37
2.4.16	<i>Rotary Dryer</i> (RD-201).....	38
2.4.17	<i>Rotary Cooler</i> (RC-201) .....	38
2.4.18	Kristalizer (CR-201) .....	39
2.4.19	<i>Mixing Tank</i> (M-101).....	39
2.4.20	<i>Mixing Tank</i> (M-201).....	40
2.4.21	Centrifuge (CF-201) .....	40

### **BAB III SPESIFIKASI ALAT, INSTRUMENTASI DAN UTILITAS ..... 42**

3.1	Perancangan Alat .....	42
3.1.1	Alat Proses Utama .....	42
3.1.2	Alat Perpindahan Panas .....	51
3.1.3	Alat Penyimpanan.....	65
3.1.4	Alat Transportasi .....	69
3.2	Instrumentasi .....	86
3.2.1	Instrumen Pengukuran .....	87
3.2.2	Pemilihan Konfigurasi Pengendali .....	88
3.2.3	Perancangan Sistem Pengendali .....	91

3.3	Sistem Utilitas .....	94
3.3.1	Unit Penyedia Air .....	94
3.3.2	Unit Penyedia Steam.....	97
3.3.3	Unit Pengadaan Listrik .....	97
3.3.4	Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	102
3.3.5	Kebutuhan Nitrogen.....	102
3.3.6	Spesifikasi Alat Utilitas .....	102
<b>BAB IV MANAJEMEN PABRIK DAN TATA LETAK PABRIK.....</b>		<b>112</b>
4.1	Manajemen Pabrik .....	112
4.1.1	Bentuk Perusahaan .....	112
4.1.2	Struktur Organisasi .....	113
4.1.3	Tugas dan Wewenang .....	116
4.1.4	Jaminan Sosial .....	120
4.1.5	Jadwal Jam Kerja.....	122
4.1.6	Perincian Jumlah Pegawai dan Penggolongan Jabatan.....	123
4.1.7	Status Karyawan dan Sistem Penggajian .....	125
4.1.8	Tata Letak Pabrik ( <i>Layout Plant</i> ) .....	127
<b>BAB V ANALISA EKONOMI.....</b>		<b>128</b>
5.1	Pendahuluan .....	128
5.2	Analisa Kelayakan Ekonomi .....	129
5.2.1	Index Harga Alat .....	129
5.2.2	Indeks Harga Bahan.....	130
5.2.3	Estimasi Harga Alat .....	132
5.2.4	Harga Bahan Baku .....	136
5.2.5	Harga Kebutuhan Utilitas.....	136

5.2.6	<i>Harga Packaging</i> .....	137
5.2.7	Harga Produk.....	137
5.2.8	Gaji Karyawan.....	137
5.2.9	<i>Capital Investment</i> .....	139
5.2.10	<i>Manufacturing Cost (MC)</i> .....	140
5.2.11	<i>General Expense (GE)</i> .....	142
5.2.12	Analisa Kelayakan.....	142

**BAB VI KESIMPULAN .....** **146**

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN A**

**LAMPIRAN B**

**LAMPIRAN C**

**LAMPIRAN D**

**LAMPIRAN E**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Grafik Kebutuhan Asam Benzoat Tahun 2014-2018 .....	4
Gambar 2. Grafik kebutuhan asam benzoat tahun 2014-2018 di beberapa Negara	7
Gambar 3. Block Flow Diagram Pabrik Asam Benzoat dari Oksidasi Toluena ...	20
Gambar 4. Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (M-101).....	22
Gambar 5. Neraca Massa Reaktor (R-101).....	23
Gambar 6. Neraca Massa Kondensor (CD-101).....	24
Gambar 7. Neraca Massa Dekanter (D-201).....	24
Gambar 8. Neraca Massa Tangki <i>Recycle</i> (V-201) .....	25
Gambar 9. Neraca Massa Destilasi (MD-201) .....	26
Gambar 10. Neraca Massa Destilasi (MD-202) .....	26
Gambar 11. Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (M-201).....	27
Gambar 12. Neraca Massa Kristalizer (CR-201).....	27
Gambar 13. Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (CF-201).....	28
Gambar 14. Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD-201) .....	28
Gambar 15. Neraca Massa <i>Rotary Cooler</i> (RC-201) .....	29
Gambar 16. Neraca Energi <i>Heater</i> (E-102) .....	29
Gambar 17. Neraca Energi <i>Heater</i> (E-101) .....	30
Gambar 18. Neraca Energi <i>Cooler</i> (E-103) .....	30
Gambar 19. Neraca Energi <i>Heater</i> (E-104) .....	31
Gambar 20. Neraca Energi <i>Cooler</i> (E-201) .....	32
Gambar 21. Neraca Energi <i>Cooler</i> (E-202) .....	32
Gambar 22. Neraca Energi <i>Cooler</i> (E-203) .....	33
Gambar 23. Neraca Energi <i>Heater</i> (E-204) .....	33
Gambar 24. Neraca Energi <i>Cooler</i> (E-205) .....	34
Gambar 25. Neraca Energi <i>Reaktor</i> (R-101).....	35
Gambar 26. Neraca Energi <i>Dekanter</i> (D-201) .....	35
Gambar 27. Neraca Energi Tangki <i>Recycle</i> (V-201).....	35
Gambar 28. Neraca Energi Kondensor (CD-101) .....	36

Gambar 29. Neraca Energi Destilasi (MD-201).....	36
Gambar 30. Neraca Energi Destilasi (MD-202).....	37
Gambar 31. Neraca Energi <i>Rotary Dryer</i> (RD-201).....	38
Gambar 32. Neraca Energi <i>Rotary Cooler</i> (RC-201) .....	38
Gambar 33. Neraca Energi Kristalizer (CR-201) .....	39
Gambar 34. Neraca Energi <i>Mixing Tank</i> (M-101).....	39
Gambar 35. Neraca Energi <i>Mixing Tank</i> (M-201).....	40
Gambar 36. Neraca Energi <i>Centrifuge</i> (CF-201) .....	40
Gambar 37. Diagram Balok Sistem Pengendalian <i>Feedback</i> .....	90
Gambar 38. Instrumentasi pada Pompa .....	91
Gambar 39. Instrumentasi pada Tangki Penyimpanan .....	91
Gambar 40. Instrumentasi pada <i>Mixing Tank</i> .....	92
Gambar 41. Instrumentasi pada Reaktor.....	92
Gambar 42. Instrumentasi pada Dekanter .....	93
Gambar 43. Instrumentasi pada Destilasi.....	93
Gambar 44. Instrumentasi pada <i>Heater</i> .....	93
Gambar 45. Struktur Organisasi Pabrik Asam Benzoat.....	115
Gambar 46. Layout Pabrik Asam Benzoat.....	130
Gambar 47. Grafik Indeks Harga Alat .....	130
Gambar 48. Grafik Indeks Harga Bahan.....	131
Gambar 49. Penentuan Titik BEP dan SDP .....	145

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Produsen Toluena Dalam Negeri .....	3
Tabel 2. Kapasitas Pabrik Asam Benzoat yang beroperasi di Dunia.....	3
Tabel 3. Data Kebutuhan Asam Benzoat di Indonesia .....	4
Tabel 4. Proyeksi Kebutuhan Asam Benzoat berdasarkan Metode Grafik.....	5
Tabel 5. Data Perhitungan <i>Least Square</i> .....	6
Tabel 6. Proyeksi Kebutuhan Asam Benzoat berdasarkan Metode <i>Least Square</i> ..	6
Tabel 7. Data Kebutuhan Asam Benzoat di beberapa Negara .....	7
Tabel 8. Proyeksi Kebutuhan Asam Benzoat di beberapa Negara Asia Tenggara..	8
Tabel 9. Harga Bahan .....	8
Tabel 10. <i>Gross Profit Margin</i> .....	9
Tabel 11. Perbandingan Metode Pembuatan Asam Benzoat .....	18
Tabel 12. Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (M-101).....	22
Tabel 13. Neraca Massa Reaktor (R-101).....	23
Tabel 14. Neraca Massa Kondensor (CD-101) .....	24
Tabel 15. Neraca Massa Dekanter (D-201).....	25
Tabel 16. Neraca Massa Tangki <i>Recycle</i> Toluena (V-201) .....	25
Tabel 17. Neraca Massa Destilasi (MD-201).....	26
Tabel 18. Neraca Massa Destilasi (MD-202).....	26
Tabel 19. Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (M-201).....	27
Tabel 20. Neraca Massa Kristalizer (CR-201) .....	27
Tabel 21. Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (CF-201) .....	28
Tabel 22. Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD-201).....	28
Tabel 23. Neraca Massa <i>Rotary Cooler</i> (RC-201).....	29
Tabel 24. Neraca Energi <i>Heater</i> (E-102) .....	29
Tabel 25. Neraca Energi <i>Heater</i> (E-101) .....	30
Tabel 26. Neraca Energi <i>Cooler</i> (E-103) .....	31
Tabel 27. Neraca Energi <i>Heater</i> (E-104) .....	31
Tabel 28. Neraca Energi <i>Cooler</i> (E-201) .....	32

Tabel 29. Neraca Energi <i>Cooler</i> (E-202) .....	32
Tabel 30. Neraca Energi <i>Cooler</i> (E-203) .....	33
Tabel 31. Neraca Energi <i>Heater</i> (E-204) .....	34
Tabel 32. Neraca Energi <i>Cooler</i> (E-205) .....	34
Tabel 33. Neraca Energi Reaktor (R-101) .....	35
Tabel 34. Neraca Energi Dekanter (D-201) .....	35
Tabel 35. Neraca Energi Tangki <i>Recycle</i> (V-201).....	36
Tabel 36. Neraca Energi Kondensor (CD-101).....	36
Tabel 37. Neraca Energi Destilasi (MD-201) .....	37
Tabel 38. Neraca Energi Destilasi (MD-202) .....	37
Tabel 39. Neraca <i>Rotary Dryer</i> (RD-201) .....	38
Tabel 40. Neraca <i>Rotary Cooler</i> (RC-201) .....	38
Tabel 41. Neraca Energi Kristalizer (CR-201).....	39
Tabel 42. Neraca Energi <i>Mixing Tank</i> (M-101) .....	39
Tabel 43. Neraca Energi <i>Mixing Tank</i> (M-201) .....	40
Tabel 44. Neraca Energi <i>Centrifuge</i> (CF-201).....	41
Tabel 45. Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> (M-101) .....	42
Tabel 46. Spesifikasi Reaktor (R-101).....	43
Tabel 47. Spesifikasi Dekanter (D-101) .....	44
Tabel 48. Spesifikasi Destilasi (MD-201).....	45
Tabel 49. Spesifikasi Destilasi (MD-202).....	46
Tabel 50. Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> (MX-201).....	47
Tabel 51. Spesifikasi Kristalizer (CR-201) .....	48
Tabel 52. Spesifikasi <i>Centrifuge</i> (CF-201) .....	49
Tabel 53. Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> (RD-201) .....	49
Tabel 54. Spesifikasi <i>Rotary Cooler</i> (RC-201) .....	50
Tabel 55. Spesifikasi <i>Heater</i> (E-101) .....	51
Tabel 56. Spesifikasi <i>Heater</i> (E-102) .....	52
Tabel 57. Spesifikasi <i>Cooler</i> (E-103) .....	53
Tabel 58. Spesifikasi <i>Heater</i> (E-104) .....	54

Tabel 59. Spesifikasi <i>Cooler</i> (E-201) .....	55
Tabel 60. Spesifikasi <i>Cooler</i> (E-202) .....	56
Tabel 61. Spesifikasi <i>Cooler</i> (E-203) .....	57
Tabel 62. Spesifikasi <i>Heater</i> (E-204) .....	58
Tabel 63. Spesifikasi <i>Cooler</i> (E-205) .....	59
Tabel 64. Spesifikasi Kondensor (CD-101) .....	60
Tabel 65. Spesifikasi Kondensor (CD-201) .....	61
Tabel 66. Spesifikasi Kondensor (CD-202) .....	62
Tabel 67. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-201) .....	63
Tabel 68. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-202) .....	64
Tabel 69. Spesifikasi Tangki (T-101) .....	65
Tabel 70. Spesifikasi Tangki (G-101) .....	65
Tabel 71. Spesifikasi Tangki (T-201) .....	66
Tabel 72. Spesifikasi Tangki (T-202) .....	66
Tabel 73. Spesifikasi Tangki (G-202) .....	67
Tabel 74. Spesifikasi Tangki <i>Recycle</i> Toluena (V-201) .....	67
Tabel 75. Spesifikasi Tangki Akumulator (V-202) .....	68
Tabel 76. Spesifikasi Tangki Akumulator (V-203) .....	68
Tabel 77. Spesifikasi Pompa (J-101) .....	69
Tabel 78. Spesifikasi Pompa (J-102) .....	70
Tabel 79. Spesifikasi Pompa (J-103) .....	71
Tabel 80. Spesifikasi Pompa (J-105) .....	72
Tabel 81. Spesifikasi Pompa (J-201) .....	73
Tabel 82. Spesifikasi Pompa (J-202) .....	74
Tabel 83. Spesifikasi Pompa (J-204) .....	75
Tabel 84. Spesifikasi Pompa (J-205) .....	76
Tabel 85. Spesifikasi Pompa (J-206) .....	77
Tabel 86. Spesifikasi Pompa (J-207) .....	78
Tabel 87. Spesifikasi Pompa (J-209) .....	79
Tabel 88. Spesifikasi Pompa (J-210) .....	80



Tabel 89. Spesifikasi Pompa (J-104) .....	81
Tabel 90. Spesifikasi Kompresor (CP-101) .....	82
Tabel 91. Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-101) .....	82
Tabel 92. Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-102) .....	83
Tabel 93. Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-103) .....	83
Tabel 94. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (C-102) .....	84
Tabel 95. Spesifikasi <i>Screw Konveyor</i> (C-201) .....	84
Tabel 96. Spesifikasi <i>Screw Konveyor</i> (C-202) .....	85
Tabel 97. Spesifikasi <i>Screw Konveyor</i> (C-203) .....	85
Tabel 98. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (C-204) .....	86
Tabel 99. Alat-alat kontrol yang digunakan .....	91
Tabel 100. Kebutuhan Air untuk Steam.....	95
Tabel 101. Kebutuhan Air Pendingin .....	95
Tabel 102. Kebutuhan Steam .....	97
Tabel 103. Kebutuhan Listrik Alat Proses .....	98
Tabel 104. Kebutuhan Listrik Alat Utilitas .....	99
Tabel 105. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan .....	99
Tabel 106. Kebutuhan Listrik untuk AC.....	101
Tabel 107. Kebutuhan Nitrogen .....	102
Tabel 108. Spesifikasi <i>Screener</i> (SC-201) .....	103
Tabel 109. Spesifikasi Bak Penampung Air Laut (BA-201).....	103
Tabel 110. Spesifikasi <i>Strainer</i> (ST-201) .....	104
Tabel 111. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-201).....	104
Tabel 112. Spesifikasi <i>Carbon Active Filter</i> (CF-202).....	105
Tabel 113. Spesifikasi <i>Sea Water Reverse Osmosis Membrane</i> (RO-201) .....	105
Tabel 114. Spesifikasi Bak Penampung Air Desalinasi (BA-202).....	106
Tabel 115. Spesifikasi Tangki Air Sanitasi (V-204).....	106
Tabel 116. Spesifikasi Bak Penampung Air Pendingin (BA-203) .....	107
Tabel 117. Spesifikasi Vessel Penukar Kation (CE-201) .....	107
Tabel 118. Spesifikasi Vessel Penukar Anion (AE-201).....	108

Tabel 119. Spesifikasi Vessel Deaerator (DE-201).....	108
Tabel 120. Spesifikasi Tangki Air Umpan boiler (V-205) .....	109
Tabel 121. Spesifikasi Tangki Penyimpanan Air Proses (TT-202).....	109
Tabel 122. Spesifikasi Boiler (BR-201).....	110
Tabel 123. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-201) .....	110
Tabel 124. Jadwal Pembagian Kelompok <i>Shift</i> .....	123
Tabel 125. Perincian Jumlah dan Penggolongan Jabatan Karyawan.....	123
Tabel 126. Rincian Gaji Karyawan.....	125
Tabel 127. Indeks Harga Alat (CEPCI) .....	129
Tabel 128. Indeks Harga Bahan (Brown) .....	131
Tabel 129. Daftar Indeks Berdasarkan Referensi Buku.....	133
Tabel 130. Daftar Harga Peralatan Proses Utama .....	133
Tabel 131. Daftar Harga Peralatan Utilitas .....	135
Tabel 132. Daftar Harga Bahan Baku .....	136
Tabel 133. Daftar Harga Kebutuhan Utilitas.....	136
Tabel 134. Daftar Harga Produk Asam Benzoat .....	137
Tabel 135. Daftar Gaji Karyawan.....	137
Tabel 136. Daftar Kenaikan Gaji Tiap Tahun .....	139
Tabel 137. Estimasi Modal Tetap.....	139
Tabel 138. Modal Kerja .....	140
Tabel 139. Biaya Produksi .....	141
Tabel 140. Biaya Umum .....	142
Tabel 141. Estimasi Keuntungan.....	142
Tabel 142. <i>Break Event Point (BEP)</i> .....	144

# BAB I

## STRATEGI PERANCANGAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan pembangunan sektor industri dalam bidang kimia di Indonesia meningkat dari tahun ke tahun baik kualitas maupun kuantitas, sehingga kebutuhan akan bahan baku, bahan pendukung maupun tenaga kerja akan terus meningkat. Pembangunan di sektor industri kimia ini akan menguatkan struktur ekonomi nasional dengan meningkatkan kegiatan ekspor, mengurangi ketergantungan terhadap negara lain serta menghemat devisa negara dalam menunjang pembangunan selanjutnya.

Salah satu industri yang mempunyai prospek menjanjikan dalam meningkatkan pembangunan sektor industri adalah industri asam benzoat. Asam benzoat merupakan senyawa kimia organik yang dapat diaplikasikan secara luas dan umumnya digunakan dalam kehidupan sehari-hari yaitu sebagai bahan obat-obatan, pengawet makanan, kosmetik, resin, *plasticizer*, dan zat warna. Secara global kebutuhan akan asam benzoat mengalami peningkatan setiap tahun sebesar 2% per tahun (Kirk & Othmer, 1991).

Asam benzoat memiliki rumus molekul  $C_6H_5COOH$ , merupakan produk paling sederhana dari keluarga asam karboksilat aromatik. Asam benzoat pertama kali diteliti pada tahun 1618 oleh seorang ilmuwan yang berasal dari Prancis, akan tetapi pada tahun 1832 strukturnya ditemukan oleh Wohler dan Liebig. Asam benzoat pertama kali diproduksi secara sintetik menggunakan reaksi hidrolisis benzotriklorida, namun proses ini mulai ditinggalkan dan hampir semua asam benzoat diproduksi dengan proses oksidasi toluena secara kontinyu (Kirk & Othmer, 1991).

Indonesia hingga saat ini merupakan salah satu negara yang telah banyak menggunakan asam benzoat dalam berbagai industri, diantaranya industri pangan, industri tekstil, dan farmasi. Hingga saat ini belum ada industri yang

memproduksi asam benzoat di Indonesia, sehingga kebutuhan asam benzoat dipenuhi dengan mengimpor dari luar negeri. Adapun tujuan didirikannya pabrik asam benzoat adalah untuk memenuhi kebutuhan asam benzoat di dalam negeri sehingga menurunkan nilai impor untuk menghemat pengeluaran negara. Pendirian pabrik asam benzoat juga diharapkan dapat membantu pemerintah dalam mengatasi permasalahan keterbatasan lapangan pekerjaan di Indonesia.

## **1.2 Penetapan Kapasitas Produksi**

Dalam menentukan kapasitas produksi diperlukan pertimbangan, yaitu:

- 1) Ketersediaan bahan baku
- 2) Kapasitas pabrik yang sudah beroperasi
- 3) Proyeksi kebutuhan asam benzoat di Indonesia
- 4) Proyeksi kebutuhan asam benzoat di beberapa Negara Asia Tenggara

Analisa pasar bertujuan untuk menganalisa dan menghitung kapasitas produksi pabrik asam benzoat yang akan berdiri pada tahun 2024 nanti. Hal ini ditujukan untuk memperoleh kapasitas ekonomi pabrik yang akan didirikan nanti memiliki prospek yang sangat baik dan secara otomatis investasi dalam industri asam benzoat mempunyai peluang yang sangat baik. Dalam analisa pasar ini dibutuhkan data-data seperti ketersediaan bahan baku, kapasitas pabrik yang sudah berdiri, dan data kebutuhan asam benzoat di Indonesia dan beberapa negara Asia Tenggara.

### **1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku**

Bahan baku merupakan faktor yang sangat penting dalam kelangsungan produksi suatu pabrik. Adapun bahan baku pembuatan asam benzoat adalah toluena dan oksigen. Untuk produsen toluena di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.1. Sedangkan oksigen terdapat bebas di udara. Dengan kapasitas toluena yang diproduksi oleh PT. Trans Pacific Petrochemical Indonesia diharapkan dapat menjamin ketersediaan bahan baku. Sedangkan untuk bahan pendukung lainnya seperti katalis kobalt asetat diperoleh dengan mengimpor dari Foshan City Qiruide Additives Co, Ltd, China.

Tabel 1. Produsen Toluena Dalam Negeri

<b>Nama Perusahaan</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>	<b>Lokasi</b>
PT. Trans Pacific Petrochemical Indonesia	100.000	Tuban, Jawa Timur
PT. Pertamina Kilang IV Cilacap	12.000	Cilacap, Jawa Tengah
PT. Stryndo Mono Indonesia	6.800	Cilegon, Banten

(Kementrian Perindustrian RI, 2020)

### 1.2.2 Kapasitas Pabrik yang Sudah Beroperasi

Berikut adalah beberapa kapasitas pabrik asam benzoat yang telah beroperasi dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Kapasitas Pabrik Asam Benzoat yang beroperasi di Dunia

<b>Pabrik</b>	<b>Negara</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
Kalama Chemical	Amerika	100000
I G Petrochemicals Limited	India	1300
Tianjin Top Global Co., Ltd	China	6000
Lianyungang Huaihua International Co., Ltd	China	60000

(Sumber: [www.mordorintelligence.com](http://www.mordorintelligence.com), 2022)

Berdasarkan data pada tabel diatas, dapat dilihat kapasitas pabrik asam benzoat yang telah berdiri di Amerika Utara. Namun di Indonesia sendiri belum ada pabrik asam benzoat yang telah berdiri sehingga Indonesia masih mengimpor asam benzoat dari beberapa negara untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

### 1.2.3 Proyeksi Kebutuhan Asam Benzoat di Indonesia

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) maka didapatkan data kebutuhan asam benzoat di Indonesia dari tahun 2014-2018 adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Data Kebutuhan Asam Benzoat di Indonesia

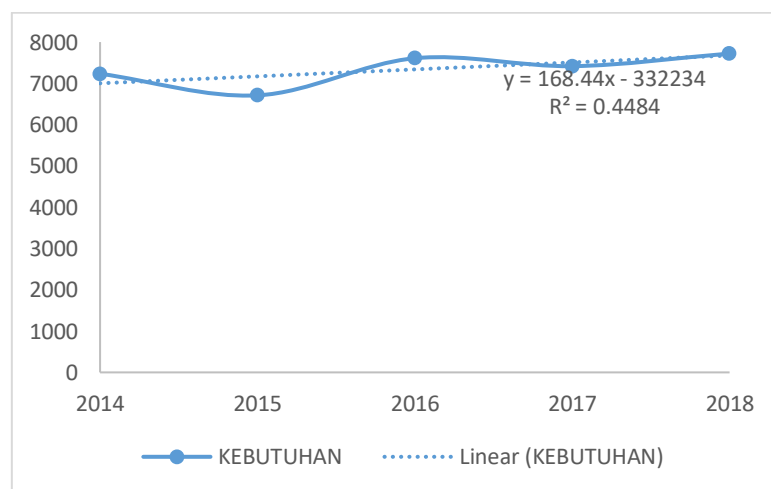
Tahun	Kebutuhan	Impor
2014	7232.79	7232.79
2015	6709.44	6709.44
2016	7608.97	7608.97
2017	7416.64	7416.64
2018	7721.38	7721.38

(Sumber: www.bps.go.id, 2019)

Untuk memproyeksikan kebutuhan asam benzoat di Indonesia dapat digunakan metode analisa grafik dan metode *Least Square*. Adapun analisisnya adalah sebagai berikut:

#### A. Metode Grafik

Berdasarkan data dari BPS (Biro Pusat Statistik) seperti ditunjukkan pada Tabel 3, maka dapat diperkirakan kebutuhan asam benzoat pada tahun 2025 dengan menggunakan metode grafik. Dimana data kebutuhan yang diperoleh diplot kedalam grafik sebagai nilai Y dan tahun sebagai nilai X, akan diperoleh persamaan garis linier yang akan digunakan untuk menentukan perkiraan kapasitas produksi pada tahun 2025. Berikut grafik dan persamaan dari data kebutuhan yang telah diperoleh.



Gambar 1. Grafik Kebutuhan Asam Benzoat Tahun 2014-2018

Dari Gambar 1, dapat diperoleh persamaan untuk menghitung data perkiraan kebutuhan asam benzoat dalam beberapa tahun mendatang, yaitu :

$$y = 168.44x - 332234 \dots \dots \dots (1)$$

sehingga diperoleh data proyeksi kebutuhan pada tahun 2025 yaitu :

$$x = 2025$$

$$y = 168.44x - 332234$$

$$y = 8857.00$$

Dari persamaan yang didapat diperoleh proyeksi kebutuhan asam benzoat untuk 6 tahun yang akan datang adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Proyeksi Kebutuhan Asam Benzoat berdasarkan Metode Grafik

Tahun	Kebutuhan
2019	7846.36
2020	8014.80
2021	8183.24
2022	8351.68
2023	8520.12
2024	8688.56
2025	8857.00

#### B. Metode *Least Square*

Berdasarkan data dari BPS (Biro Pusat Statistik) seperti ditunjukkan pada Tabel 3, maka dapat diperkirakan kebutuhan asam benzoat pada tahun 2025 dengan menggunakan metode *Least Square* dengan memasukkan data tersebut kedalam persamaan sebagai berikut:

$$a = \frac{n(\sum XiYi) - (\sum Xi)(\sum Yi)}{n(\sum Xi^2) - (\sum Xi)^2} \dots \dots \dots (2)$$

$$b = \frac{(\sum Xi^2)(\sum Yi) - (\sum XiYi)(\sum Xi)}{n(\sum Xi^2) - (\sum Xi)^2} \dots \dots \dots (3)$$

Tabel 5. Data Perhitungan *Least Square*

	Xi	Yi	Xi.Yi	Xi <sup>2</sup>
<b>Tahun ke</b>	<b>Tahun</b>	<b>Kebutuhan</b>		
1	2014	7232.79	7232.78	1
2	2015	6709.44	13418.88	4
3	2016	7608.97	22826.90	9
4	2017	7416.64	29666.54	16
5	2018	7721.38	38606.91	25
<b>Total</b>		36689.21	111752.02	55.00
$\sum Xi$	15			

Maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$Y = ax + b$$

$$Y = 168.43x + 6832.53$$

$$Y = 8853.78$$

Dari persamaan yang didapat diperoleh proyeksi kebutuhan asam benzoat untuk 6 tahun yang akan datang adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Proyeksi Kebutuhan Asam Benzoat berdasarkan Metode *Least Square*

Tahun	Kebutuhan
2019	7843.15
2020	8011.59
2021	8180.03
2022	8348.47
2023	8516.91
2024	8685.34
2025	8853.78

#### 1.2.4 Proyeksi Kebutuhan Asam Benzoat di beberapa Negara

Berdasarkan data yang diperoleh dari UNdata maka didapatkan data kebutuhan asam benzoat di beberapa Negara Asia Tenggara dari tahun 2014-2018 adalah sebagai berikut:

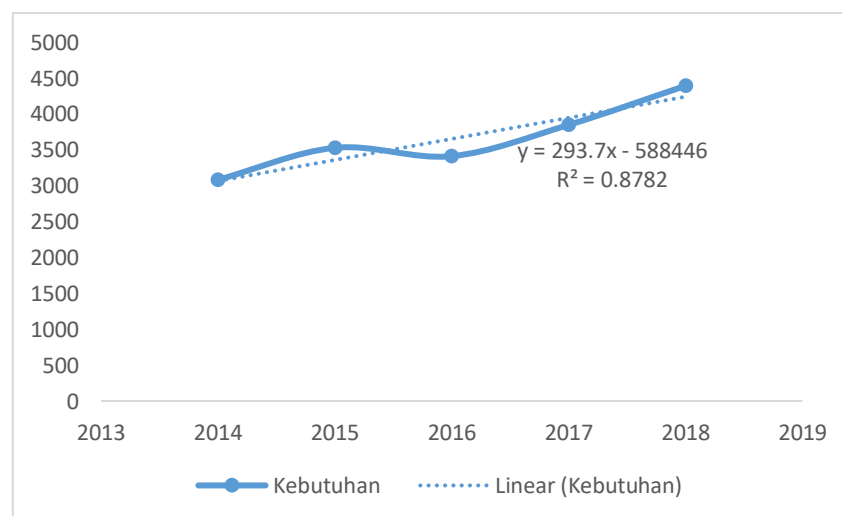


Tabel 7. Data Kebutuhan Asam Benzoat di beberapa Negara

Tahun	Filipina	Singapura	Myanmar	Total
2014	1972.54	690.81	420.66	3084.01
2015	2192.91	963.56	372.84	3529.31
2016	2142.7	974.42	295.85	3412.97
2017	2514.05	1090.14	244.67	3848.86
2018	2747.95	1348.58	296.2	4392.73

(Sumber : Undata, 2019)

Berdasarkan data pada Tabel 7, maka dapat diperkirakan kebutuhan asam benzoat pada tahun 2025 dengan menggunakan metode grafik. Dimana data kebutuhan yang diperoleh diplot kedalam grafik sebagai nilai Y dan tahun sebagai nilai X, akan diperoleh persamaan garis linier yang akan digunakan untuk menentukan perkiraan kapasitas produksi pada tahun 2025. Berikut grafik dan persamaan dari data kebutuhan yang telah diperoleh.



Gambar 2. Grafik kebutuhan asam benzoat tahun 2014-2018 di beberapa Negara

Dari Gambar 2, dapat diperoleh persamaan untuk menghitung data perkiraan kebutuhan asam benzoat dalam beberapa tahun mendatang, yaitu :

$$y = 293.7x - 588446 \dots \dots \dots (4)$$

sehingga diperoleh data proyeksi kebutuhan pada tahun 2025 yaitu :

$$x = 2025$$

$$y = 293.7x - 588446$$

$$y = 6296.50$$

Dari persamaan yang didapat diperoleh proyeksi kebutuhan asam benzoat di beberapa Negara Asia Tenggara untuk 6 tahun yang akan datang adalah sebagai berikut:

Tabel 8. Proyeksi Kebutuhan Asam Benzoat di beberapa Negara Asia Tenggara

<b>Tahun</b>	<b>Jumlah (ton/tahun)</b>
2019	4534.30
2020	4828.00
2021	5121.70
2022	5415.40
2023	5709.10
2024	6002.80
2025	6296.50

Kebutuhan asam benzoat pada saat ini dapat dipenuhi dari hasil impor luar negeri. Hingga saat ini belum terdapat perusahaan dalam negeri yang memproduksi asam benzoat. Berdasarkan data hasil proyeksi tersebut, dapat ditentukan kapasitas pra rancangan pabrik pembuatan asam benzoat adalah 10.000 ton/tahun dengan pertimbangan sebanyak 70% kapasitas untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sedangkan sebanyak 30% akan diekspor untuk meningkatkan devisa negara diluar kebutuhan dalam negeri.

Salah satu cara untuk mengetahui suatu pabrik mengalami keuntungan atau kerugian yaitu dengan menghitung GPM. GPM (*Gross Profit Margin*) adalah rasio yang mengukur tingkat efisiensi pengendalian harga pokok atau biaya produksinya, mengindikasikan kemampuan suatu perusahaan untuk memproduksi secara efisien. Berikut ini merupakan *Gross Profit Margin* untuk pabrik asam benzoat.

Tabel 9. Harga Bahan

<b>BAHAN</b>	<b>Harga (\$/kg)</b>
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	1,53
O <sub>2</sub>	-
C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	4,58
C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O	2
Cobalt Asetat	10

(Sumber: Tokopedia & Alibaba.com, 2022)

Reaksi pembentukan asam benzoat:



Tabel 10. *Gross Profit Margin*

Gross Profit Margin					
Bahan	Harga (\$/kg)	BM (kg/kmol)	Harga (\$/kmol)	Reaksi	Net
C7H8	1,53	92,14	140,74	-1	-1
O2	-	28,86	-	-1,5	-1,5
Co(CH3CO2)2.4H2O	10	249,08	2490,80	-0,01	-
C7H6O2	4,58	122,12	559,39	0,5	0,5
H2O	-	18	-	0,5	0,5
C7H6O	2	106,12	212,24	0,1	0,1

GPM = Harga jual produk - Harga jual bahan baku

$$\begin{aligned}
 &= [(\text{Net C}_7\text{H}_6\text{O}_2 \times \text{harga jual C}_7\text{H}_6\text{O}_2) + (\text{Net C}_7\text{H}_6\text{O} \times \text{Harga jual C}_7\text{H}_6\text{O}_2)] - \\
 &\quad [(\text{Net C}_7\text{H}_8 \times \text{harga jual C}_7\text{H}_8) + (\text{Net (CH}_3\text{COO)}_2\text{Co.4H}_2\text{O} \times \text{harga jual} \\
 &\quad \text{(CH}_3\text{COO)}_2\text{Co.4H}_2\text{O)}] \\
 &= ((0,5 \times \$ 559,39) + (0,1 \times \$ 212,24)) - ((1 \times \$ 140,74) + (0,01 \times \$ \\
 &\quad 2490,80)) \\
 &= \$ 135,27 / \text{kmol C}_7\text{H}_6\text{O}_2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan data harga pada Tabel 10 diperoleh nilai GPM sebesar \$ 135,27 / kmol asam benzoat dimana hasil nilai GPM yang diperoleh positif, sehingga diperkirakan perancangan pabrik asam benzoat ini akan menghasilkan keuntungan.

### 1.3 Bahan Baku dan Produk

Adapun bahan bakudan produk dalam proses pembuatan asam benzoat adalah sebagai berikut:

#### 1.3.1 Bahan Baku

A. Toluene

1) Sifat Fisik :

Rumus Molekul

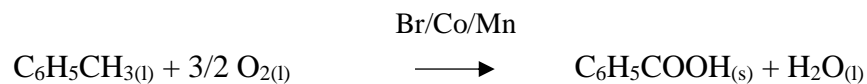
: C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>3</sub>

Berat Molekul	: 92,14 gr/mol
Fase	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Titik leleh	: -95 °C
Titik didih	: 110.6 °C
Densitas	: 9,38 L/mol (@20°C)
Tekanan uap	: 4,11 MPa
Temperatur kritis	: 318,6 °C
Faktor kompresibilitas kritis	: 0,26
Viskositas	: 0,55 mPa.s (cPa)
Kelarutan dalam air	: 0,52 g/L

(Kirk & Othmer, 1991)

## 2) 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 dari metil, pada temperatur tinggi dan reaksi radikal bebas. Klorinasi pada 100°C atau dengan ultraviolet membentuk benzil klorida, benzal klorida dan benzotriklorida.

(Kirk & Othmer, 1991)

## B. Udara

- 1.) Komposisi : 21% mol O<sub>2</sub> dan 79% N<sub>2</sub>

Berat Molekul	: 28,86 g/mol
---------------	---------------
- 2.) Sifat Fisik Oksigen

Rumus Molekul	: O <sub>2</sub>
Berat Molekul	: 32 gr/mol

Fase	: Gas
Titik leleh	: -218.4 °C
Titik didih	: -183 °C

### 3.) Sifat Kimia Oksigen

Oksigen sangat reaktif dan akan membentuk oksida dengan semua elemen lain kecuali helium, neon, argon, dan kripton.

### 4.) Sifat Fisik Nitrogen

Rumus Molekul	: N <sub>2</sub>
Berat Molekul	: 28,02 gr/mol
Fase	: Gas
Titik leleh	: -209,86 °C
Titik didih	: -195,8 °C

### 5.) Sifat Kimia Nitrogen

Merupakan senyawa inert (sukar bereaksi)

(Perry, 1997)

## 1.3.2 Bahan Pendukung

### A. Kobalt Asetat Tetrahidrat

#### 1.) Sifat Fisik

Rumus Molekul	: (CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> Co.4H <sub>2</sub> O
Berat Molekul	: 249,08 gr/mol
Fase	: Cair
Warna	: Merah Bata
Kelarutan	: Larut dalam air

(MSDS)

## 1.3.3 Produk Utama

### A. Asam Benzoat

#### 1.) Sifat Fisik

Rumus Molekul	: C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>
Berat Molekul	: 122,12 gr/mol
Fase	: Padat

Warna	: Putih
Titik leleh	: 122,4 °C
Titik didih	: 249,2 °C
Densitas	: 1,316 gr/cm <sup>3</sup> (@20°C)
Tekanan uap	: 4,47 MPa
Temperatur kritis	: 477,85 °C
Viskositas	: 1,26 (cPa)
Kelarutan dalam air	: 0,2 g/L

## 2.) Sifat Kimia

- Oksidasi asam benzoat menjadi fenol dengan reaksi dalam fasa cair menggunakan katalis tembaga dan magnesium.
- Hidrogenasi asam benzoat menjadi asam sikloheksana karboksilat, yang kemudian bereaksi dengan asam NOHSO<sub>4</sub> membentuk kaprolaktam.
- Reaksi penetralan asam benzoat dengan kalium hidroksida menghasilkan kalium benzoat.

(Kirk & Othmer, 1991)

### 1.3.4 Produk Samping

#### A. Benzaldehid

##### 1.) Sifat Fisik

Rumus Molekul	: C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O
Berat Molekul	: 106,12 gr/mol
Fase	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Titik leleh	: -26 °C
Titik didih	: 178,75 °C
Densitas	: 1046 kg/m <sup>3</sup>
Tekanan uap	: 4,65 MPa
Temperatur kritis	: 421,85 °C
Viskositas	: 1,321 cp

##### 2.) Sifat Kimia

- Reaksi oksidasi pada benzaldehida menghasilkan asam benzoat.
- Substitusi hidrogen dengan klorin membentuk benzoil klorida.
- Kondensasi benzaldehid dengan katalis logam alkali sianida membentuk benzoin.

(Kirk & Othmer, 1991)

#### 1.4 Lokasi Pabrik

Letak geografis suatu pabrik berpengaruh besar terhadap lancarnya suatu industri. Oleh karena itu, penentuan lokasi pabrik harus didasarkan atas beberapa pertimbangan baik secara teknis maupun ekonomis. Adapun lokasi pabrik asam benzoat direncanakan akan bertempat di daerah Tuban dengan pertimbangan sebagai berikut:



Gambar 2. Lokasi pendirian pabrik di Tuban, Jawa Timur.

a) Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan asam benzoat yaitu toluena. Bahan baku toluena diperoleh dari PT. Trans Pacific Petrochemical Indotama yang terletak di Tuban.

b) Pemasaran

Lokasi pemasaran akan sangat mempengaruhi harga produk dan biaya transportasi. Daerah pemasaran asam benzoat di Tuban berada pada kawasan industri, industri makanan dan farmasi, serta lokasi yang dekat dengan pelabuhan sehingga mempermudah akses pengiriman produk.

c) Transportasi

Dalam hal ini dipertimbangkan dari segi kemudahan dan kelancarannya. Akses transportasi di Tuban sudah cukup baik karena sudah terdapat banyak industri yang sudah berdiri. Adapun akses yang lebih dominan di Tuban ini



adalah jalur darat dan jalur laut sehingga memudahkan pengangkutan bahan baku dan produk.

d) Tenaga Kerja

Ketersediaan tenaga kerja di Tuban tidak sulit karena dari tahun ke tahun angka tenaga kerja selalu bertambah. Tenaga kerja dapat diambil dari daerah yang lain disekitarnya. Sedangkan tenaga ahli dapat diperoleh dari daerah setempat, maupun didatangkan dari daerah lain. Begitu juga dengan tingkat pendidikan yang relatif tinggi yang akan menghasilkan tenaga kerja terdidik sehingga mampu mengikuti perkembangan teknologi yang semakin maju.

e) Utilitas

Utilitas yang utama adalah air, bahan bakar dan listrik. Untuk kebutuhan listrik didapat dari PLN dan generator, kebutuhan bahan bakar dipenuhi dari PT. Pertamina, sedangkan kebutuhan air dipenuhi dari laut yang ada disekitar pabrik atau pabrik pengolahan air disekitar pabrik.

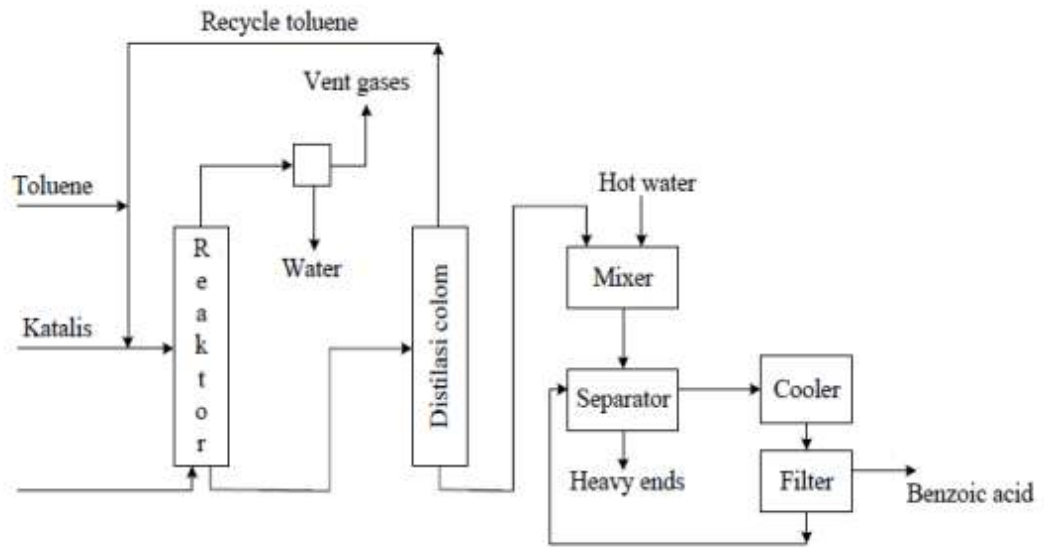
## 1.5 Pemilihan Proses

### 1.5.1 Proses Oksidasi Toluena

Toluen dan katalis dialirkan didalam reaktor melalui bagian atas, bersamaan itu juga udara dilewatkan dari bagian bawah. Agar reaksi yang terjadi dapat didistribusikan dengan sempurna, maka dilakukan pengadukan. Reaksi pembentukan asam benzoat adalah sebagai berikut :



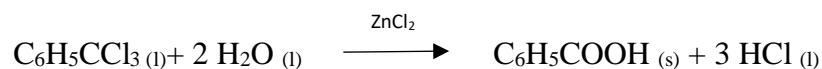
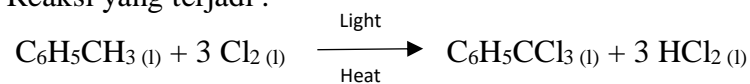
Reaksi yang terjadi didalam reaktor dikondisikan pada suhu 150 – 200 °C dan pada tekanan 5 – 50 atm. Udara dan toluen akan menghasilkan konversi sebesar 10 – 50 %, Setelah konversi mencapai 40 % campuran reaksi tersebut akan dimasukkan kedalam kolom destilasi, dimana toluen yang tidak bereaksi dikembalikan lagi kedalam reaktor, sedangkan hasil bawah kolom destilasi dialirkan ketangki pencampur dengan menambahkan air terlebih dahulu untuk melarutkan asam benzoat, lapisan yang kaya akan asam benzoat didinginkan untuk mendapatkan endapan kristal asam benzoat. Endapan tersebut kemudian dikeringkan kembali untuk memperoleh kristal asam benzoat.



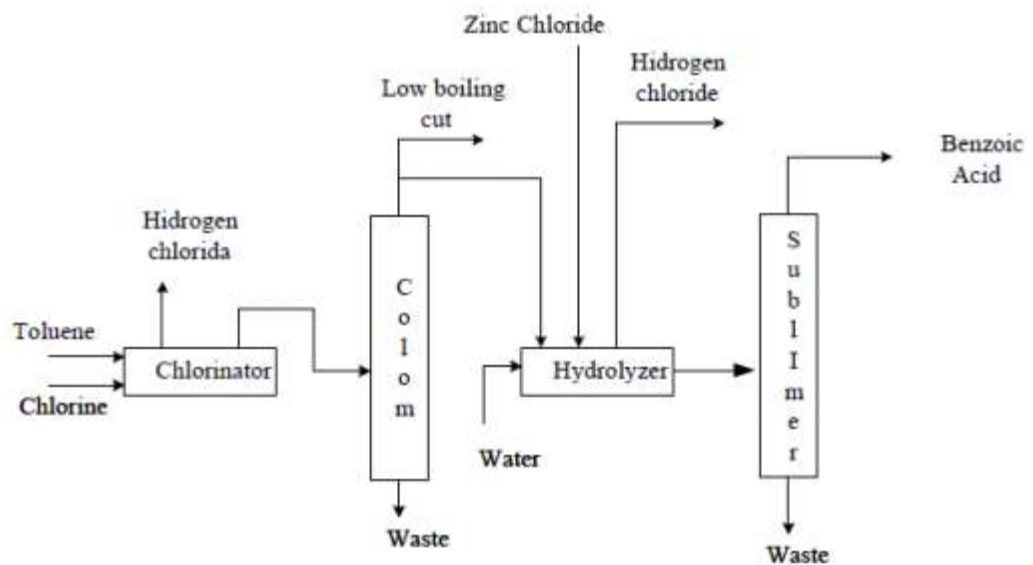
Gambar 3. Proses Oksidasi Toluen

### 1.5.2 Proses Hidrolisis Benzotrichloride

Toluen diklorinasi pada suhu 100 – 150 °C, sampai berat jenis larutan tersebut mencapai harga 1,375 – 1,385 pada suhu 20 °C, untuk menghasilkan benzotrichloride. Alkali dalam jumlah kecil dapat ditambahkan pada hasil reaksi untuk menetralkan HCl. HCl yang terbentuk selama proses reaksi dialirkan ke scraber, penyerap yang digunakan adalah air untuk menghasilkan larutan HCl. Reaksi yang terjadi :



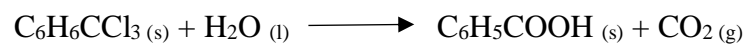
Benzotrichloride didestilasi dan kemudian dialirkan ke reaktor hidrolizer untuk direaksikan dengan uap air dengan dikondisikan sampai suhu 115 °C. Liquid keluar dari reaktor hidrolizer asam benzoat yang terbentuk dimasukkan kedalam kolom destilasi untuk dimurnikan dari benzotrichloride, produk atas berupa asam benzoat sedang produk bawah berupa benzotrichlorid.



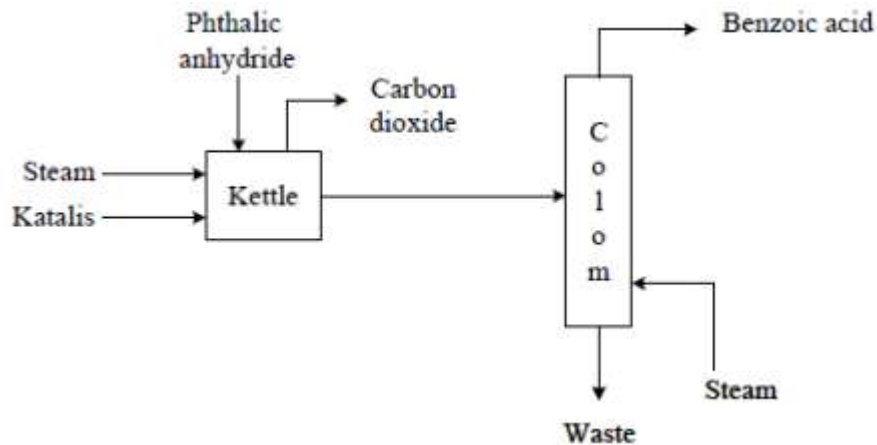
Gambar 4. Proses Hidrolisis Benzotriclorida

### 1.5.3 Proses Dekarboksilasi Phthalic Anhydride

Dalam proses ini phthalic anhydride mengalami dekarboksilasi setelah direaksikan dengan steam dalam suatu kettle tertutup.



Agar reaksi berjalan sempurna, maka ditambahkan katalis 2 - 6 % dari berat phthalic anhydride yang masuk kedalam reaktor. Katalis yang digunakan adalah sodium karbonat yang mengandung sedikit nikel oksida dan tembaga oksida, atau campuran chromium dan disodium phthalates. Mula-mula mencampur phthalic anhydride dan katalis didalam reaktor dilakukan pemanasan suhu 150 - 200 °C, kemudian steam diinjeksi sambil dilakukan pengadukan pada reaktor agar reaktor terdispersi maka untuk jumlah phthalic anhydride sebanyak 100 bagian diperlukan steam dengan rate 2 – 20 bagian per jam.



Gambar. 5 Proses Dekarboksilasi Phthalic Anhydride

Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis, sehingga diperlukan pendinginan gas keluar reaktor berupa CO dan uap air yang tidak bereaksi sedangkan produk bawah berupa asam benzoat dan katalis. Reaksi ini berlangsung beberapa saat sampai kandungan phthalic anhydride atau phthalic acid kurang dari 5 %. Asam benzoat yang diperoleh selanjutnya dipisahkan dengan cara di destilasi. Hasil yang diperoleh dari reaksi ini sebesar 80 – 85 % dari phthalic anhydride.

Tabel 11. Perbandingan Metode Pembuatan Asam Benzoat

Parameter	Oksidasi Toluena	Hidrolisis Benzotriklorida	Dekarboksilasi Phthalic Anhydride
Bahan Baku	Toluena dan Oksigen	Toluena dan Klorin	Phthalic Anhydride dan Steam
Katalis	Cobalt/ Mangan	ZnCl <sub>2</sub>	Disodium Phtalate
Suhu	150-250 °C	100-150 °C	200-420 °C
Tekanan	5-50 atm	1 atm	1 atm
Yield	90%	75-80%	85%
Konversi	50%	-	-
Hasil Samping	H <sub>2</sub> O, Benzaldehida	HCl	CO <sub>2</sub>

Berdasarkan perbandingan 3 teknologi tersebut maka dipilih proses oksidasi toluena yang memiliki keunggulan sebagai berikut:

- Bahan baku yang digunakan tidak berbahaya dan murah.
- Konversi bahan baku menjadi produk asam benzoat yang dihasilkan besar dan dapat menghasilkan benzaldehida yang dapat dijual.
- Proses yang digunakan lebih sederhana dan ramah lingkungan dibandingkan proses hidrolisis benzoatriklorida.
- Proses yang secara umum digunakan hingga saat ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S. and Newton, R.D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Brownell, Lloyd E., Edwin H. Young. 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc, United States of America.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F. Vol 6. 2003. *An Introduction to Chemical Engineering*. Massachusetts: Allyn and Bacon Inc. Elsevier.
- Faith, Keyes & Clark. 1983. *Industrial Chemical*. 4th edition, New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Geankoplis, C. J. 2003. *Transport Processes and Unit Operations*. Prentice-Hall International, Inc. New Jersey.
- John, G. Hundley., Munster, and, assignor to Standard Oil Company. 1961. *Continous Oxidation Process for Production Benzoic Acid*. Chicago. US Patent 3187038.
- Kementrian Perindustrian RI. 2020. *Profil Industri Petrokimia*.
- Kern, D.Q. 1983. *Process heat Transfer*. International Student Edition.
- Kirk Othmer. 1991. *Encyclopedia of Chemical Tecnoligy, Benzoic Acid*. Vol 3. John Wiley inc. New York.
- Max S. Peters, K.D. Timmerhaus. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 4th Ed*. McGraw-Hill Education (ISE Editions).
- McCabe, L. Warren, Jualian C. Smith & Peter Harriott. 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering, 5<sup>th</sup> ed*. USA: Mc Graw-Hill Inc.
- Nathan, F., Hammond, and John G. Hundley. 1960. *Manufacture of Benzoic Acid From Toluene*. Assignors to Standard Oil Company. Chicago. US Patent 3210416.

Paul, Buthod. 1972. *Pressure Vessel Handbook, 12th ed.* USA: Pressure Vessel Handbook Publishing, Inc.

Perry, R. H., & Green, D. 2008. *Perry's Chemical Engineer's handbook, 8<sup>th</sup> ed.* New York: McGraw-Hill Book Company.

Perry, Robert H, dan Don W. Green. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition.* New York: Mc Graw Hill Company.

Suhendi, Endang. 2015. *Diktat Ekonomi Teknik Kimia, Edisi Kedua.* Cilegon: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Ulrich, G. D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering and Plant Design.* John Wiley and Sons, Inc. New York.

Wallas, S.M. 1988. *Chemical Process Equipment (Selection and Design). 3rd editions.* United States of America: Butterworths.

[www.alibaba.com/](http://www.alibaba.com/) diakses pada November 2019

[www.bps.go.id](http://www.bps.go.id) diakses pada November 2019

[www.tokopedia.com](http://www.tokopedia.com) diakses pada Juli 2021

[www.undata.org](http://www.undata.org) diakses pada Desember 2019

[www.mordorintelligence.com/industry-reports/benzoic-acid-market](http://www.mordorintelligence.com/industry-reports/benzoic-acid-market) diakses pada Juli 2021

Yaws, C.L. 1999. *Chemical Properties Handbook Physical, Thermodynamic, Enviromental, Transport, Safety, and Health Related Properties For Organic and Inorganic Chemicals.* Mc Graw Hill Book Companies, Inc. New York.