

**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM BENZOAT METODE OKSIDASI
KAPASITAS 9.000 TON/ TAHUN**



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan
Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Ujung Pandang

FADEL IZZA	431 21 009
MUHAMMAD KHAIRUL MAHMUD	431 21 017

**PROGRAM STUDI S-1 TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA BERKELANJUTAN
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

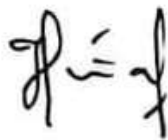
Skripsi dengan judul **Pra Rancangan Pabrik Asam Benzoat Metode Oksidasi Kapasitas 9.000 Ton/Tahun** oleh Fadel Izza NIM 431 21 009 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 02 Oktober 2025

Mengesahkan,

Pembimbing I

Pembimbing II



Rahmiah Sjafruddin, S.T., M.Eng.
NIP. 19760205 200604 2 001



M. Badai, S.T., M.T.
NIP. 19600722 198811 1 001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
Serjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Kimia Berkelanjutan



Ir. Yuliani HR, S.T., M.Eng
NIP. 19730409 200312 2 002

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PEGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR GAMBAR.....	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
RINGKASAN	ix
SUMMARY	x
BAB I PENDAHULUAN	11
1.1 Latar Belakang	11
1.2 Kapasitas Rancangan.....	12
1.2.1 Kapasitas Pabrik yang Telah Berdiri	12
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku.....	13
1.2.3 Kapasitas Produksi.....	15
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik	19
1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku.....	20
1.3.2 Daerah Pemasaran.....	21
1.3.3 Utilitas.....	22
1.3.4 Transportasi	23
1.3.5 Sumber Daya Manusia.....	24
1.3.6 Kondisi Geografis	25
1.4 Tinjauan Proses	25
1.4.1 Proses Hidrolisis Benzotriklorida	25
1.4.2 Proses Oksidasi Toluena.....	26

1.4.3 Proses Dekarboksilasi Phthalic Anhidrat.....	28
1.4.4 Seleksi Proses	29
BAB II DESKRIPSI PROSES	Error! Bookmark not defined.
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Bahan Baku.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 Produk.....	Error! Bookmark not defined.
2.2 Konsep Proses	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Dasar Reaksi	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Kondisi Operasi	Error! Bookmark not defined.
2.2.3 Tinjauan Termodinamika.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Langkah Proses.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Persiapan Bahan Baku	Error! Bookmark not defined.
2.3.2 Pembentukan Asam Benzoat	Error! Bookmark not defined.
2.3.3 Pemurnian Asam Benzoat.....	Error! Bookmark not defined.
BAB III NERACA MASSA	Error! Bookmark not defined.
3.1 Neraca Massa Total	Error! Bookmark not defined.
3.2 Neraca Massa Tiap Alat	Error! Bookmark not defined.
3.2.1 <i>Mixing Tank</i> 1 (MT-101)	Error! Bookmark not defined.
3.2.2 Reaktor (R-101)	Error! Bookmark not defined.
3.2.3 Kondensor Parsial (CD-101)	Error! Bookmark not defined.
3.2.4 Dekanter (D-101).....	Error! Bookmark not defined.
3.2.5 Menara Destilasi 1 (MD-101).....	Error! Bookmark not defined.
3.2.6 Menara Destilasi 2 (MD-102).....	Error! Bookmark not defined.
3.2.7 <i>Recycle Tank</i> (RT-101).....	Error! Bookmark not defined.
3.2.8 <i>Mixing Tank</i> 2 (MT-102)	Error! Bookmark not defined.
3.2.9 Kristalizer (CR-101)	Error! Bookmark not defined.
3.2.10 Centrifuge (CF-101)	Error! Bookmark not defined.
3.2.11 <i>Rotary Dryer</i> (RD-101)	Error! Bookmark not defined.
BAB IV NERACA PANAS.....	Error! Bookmark not defined.

4.1 <i>Mixing Tank</i> 1 (MT-101).....	Error! Bookmark not defined.
4.2 <i>Heater</i> (H-101)	Error! Bookmark not defined.
4.3 <i>Compressor</i> 1 (CP-101).....	Error! Bookmark not defined.
4.4 <i>Heater</i> 2 (H-102)	Error! Bookmark not defined.
4.5 Reaktor (R-101).....	Error! Bookmark not defined.
4.6 Kondensor 1 (CD-101).....	Error! Bookmark not defined.
4.7 <i>Cooler</i> 1 (CL-101).....	Error! Bookmark not defined.
4.8 Dekanter (D-101)	Error! Bookmark not defined.
4.9 <i>Heater</i> 3 (H-103)	Error! Bookmark not defined.
4.10 Menara Destilasi 1 (MD-101)	Error! Bookmark not defined.
4.11 Menara Destilasi 2 (MD-102)	Error! Bookmark not defined.
4.12 <i>Cooler</i> 2 (CL-102).....	Error! Bookmark not defined.
4.13 <i>Mixing Tank</i> 2 (MT-102).....	Error! Bookmark not defined.
4.14 Kristalizer (CR-101).....	Error! Bookmark not defined.
4.15 <i>Centrifuge</i> (CF-101).....	Error! Bookmark not defined.
4.16 <i>Rotary Dryer</i> (RD-101).....	Error! Bookmark not defined.
4.17 <i>Recycle Tank</i> (RT-101).....	Error! Bookmark not defined.
4.18 <i>Cooler</i> 3 (CL-103).....	Error! Bookmark not defined.
BAB V SPESIFIKASI ALAT.....	Error! Bookmark not defined.
5.1 Unit Penyimpanan	Error! Bookmark not defined.
5.1.1 Tangki Penyimpanan Toluena (T-101).....	Error! Bookmark not defined.
5.1.2 Silo Katalis Kobalt Asetat (SL-01).....	Error! Bookmark not defined.
5.1.3 Silo Produk Asam Benzoat (SL-102)	Error! Bookmark not defined.
5.1.4 Recycle Tank Toluena (RT-101)	Error! Bookmark not defined.
5.1.5 Tangki Penampungan Benzaldehida (T-102)	Error! Bookmark not defined.
5.2 Unit Pemindah.....	Error! Bookmark not defined.
5.2.1 <i>Screw Conveyor</i> 1 (SC-101)	Error! Bookmark not defined.
5.2.2 <i>Blower</i> (BL-101).....	Error! Bookmark not defined.

5.2.3 <i>Screw Conveyor 2</i> (SC-102)	Error! Bookmark not defined.
5.2.4 <i>Screw Conveyor 3</i> (SC-103)	Error! Bookmark not defined.
5.2.5 <i>Screw Conveyor 4</i> (SC-104)	Error! Bookmark not defined.
5.2.6 <i>Bucket Elevator</i> (BL-101).....	Error! Bookmark not defined.
5.2.7 <i>Pompa 1</i> (P-101)	Error! Bookmark not defined.
5.2.8 <i>Pompa 2</i> (P-102)	Error! Bookmark not defined.
5.2.9 <i>Pompa 3</i> (P-103)	Error! Bookmark not defined.
5.2.10 <i>Pompa 4</i> (P-104)	Error! Bookmark not defined.
5.2.11 <i>Pompa 5</i> (P-105)	Error! Bookmark not defined.
5.2.12 <i>Pompa 6</i> (P-106)	Error! Bookmark not defined.
5.2.13 <i>Pompa 7</i> (P-107)	Error! Bookmark not defined.
5.2.14 <i>Pompa 8</i> (P-108)	Error! Bookmark not defined.
5.2.15 <i>Pompa 9</i> (P-109)	Error! Bookmark not defined.
5.2.16 <i>Pompa 10</i> (P-110)	Error! Bookmark not defined.
5.3 <i>Unit Penukar Panas</i>	Error! Bookmark not defined.
5.3.1 <i>Heater 1</i> (H-101)	Error! Bookmark not defined.
5.3.2 <i>Heater 2</i> (H-102)	Error! Bookmark not defined.
5.3.3 <i>Cooler 1</i> (CL-101)	Error! Bookmark not defined.
5.3.4 <i>Cooler 2</i> (CL-102)	Error! Bookmark not defined.
5.3.5 <i>Rotary Dryer</i> (RD-101)	Error! Bookmark not defined.
5.3.6 <i>Cooler 3</i> (CL-103)	Error! Bookmark not defined.
5.4 <i>Unit Proses</i>	Error! Bookmark not defined.
5.4.1 <i>Mixing Tank 1</i> (MT-101)	Error! Bookmark not defined.
5.4.2 <i>Compressor</i> (CP-101)	Error! Bookmark not defined.
5.4.3 <i>Reaktor</i> (R-101)	Error! Bookmark not defined.
5.4.4 <i>Kondensor Parsial</i> (CD-101)	Error! Bookmark not defined.
5.4.5 <i>Expansion Valve</i> (EV-101).....	Error! Bookmark not defined.
5.4.6 <i>Dekanter</i> (D-101)	Error! Bookmark not defined.
5.4.7 <i>Menara Destilasi</i> (MD-101).....	Error! Bookmark not defined.

5.4.8 Menara Destilasi 2 (MD-102).....	Error! Bookmark not defined.
5.4.9 <i>Mixing Tank</i> 2 (MT-102)	Error! Bookmark not defined.
5.4.10 Kristalizer (CR-101)	Error! Bookmark not defined.
5.4.11 <i>Centrifuge</i> (CF-101)	Error! Bookmark not defined.
BAB VI UTILITAS	Error! Bookmark not defined.
6.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	Error! Bookmark not defined.
6.1.1 Kebutuhan Air.....	Error! Bookmark not defined.
6.1.2 Sumber Air.....	Error! Bookmark not defined.
6.2 Unit Penyedia Listrik.....	Error! Bookmark not defined.
6.2.1 Listrik Untuk Alat Proses	Error! Bookmark not defined.
6.2.2 Listrik Untuk Alat Utilitas	Error! Bookmark not defined.
6.2.3 Listrik Untuk Kebutuhan Lain-Lain	Error! Bookmark not defined.
6.3 Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	Error! Bookmark not defined.
6.4 Unit Pengolahan Limbah.....	Error! Bookmark not defined.
6.4.1 Limbah Gas dan Penanganannya.....	Error! Bookmark not defined.
6.4.2 Limbah Cair dan Penanganannya	Error! Bookmark not defined.
6.5 Spesifikasi Alat Utilitas.....	Error! Bookmark not defined.
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA....	Error! Bookmark not defined.
7.1 Instrumentasi	Error! Bookmark not defined.
7.1.1 Instrumen Pengukuran	Error! Bookmark not defined.
7.1.2 Pemilihan Konfigurasi Pengendali	Error! Bookmark not defined.
7.2 Keselamatan Kerja	Error! Bookmark not defined.
BAB VIII STRUKTUR ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN	
.....	Error! Bookmark not defined.
8.1 Bentuk Perusahaan	Error! Bookmark not defined.
8.2 Struktur Organisasi.....	Error! Bookmark not defined.
8.3 Tugas dan Wewenang	Error! Bookmark not defined.
8.4 Kualifikasi Karyawan.....	Error! Bookmark not defined.

8.5 Penggolongan Gaji Karyawan	Error! Bookmark not defined.
8.6 Jadwal Kerja	Error! Bookmark not defined.
BAB IX TATA LETAK PABRIK DAN PEMETAAN	Error! Bookmark not defined.
9.1 Deskripsi Tata Letak Pabrik	Error! Bookmark not defined.
BAB X ANALISA EKONOMI	Error! Bookmark not defined.
10.1 Estimasi Penanaman Modal Total (<i>Total Capital Investment</i>).....	Error! Bookmark not defined.
10.1.1 Modal Tetap (<i>Fixed Capital Investment</i>)..	Error! Bookmark not defined.
10.1.2 Modal Kerja/ <i>Working Capital</i> (WC)	Error! Bookmark not defined.
10.1.3 Total Modal Investasi (<i>Total Capital Investment</i> , TCI)	Error! Bookmark not defined.
10.1.4 Estimasi Biaya Pengeluaran Umum (<i>General Expense</i> , GE)	Error! Bookmark not defined.
10.1.5 Estimasi Biaya Manufaktur (<i>Manufacturing Cost</i> , MC)	Error! Bookmark not defined.
10.1.6 Estimasi Total Biaya Produksi (<i>Total Production Cost</i> , TPC).....	Error! Bookmark not defined.
10.2 Analisis Kelayakan	Error! Bookmark not defined.
10.2.1 Biaya Produksi	Error! Bookmark not defined.
10.2.2 Modal Selama Kontruksi	Error! Bookmark not defined.
10.2.3 Laba Perusahaan	Error! Bookmark not defined.
10.2.4 <i>Return of Investment</i> (ROI).....	Error! Bookmark not defined.
10.2.5 <i>Pay Out Time</i> (POT)	Error! Bookmark not defined.
10.2.6 <i>Break Event Point</i> (BEP)	Error! Bookmark not defined.
10.2.7 <i>Shut Down Point</i> (SDP)	Error! Bookmark not defined.
10.2.8 <i>Internal Rate Of Return</i> (IRR)	Error! Bookmark not defined.
BAB XI KESIMPULAN	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.



PRA RANCANGAN PABRIK ASAM BENZOAT DARI TOLUENA DAN UDARA METODE OKSIDASI KAPASITAS 9.000 TON/TAHUN

RINGKASAN

Asam benzoat adalah senyawa kimia organik serbaguna yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari sebagai bahan pewarna, resin, plasticizer, kosmetik, obat-obatan, dan pengawet makanan. Asam benzoat digunakan sebagai pengawet makanan, antiseptik dalam obat-obatan, dan komponen dalam produksi fenol, caprolactam, glikol benzoat, natrium benzoat, dan kalium benzoat. Pendirian pabrik asam benzoat bertujuan untuk memenuhi kebutuhan asam benzoat dalam negeri sehingga mampu menurunkan angka impor.

Pabrik asam benzoat direncanakan berdiri di kawasan Industri Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) Cilegon, Provinsi Banten dengan kapasitas 9.000 Ton/Tahun dan beroperasi selama 330 hari/tahun. Produk samping yang diperoleh pada proses industri berupa benzaldehida sebanyak 790,64 ton/tahun. Metode yang digunakan pada industri ini adalah metode oksidasi dimana toluena bereaksi dengan oksigen yang diambil dari udara. Reaksi dijalankan dalam Reaktor Kolom Gelembung (*Column Bubble Reactor*) pada suhu 180 °C dan tekanan 6,04 atm. Kapasitas produksi membutuhkan *fresh* toluena sebanyak 7.523,49 ton/tahun dan oksigen sebanyak 5.313,34 ton/tahun.

Perusahaan berbadan hukum Perseroan Terbatas (PT) ini menggunakan struktur organisasi *line and staff*, dipimpin oleh seorang direktur, dengan total tenaga kerja sebanyak 160 orang.

Hasil perhitungan analisa ekonomi menunjukkan keuntungan setelah pajak Rp. 66.259.639.569,31, *Break Event Point* (BEP) pada 41,73%, ROI sebesar 42,32%, dan POT selama 2,26 tahun. Analisa ekonomi menunjukkan bahwa pabrik EDA dengan kapasitas 9.000 Ton/Tahun layak (*feasible*) untuk didirikan.



PRE DESIGN OF A BENZOIC ACID PLANT FROM TOLUENE AND AIR BY OXIDATION METHOD WITH A CAPACITY OF 9,000 TONS/YEAR

SUMMARY

Benzoic acid is a versatile organic chemical compound widely used in daily life as a dye, resin, plasticizer, cosmetic ingredient, pharmaceutical, and food preservative. It is commonly applied as a food preservative, antiseptic in medicines, and as a component in the production of phenol, caprolactam, glycol benzoate, sodium benzoate, and potassium benzoate. The establishment of a benzoic acid plant aims to meet domestic demand and reduce the level of imports.

The benzoic acid plant is planned to be built in the Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC), Cilegon, Banten Province, with a production capacity of 9,000 tons/year and operating for 330 days/year. A by-product obtained from the industrial process is benzaldehyde, amounting to 790.64 tons/year. The method applied in this industry is the oxidation process, where Toluena reacts with oxygen taken from the air. The reaction is carried out in a Column Bubble Reactor at 180 °C and 6.04 atm. To achieve the production capacity, the process requires 7.523,49 tons/year of fresh Toluena and 5.313,34 tons/year of oxygen.

The company is a Limited Liability Company (PT) with a line and staff organizational structure, led by a director, and employing a total of 160 workers.

The results of the economic analysis show a net profit after tax of Rp. 66.259.639.569,31, a Break Even Point (BEP) of 41,73%, a Return on Investment (ROI) of 42,32%, and a Pay Out Time (POT) of 2,26 years. The economic analysis indicates that the benzoic acid plant with a capacity of 9,000 tons/year is feasible to be established.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri kimia di Indonesia saat ini berkembang sangat pesat, menunjukkan bahwa kebutuhan terhadap berbagai bahan kimia juga semakin meningkat. Salah satu sektor yang memiliki peran penting adalah industri bahan pengawet (preservatives), yang dimanfaatkan sebagai bahan baku di berbagai bidang industri. Di antara berbagai jenis aditif, asam benzoat menjadi salah satu pengawet yang paling banyak digunakan (Inardi, 2024). Asam benzoat merupakan senyawa organik serbaguna yang banyak diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari, misalnya sebagai pewarna, resin, plasticizer, bahan kosmetik, obat-obatan, serta pengawet makanan. Selain itu, asam benzoat juga berfungsi sebagai pengawet pangan, antiseptik pada produk farmasi, dan bahan dasar dalam pembuatan fenol, caprolactam, glikol benzoat, natrium benzoat, maupun kalium benzoat (Muliadi, 2024).

Indonesia merupakan salah satu negara yang banyak menggunakan asam benzoat dalam berbagai sektor industri, seperti makanan, tekstil, dan farmasi (Miftahul, 2024). Akan tetapi, hingga saat ini belum ada perusahaan di dalam negeri yang memproduksi asam benzoat, sehingga kebutuhan masih harus dipenuhi melalui impor dari negara lain (Muliadi, 2024). Kondisi ini cukup disayangkan, mengingat industri asam benzoat memiliki prospek yang sangat menjanjikan di masa depan. Secara global, permintaan asam benzoat meningkat sekitar 2% setiap tahunnya. Kenaikan ini terjadi karena asam benzoat merupakan senyawa kimia organik penting yang digunakan dalam berbagai produk industri kimia dan berfungsi sebagai bahan baku bagi sektor lain, termasuk industri farmasi dan makanan.

Saat ini Indonesia masih bergantung pada impor asam benzoat dari berbagai negara, khususnya China yang menjadi produsen utama di kawasan Asia maupun dunia. Pembangunan

pabrik asam benzoat di dalam negeri ditujukan untuk memenuhi kebutuhan nasional akan bahan kimia sekaligus mengurangi beban impor sehingga dapat menghemat pengeluaran negara. Selain itu, pendirian fasilitas ini juga diperkirakan dapat berkontribusi dalam mengatasi permasalahan pengangguran dengan menyediakan lapangan kerja baru di Indonesia.

Pembuatan asam benzoat umumnya dilakukan melalui proses oksidasi, yaitu dengan mereaksikan toluena dan oksigen pada kondisi operasi tertentu. Toluena sebagai bahan baku utama sudah diproduksi oleh sejumlah pabrik di Indonesia, sehingga ketersediaannya dapat dipenuhi dari dalam negeri. Berdasarkan kondisi tersebut, pendirian pabrik asam benzoat di Indonesia menjadi sangat penting. Selain mampu memenuhi kebutuhan domestik, pembangunan pabrik ini juga memberikan keuntungan dengan mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri (Miftahul, 2024).

1.2 Kapasitas Rancangan

1.2.1 Kapasitas Pabrik yang Telah Berdiri

Di Indonesia, belum ada pabrik yang memproduksi asam benzoat sehingga Indonesia masih mengimpor asam benzoat untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Beberapa pabrik yang telah memproduksi asam benzoat dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1.1 Kapasitas Pabrik Asam Benzoat yang Berdiri di Dunia

Pabrik	Negara	Kapasitas (ton/tahun)
IG Petrochemicals Ltd.	India	1.500
Emerald Kalama Chemical	Kalama, Amerika Serikat	100.000
Ganesh Benzoplast Limited (GBL)	Mumbai, India	12.000
Wuhan Youji Industries Co Ltd.	Wuhan, China	200.000

Tianjin Dongda Chemical Group Co., Ltd	Tianjin, China	150.000
Hubei Phoenix Chemical	Hubei, China	50.000
Tengzhou Tenglong Chemical	Tengzhou, China	18.000
Tengzhou Aolong Chemical Co., Ltd	Tengzhou, China	10.000
Liaoning Huayi Chemical Industry & Commerce Co., Ltd	Liaoning, China	100.000

Sumber: The Business Research Company, 2025

Berdasarkan Tabel 1.1, diketahui bahwa kapasitas produksi pabrik asam benzoat jika ditinjau pada skala global memiliki kapasitas minimum 1.500 ton/tahun sedangkan kapasitas maksimal produksi pabrik yang diketahui adalah 200.000 ton/tahun.

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik yang akan dibangun harus dapat memperoleh pasokan bahan baku secara terus menerus. Bahan baku yang digunakan adalah toluena (C_7H_8) dan udara. Di Indonesia toluena telah diproduksi, sedangkan udara diambil pada udara bebas, sehingga persediaan bahan baku dapat terjamin. Jika produksi dalam negeri tidak dapat memenuhi kebutuhan, bahan baku yang digunakan diimpor dari luar negeri. Adapun beberapa pabrik yang memproduksi toluena di Indonesia dapat dilihat pada

Tabel 1.2 Ketersediaan Pabrik Toluena di Indonesia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)	Sumber
PT. Trans Pacific Petrochemical Indotama	Tuban, Jawa Timur	100.000	
PT. Chandra Asri Petrochemical	Cilegon Banten	40.000	
PT Styrimo Mono Indonesia	Cilegon Banten	10.000	
PT Pertamina Unit Pengolahan IV	Cilacap, Jawa Tengah	12.000	

Dari data yang diperoleh, diketahui bahwa total kapasitas produksi toluena di Indonesia pada tahun 2025 adalah 162.000 ton/tahun. Untuk menentukan proyeksi kapasitas toluena di Indonesia pada tahun 2030, digunakan metode pertumbuhan majemuk dengan menggunakan nilai *Compounded Annual Growth Rate (CAGR)*.

Secara umum, CAGR merupakan indikator yang menunjukkan rata-rata tingkat pertumbuhan tahunan suatu aset atau investasi dalam periode tertentu, dengan asumsi bahwa pertumbuhan terjadi secara majemuk. Namun perlu diperhatikan, rumus CAGR tidak menunjukkan tingkat keuntungan yang sesungguhnya terjadi setiap tahun. Sebaliknya, nilai yang dihasilkan hanyalah representasi yang menggambarkan seolah-olah investasi tersebut bertumbuh pada persentase yang sama di setiap tahunnya (Kledo, 2025).

Laporan *Toluene Global Market Report 2025* memperkirakan pasar global toluena akan tumbuh dari US\$ 36,69 miliar pada 2024 menjadi US\$ 46,95 miliar pada 2029, dengan CAGR sekitar 5,5 % (*The Business Research Company*, 2025). Oleh karena itu, produksi toluena pada tahun 2030 dihitung sebagai berikut

$$CAGR = \left(\left(\frac{Kapasitas\ Akhir}{Kapasitas\ Awal} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right) \times 100 \quad (\text{Fernando, 2024})$$

Dengan menggunakan rumus CAGR, diperoleh rumus untuk menentukan Kapasitas akhir sebagai berikut:

$$K_{akhir} = K_{awal} \times (1 + r)^t$$

Keterangan:

K_t = Kapasitas pada tahun t

K_{awal} = Kapasitas pada tahun awal (2025)

r = Tingkat pertumbuhan tahunan (CAGR)

t = jumlah periode (5 tahun)

$K_{akhir} = 162.000 \text{ Ton} \times (1 + 5\%)^5$

= 206.757 ton

Dari hasil perhitungan diatas, diperoleh proyeksi produksi toluena di Indonesia pada tahun 2030 sebesar 206.757 ton/tahun.

1.2.3 Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas produksi pabrik merupakan aspek yang sangat penting dan mendasar, karena berpengaruh langsung terhadap perhitungan teknis maupun analisis ekonominya. Salah satu faktor utama yang harus dipertimbangkan dengan matang adalah besarnya kapasitas produksi yang akan direncanakan. Dalam analisis teknis dan ekonomi, kapasitas yang ditetapkan memiliki dampak signifikan, sebab kapasitas yang sesuai dapat memberikan keuntungan optimal. Dengan kapasitas yang tepat, diharapkan mampu menekan jumlah impor. Pabrik asam benzoat ini sendiri direncanakan mulai didirikan pada tahun 2028 dan mulai beroperasi pada tahun 2030

Tabel 1.3 Data Impor/Kebutuhan Asam Benzoat di Indonesia

Tahun	Kebutuhan (Ton/Tahun)	Tahun	Kebutuhan (Ton/Tahun)
2015	6.709,787	2020	8.188,066
2016	7.608,442	2021	8.859,137
2017	7.608,967	2022	8.339,368
2018	7236,787	2023	8.143,630
2019	7.047,195	2024	9.126,276

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2024

Asam benzoat di Indonesia belum memiliki pabrik yang memproduksi secara mandiri untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun untuk diekspor, sehingga supply asam benzoat di Indonesia saat ini 100% berasal dari impor. Oleh karena itu, nilai kebutuhan asam benzoat sama dengan nilai impor asam benzoat di Indonesia.

Untuk proyeksi kebutuhan asam benzoat pada tahun 2030 digunakan suatu metode peramalan yang disebut *Weight Moving Average* (WMA) atau metode rata-rata bergerak tertimbang. Metode rata-rata bergerak tertimbang memprediksi dengan cara memberikan bobot kepada data n periode sebelumnya, kemudian membaginya dengan jumlah bobot (Silvia et al., 2020). Selain perhitungannya yang sederhana, metode WMA memberikan nilai bobot yang berbeda untuk setiap data historis, dengan asumsi bahwa bobot yang diberikan untuk data historis paling baru atau paling baru lebih besar dibandingkan dengan data historis yang lebih lama (Ramadania, 2018). Secara matematis perhitungan WMA dirumuskan dalam Persamaan berikut:

$$WMA = \frac{\sum(D_t \times \text{bobot})}{\sum \text{bobot}}$$

Keterangan:

D_t : Data aktual pada periode t

bobot : Bobot yang akan diberikan untuk setiap periode (Gofur & Widiyanti, 2013)

Dengan menggunakan metode *Weight Moving Average*, prediksi kebutuhan asam benzoat pada tahun 2025 adalah sebagai berikut:

$$WMA = \frac{3 \times 9.126,276 + 2 \times 8.143,63 + 1 \times 8.339,368}{3 + 2 + 1} = 8.667,576$$

Dengan menggunakan rumus yang sama, diperoleh proyeksi kebutuhan asam benzoat pada tahun berikutnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1.4 Proyeksi Kebutuhan Asam Benzoat pada Tahun Berikutnya

Tahun	Kebutuhan
2025	8.667,576
2026	8.733,151
2027	8.776,813
2028	8.744,053

2029	8.753,156
2030	8.754,065

Mean Absolut Percentage Error (MAPE) dihitung sebagai nilai rata-rata diferensiasi absolut antara nilai yang diramal dan data aktual dan ditunjukkan sebagai persentase nilai aktual (Anjani et al., 2020). Kelebihan MAPE adalah bahwa itu menunjukkan persentase kesalahan hasil peramalan terhadap hasil aktual selama periode tertentu, yang akan memberikan informasi tentang persentase kesalahan terlalu tinggi atau rendah (Astuti et al., 2019). Kesalahan persentase dari prediksi didefinisikan dalam Persamaan berikut:

$$PE = \left(\frac{x_t - f_t}{x_t} \right)$$

Keterangan:

PE = Presentase Error

x_t = Data aktual pada periode t

f_t = Data ramalan pada periode t (Oktaviani et al., 2021)

Setelah persentase error didapat, maka selanjutnya mengukur ketepatan nilai dugaan model yang dinyatakan dalam bentuk rata-rata persentase absolute kesalahan. MAPE dapat dihitung dalam persamaan dibawah ini.

Tabel 1.5 Hasil Perhitungan dengan Metode MAPE

Tahun	Kebutuhan	Prediksi	PE(%)
2014	7232.787	-	
2015	6709.787	-	
2016	7608.442	-	
2017	7608.967	7246.281	4.77%
2018	7236.787	7458.929	3.07%
2019	7047.195	7422.790	5.33%
2020	8188.066	7204.021	12.02%
2021	8859.137	7649.229	13.66%
2022	8339.368	8333.456	0.07%

2023	8143.63	8487.407	4.22%
2024	9126.276	8328.127	8.75%
Jumlah			51.88%
MAPE			7.41%

Dari hasil evaluasi diperoleh nilai MAPE 7,14%, nilai ini masuk pada kategori kemampuan prediksi sangat baik karena memiliki nilai $<10\%$. Untuk MAPE terdapat range nilai yang dapat dijadikan bahan pengukuran mengenai kemampuan dari suatu model prediksi. Range nilai dapat dilihat pada Tabel 1.6 sebagai berikut:

Tabel 1.6 Nilai Range MAPE

Range MAPE	Keterangan
$<10\%$	Kemampuan prediksi sangat baik
10%-20%	Kemampuan prediksi baik
20%-50%	Kemampuan prediksi layak
$>50\%$	Kemampuan prediksi buruk

Sumber: Maricar, 2019

Dengan demikian, proyeksi kebutuhan asam benzoat di Indonesia pada tahun 2030 sebesar 8.754 ton Namun, pra rancangan pabrik asam benzoat ditetapkan kapasitasnya sebesar 9.000 ton/tahun dengan beberapa pertimbangan, antara lain:

- Penetapan kapasitas tersebut mampu memenuhi kebutuhan asam benzoat di Indonesia sebesar 100% sehingga akan menutup nilai impor asam benzoat di Indonesia.
- Kebutuhan asam benzoat melonjak pada tahun 2024, kenaikan lebih dari 1000 ton dari tahun sebelumnya membuktikan bahwa permintaan asam benzoat akan semakin meningkat di masa mendatang.
- Berdasarkan data kapasitas produksi pabrik yang telah berdiri di dunia, kapasitas minimal produksi asam benzoat sebesar 1.300 ton/tahun, sedangkan kapasitas maksimal 80.000

ton/tahun. Sehingga kapasitas pabrik yang akan dirancang masih masuk pada rentang kapasitas pabrik yang telah berdiri.

- d. Terdapat *excess* atau kelebihan sebesar 2.73% dari proyeksi kebutuhan pada tahun 2030 yang akan dijadikan sebagai cadangan untuk memenuhi kebutuhan apabila permintaan asam benzoat bertambah atau jika akan dilakukan ekspor ke luar negeri. Hal ini nantinya mampu meningkatkan devisa negara

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik utama dapat berdampak signifikan pada keberhasilan usaha industri. Saat memilih lokasi pabrik, perhatian besar harus diberikan dan berbagai pertimbangan harus diperhitungkan. Pabrik harus ditempatkan terutama di mana biaya produksi dan distribusi dapat dijaga seminimal mungkin, tetapi pertimbangan lain seperti ruang untuk pertumbuhan dan kondisi kehidupan yang aman untuk pabrik dan lingkungan juga penting. Profitabilitas suatu proyek juga dapat dipengaruhi secara signifikan oleh lokasi pabrik (Budiana et al., 2024).

Menemukan lokasi di mana plant atau pabrik dapat menghasilkan pengembalian investasi paling banyak adalah tujuan umum dari studi lokasi. Tergantung pada jenis kegiatan manufaktur, pemilihan lokasi potensial terkadang terbatas pada beberapa area. Industri mungkin memerlukan bahan bakar, tenaga, transportasi khusus, dan sumber daya lainnya dalam jumlah yang tidak dapat diakses di banyak tempat potensial. Dalam menentukan lokasi pabrik yang tepat, ada banyak hal yang perlu diperhatikan, yang akan berdampak besar baik secara teknis maupun ekonomis. Faktor utama adalah bahwa pabrik harus dibangun dengan biaya produksi dan operasi yang minimum, serta apakah ada ruang yang tersedia untuk perluasan (Barus, 2024).

Lokasi pabrik yang akan didirikan berada pada Jl. Raya Anyer-Sirih, Gunungsugih, Kec. Ciwandan, Kota Cilegon, Banten dengan titik kordinat $6^{\circ}02'43''\text{S}$ $105^{\circ}55'41''\text{E}$. Luas pabrik sekitar 13,94 ha yang masuk pada kawasan industri KIEC Cilegon.



Gambar 1.1 Lokasi Pabrik Asam Benzoat yang Didirikan
(Sumber : Google Earth, 2025)

Adapun pertimbangan pemilihan lokasi pabrik dijabarkan sebagai berikut:

1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Pemilihan lokasi pabrik diutamakan berdekatan dengan sumber bahan baku yang ketersediaannya mencukupi kapasitas produksi dan tersedia secara kontinyu sehingga proses produksi berjalan dengan baik. Disamping itu, sumber bahan baku yang dekat dapat menghemat biaya transportasi bahan baku. Lokasi pabrik yang didirikan dekat dengan sumber bahan baku yakni toluena yang diproduksi pada PT Asri Petrochemical dengan waktu tempu 3 menit dari lokasi pabrik dengan jarak 1,4 km. Selain toluena, bahan baku lain berupa udara bebas yang diperoleh dari lingkungan dan katalis cobalt asetat yang diimpor dari China sehingga diperlukan pelabuhan yang mampu mengangkut katalis.



Gambar 1.2 Jarak lokasi Pabrik dengan Sumber Bahan Baku Toluena
(Sumber: Google Maps, 2025)

(Sumber: Google Maps, 2025)

h Pemasaran

mempermudah pemasaran produk, lokasi pabrik harus dekat dengan p

asam benzoat merupakan bahan baku dari berbagai industri baik indu

asi, dan industri kimia. Dengan berdirinya pabrik Asam Benzoat

, Kec. Ciwandan, Kota Cilegon, Banten diharapkan mampu memenu

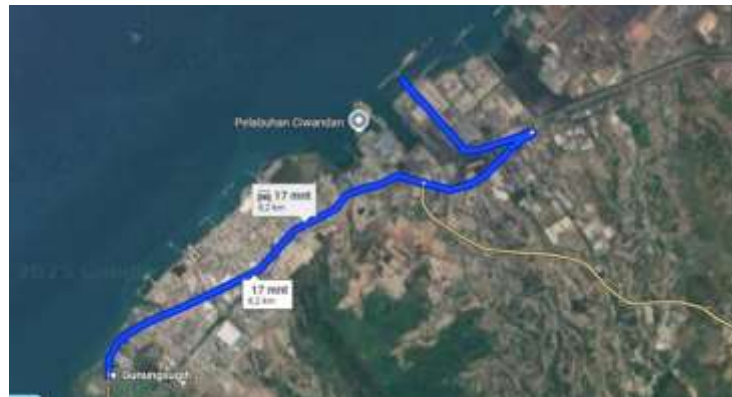
pada industri yang menggunakan asam benzoat sebagai bahan baku d

1.3.2 Daerah Pemasaran

Untuk mempermudah pemasaran produk, lokasi pabrik harus dekat dengan pemasaran atau konsumen. Asam benzoat merupakan bahan baku dari berbagai industri baik industri makanan, industri farmasi, dan industri kimia. Dengan berdirinya pabrik Asam Benzoat di Cilegon, Gunungsugih, Kec. Ciwandan, Kota Cilegon, Banten diharapkan mampu memenuhi kebutuhan asam benzoat pada industri yang menggunakan asam benzoat sebagai bahan baku diantaranya di Kawasan Industri Cilegon, Kawasan Industri Cikarang, dan Kawasan Industri Gresik.

Pendirian lokasi pabrik yang berada di pulau Jawa memberikan keuntungan karena mampu meminimalkan biaya distribusi dan pemasaran produk. Pemasaran produk dapat menggunakan moda transportasi darat untuk pemasaran di sekitar pulau Jawa dan transportasi laut untuk pemasaran di luar pulau Jawa. Pelabuhan terdekat yang mampu melayani lalu lintas barang ekspor

dan impor adalah Pelabuhan Cigading yang berjarak 8,2 km dari lokasi pabrik dengan waktu tempu 17 menit.



Gambar 1.3 Jarak lokasi pabrik dari Pelabuhan Cigading
Sumber: Google Maps, 2025

1.3.3 Utilitas

Daerah Kawasan KIEC di Cilegon, Banten, merupakan wilayah terencana dan terintegrasi untuk menunjang kebutuhan utilitas industri yang ada di dalamnya. Hal ini memungkinkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik, air, dan bahan bakar. Kawasan Industri ini dipasok oleh dua anak perusahaan, PT Krakatau Sarana Energi (KSE) dan PT Krakatau Posco Energy (KPE) yang secara kolektif menghasilkan 120 MW untuk memenuhi kebutuhan energi internal serta kebutuhan industri dan masyarakat di wilayah Cilegon.

Untuk pembangkitan listrik, KCE menggunakan teknologi *Combined Cycle Power Plant* (CCPP) 120 MW atau umum dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTGU) yang terdiri atas dua gas turbin generator, dua Heat Recovery Steam Generator. Bahan bakar utama PLTGU KCE adalah Gas Bumi (Natural Gas). KCE menjamin kualitas energi listrik yang diproduksi sesuai standar industri. Untuk itu, KCE mengkreasikan sebuah sistem kompensator untuk menjaga stabilitas tegangan (PT Chandra Asri Pacific Tbk, 2025).



Gambar 1.4 Lokasi Pembangkit Listrik di Kawasan Industri Cilegon
Sumber: Google Maps, 2025

Suplai air di kawasan ini dikelola oleh PT Krakatau Industri yang melakukan pengolahan air yang diambil dari Sungai Cidanau, yang berasal dari danau alam Rawa Dano dan Sungai Cipasauran. Air baku dialirkan melalui pipa diameter 1,4 meter sepanjang ± 28 kilometer ke Instalasi Pengolahan Air Krenceng, yang memiliki kapasitas 2.000 liter/detik. PT Krakatau Tirta Industri saat ini mengolah air dari Sungai Cipasauran di Instalasi Pengolahan Air Cidanau, yang memiliki kapasitas 600 liter/detik, setelah Bendung Cipasauran dan Instalasi Pengolahan Air Cidanau selesai dibangun pada tahun 2018 (PT. Krakatau Tirta Industri, 2025).

Seiring perkembangan industri di kota Cilegon, kebutuhan air, baik secara kuantitas maupun kualitas yang spesifik, juga turut meningkat. PT Krakatau Tirta Industri telah mengembangkan potensi bisnis yang dimiliki untuk memenuhi kebutuhan pasar tersebut dengan membangun dan mengoperasikan beberapa Instalasi Pengolahan Air Demin, Water Recycle Plant, Waste Water Treatment Plant dengan teknologi membrane, ultrafiltrasi, ion exchanger dan biological treatment. (PT. Krakatau Tirta Industri, 2025).

1.3.4 Transportasi

Kawasan industri di Cilegon memiliki infrastruktur transportasi yang sangat mendukung, menjadikannya lokasi strategis untuk kegiatan bisnis dan industri. Kawasan ini memiliki akses langsung ke jalan tol dengan lebar 2x2 hingga 2x3 jalur, yang memudahkan mobilitas barang dan

pekerja ke berbagai wilayah, termasuk Jakarta dan sekitarnya (PT Krakatau Sarana Properti, 2025). Selain itu, kedekatan dengan Pelabuhan Cigading dan Krakatau International Port (KIP) memberikan keuntungan besar dalam distribusi logistik, baik untuk ekspor maupun impor.

Pelabuhan ini dilengkapi fasilitas modern seperti dermaga dengan kedalaman -21 LWS dan kapasitas bongkar muat hingga 21 juta ton per tahun, yang dirancang untuk melayani kebutuhan industri skala besar. Infrastruktur pendukung seperti pembetonan jalan di area pelabuhan juga terus ditingkatkan untuk memperkuat konektivitas antara kawasan industri dan pelabuhan (Krakatau International Port, 2023). Dengan kombinasi akses tol, pelabuhan internasional, dan fasilitas logistik yang terintegrasi, transportasi di kawasan industri Cilegon sangat efisien dan mendukung pertumbuhan ekonomi.

1.3.5 Sumber Daya Manusia

Pemilihan lokasi pabrik yang memiliki jumlah tenaga kerja yang cukup sangat penting. Pabrik di dekat pusat pendidikan atau daerah dengan tingkat pengangguran tinggi dapat membantu mengurangi pengangguran dan menciptakan lapangan kerja baru. Sumber daya manusia di Cilegon memiliki potensi yang besar untuk mendukung pendirian pabrik, meskipun tantangan seperti tingkat pengangguran yang masih tinggi perlu diatasi. Kota Cilegon, yang memiliki sekitar 441.761 jiwa, dikenal sebagai pusat industri dengan lebih dari 250 perusahaan. Meskipun banyak industri beroperasi di kawasan ini, Badan Pusat Statistik mencatat tingkat pengangguran terbuka sebesar 10,13 persen dan penduduk miskin mencapai 18.890 jiwa atau 4,24 persen, menciptakan kesenjangan antara ketersediaan lapangan kerja dan tenaga kerja yang ada (Dany, 2022).

Pemerintah setempat berupaya meningkatkan kualitas sumber daya manusia melalui berbagai program pelatihan dan pengembangan keterampilan untuk memaksimalkan potensi penduduk. Dengan dukungan infrastruktur yang baik dan komitmen untuk meningkatkan kualitas

SDM, Cilegon menawarkan lingkungan yang ideal bagi investor untuk mendirikan pabrik, terutama dalam sektor-sektor yang membutuhkan tenaga kerja terampil dan berpengalaman (Dany, 2022).

1.3.6 Kondisi Geografis

Kondisi geografis di kawasan industri Cilegon, khususnya di Krakatau Industrial Estate (KIEC), sangat mendukung pengembangan industri. Terletak di ujung barat laut Pulau Jawa, Cilegon dikelilingi oleh perbukitan dan laut, memberikan kontur tanah yang datar dan kokoh, ideal untuk pembangunan pabrik dan fasilitas industri lainnya. Luas kawasan industri ini mencapai 625 hektar, dengan Kawasan Industri I seluas 550 hektar dan Kawasan Industri II seluas 75 hektar. Lokasinya yang strategis, hanya sekitar 100 km dari Jakarta dan dekat dengan Pelabuhan Cigading, memfasilitasi aksesibilitas logistik yang efisien untuk distribusi barang. Selain itu, Cilegon terhubung dengan jalan tol Jakarta-Merak dan memiliki Jalan Lingkar Selatan yang meningkatkan konektivitas dengan daerah sekitarnya (PT. Krakatau Industrial Estate Cilegon, 2025). Dengan kondisi geografis yang menguntungkan ini, Cilegon menjadi pilihan utama bagi investor yang ingin mendirikan pabrik di Indonesia sebab kondisi tanah yang baik, aksesibilitas transportasi yang baik, serta konektivitas dengan daerah yang memadai.

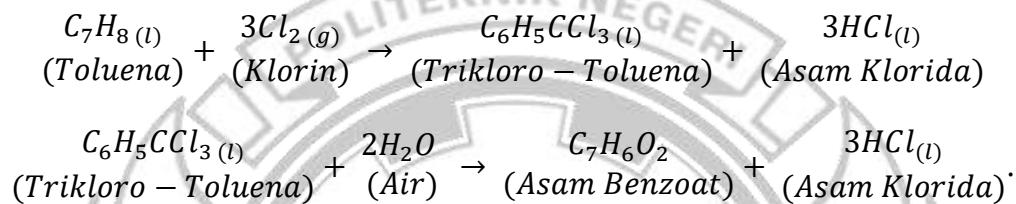
1.4 Tinjauan Proses

Ditinjau dari (Faith et al., 1965), terdapat tiga metode produksi asam benzoat, diantaranya adalah sebagai berikut :

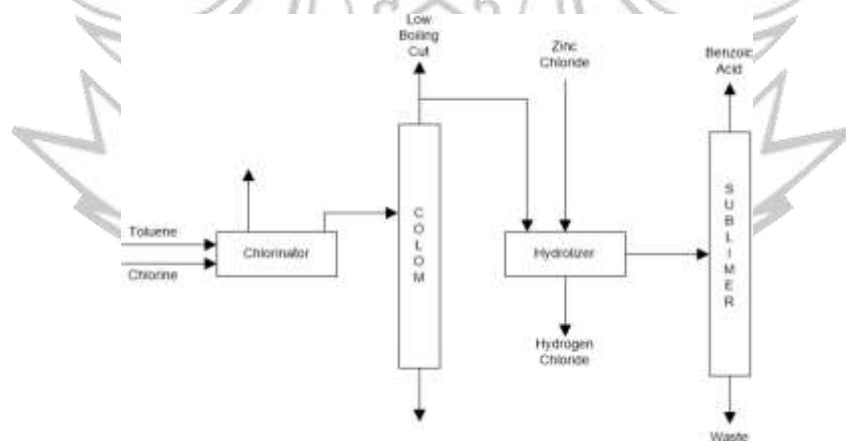
1. Proses Hidrolisis Benzotriklorida
2. Proses Oksidasi Toluena
3. Proses Dekarboksilasi Phthalic Anhidrat

1.4.1 Proses Hidrolisis Benzotriklorida

Pada proses ini, Toluena diklorinasi di suhu 100 – 150 °C hingga didapatkan berat jenis larutan tersebut sebesar 1.375 hingga 1.385 di suhu 20°C agar dapat dihasilkan zat benzotriklorida. Alkali dalam jumlah kecil bisa ditambahkan pada hasil reaksi untuk menetralkan asam klorida. Asam klorida yang terbentuk selama proses reaksi dialirkan ke scrubber atau penyerap yang digunakan adalah air untuk menghasilkan asam klorida (Faith et al., 1965). Berikut reaksi yang terjadi :



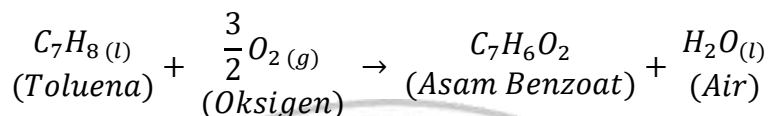
Benzotriklorida didestilasi lalu dialirkan ke *reactor hidrolizer* untuk direaksikan dengan uap air pada kondisi suhu 115 °C. Cairan atau liquid keluar dari reaktor dan asam benzoat yang terbentuk dimasukkan ke dalam kolom destilasi untuk dimurnikan dari benzotriklorida yang merupakan produk bawah sementara asam benzoat yang keluar merupakan produk atas (Faith et al., 1965).



Gambar 1.5 Diagram Alir Proses Hidrolisis Benzotriklorida
(Sumber: Faith et al., 1965).

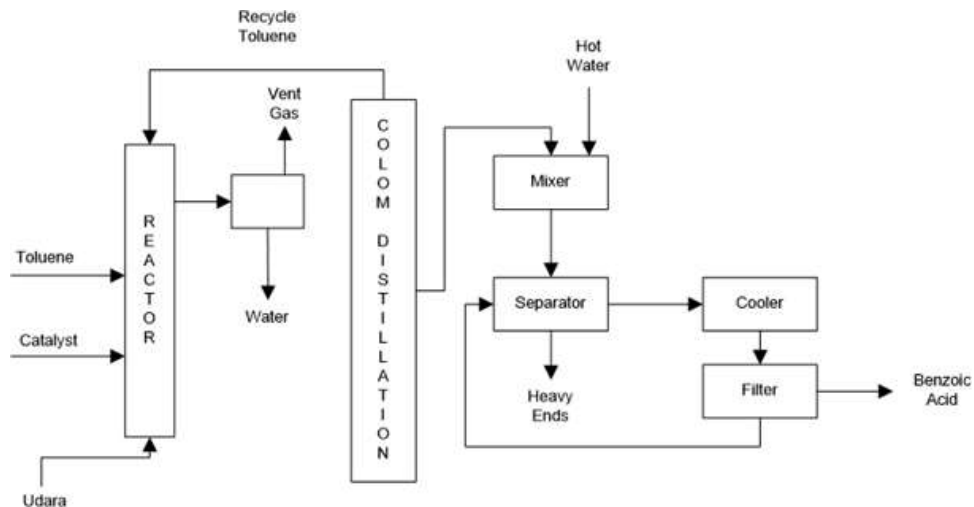
1.4.2 Proses Oksidasi Toluena

Toluena dan katalis dialirkan ke dalam reactor melalui bagian atas reactor dan pada saat bersamaan udara juga dilewatkan dari bawah sehingga reaksi yang terjadi dapat didistribusikan dengan sempurna dan pada proses ini pengadukan dilakukan. Berikut reaksi pembentukan asam benzoat :



Reaksi yang terjadi di dalam reaktor dikondisikan pada suhu 150 hingga 250 °C dan pada tekanan 5 sampai 50 atm. Rasio udara/toluena dikendalikan untuk memberikan konversi 10 hingga 50%. Toluena yang direfluksikan dan pendinginan jaket menghilangkan panas reaksi. Setelah konversi 50% tercapai, campuran reaksi dikirim ke kolom distilasi, di mana toluena yang tidak bereaksi dan produk dari bagian atas untuk didaur ulang. Air dihilangkan dari aliran gas buang yang terkondensasi sebelum kembalinya toluena yang tidak bereaksi ke reaktor.

Bagian bawah dari kolom dicampur dengan air panas untuk mengekstraksi asam benzoat. Lapisan air dipisahkan dan didinginkan untuk mengendapkan asam benzoat, yang kemudian disaring dan dicuci ulang untuk menghasilkan produk dengan kualitas teknis. Hasil asam benzoat berdasarkan toluena yang teroksidasi adalah *yield* 90%. Semua produsen domestik menggunakan proses ini (Faith et al., 1965).



Gambar 1. 6 Diagram Alir Proses Oksidasi Toluena
(Sumber: Faith et al., 1965).

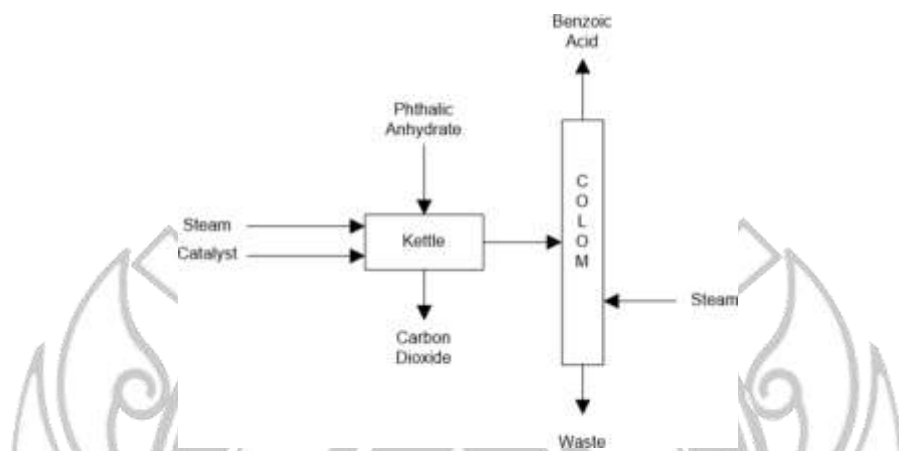
1.4.3 Proses Dekarboksilasi Phthalic Anhidrat

Dalam proses ini phthalic anhidrat mengalami dekarboksilasi setelah direaksikan dengan steam dalam suatu kettle tertutup. Reaksi pembentukan asam benzoat adalah sebagai berikut :



Supaya reaksi berjalan sempurna maka katalis ditambahkan sebanyak 2 sampai 6% dari berat phthalic anhidrat yang masuk ke dalam reaktor. Katalis yang digunakan adalah sodium karbonat yang mengandung sedikit nikel oksida dan tembaga oksida atau campuran kromium dan disodium phthalates. Pada awalnya, phthalic anhidrat dicampur katalis di dalam reaktor dengan pemanasan pada suhu 150 hingga 200 °C, kemudian uap steam diinjeksi sambil dilakukan pengadukan pada reaktor supaya reaktor terdispersi sehingga untuk jumlah phthalic anhidrat sebanyak 100 bagian diperlukan uap steam dengan rate 2 sampai 20 bagian per jam. Reaksi yang terjadi bersifat eksoterm, sehingga diperlukan pendingin gas keluar reaktor berupa karbon monoksida dan uap air yang tidak bereaksi.

Sementara itu produk bawah yang berupa asam benzoat dan katalis juga dihasilkan. Reaksi ini berlangsung beberapa saat hingga kandungan phthalic anhidrat atau asam phthalic kurang dari 5%. Asam benzoat yang diperoleh dari reaksi ini berkisar di angka 80 hingga 85% dari phthalic anhidrat (Faith et al., 1965).



Gambar 1.7 Diagram Alir Proses Dekarboksilasi Phthalic Anhidrat (Sumber: Faith et al., 1965).

1.4.4 Seleksi Proses

Dari ketiga proses pembuatan asam benzoat diatas, perbandingannya dapat dilihat melalui tabel berikut :

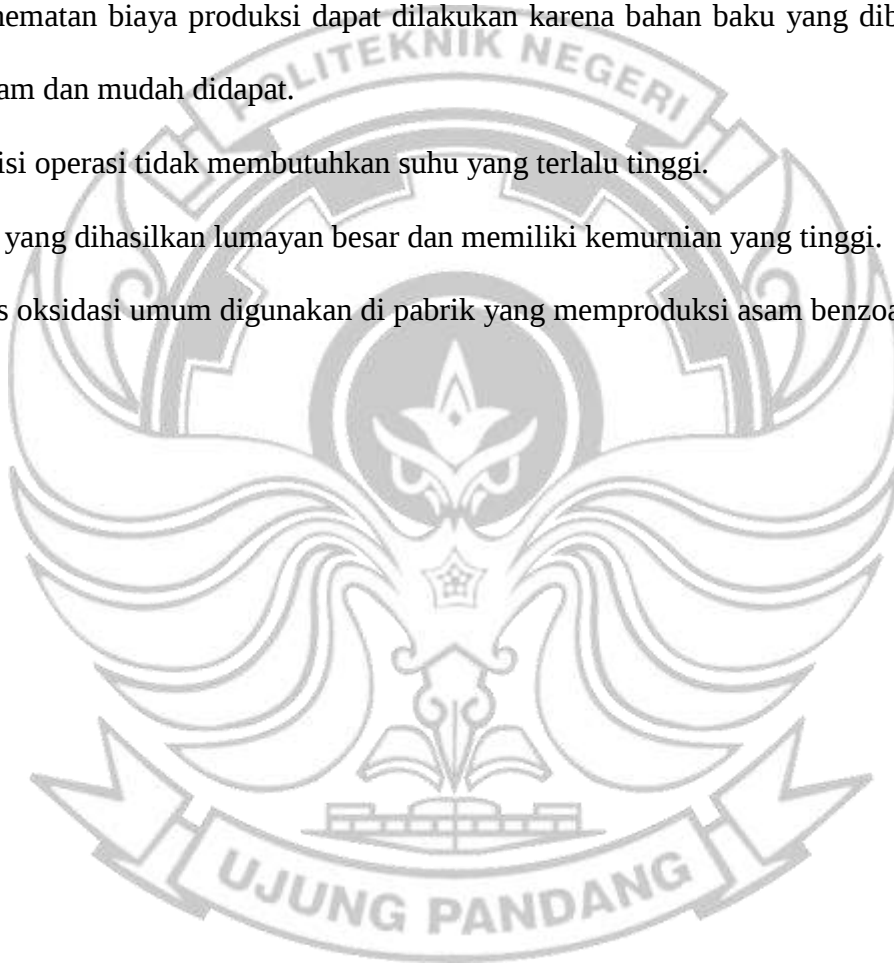
Tabel 1.7 Perbandingan Proses Pembuatan Asam Benzoat

Parameter	Proses Hidrolisis Benzotriklorida	Proses Oksidasi Toluena	Proses Dekarboksilasi Phthalic Anhidrat
Bahan Baku	1. Toluena 2. Klorin	1. Toluena 2. Udara (Oksigen)	1. Phthalic Anhidrat
Suhu	122-130 °C	150-250 °C	380-400 °C
Tekanan	1 atm	5 – 50 atm	1 atm

Yield	75%	90%	80 - 85%
Hasil Sampling	HCl	H ₂ O	H ₂ O C ₇ H ₆ O

Dari perbandingan ketiga proses tersebut, maka proses yang dipilih adalah proses Oksidasi Toluena. Pemilihan proses ini, didasarkan pada pertimbangan berikut:

1. Penghematan biaya produksi dapat dilakukan karena bahan baku yang dibutuhkan tidak beragam dan mudah didapat.
2. Kondisi operasi tidak membutuhkan suhu yang terlalu tinggi.
3. Yield yang dihasilkan lumayan besar dan memiliki kemurnian yang tinggi.
4. Proses oksidasi umum digunakan di pabrik yang memproduksi asam benzoat di dunia



BAB XI KESIMPULAN

Dari hasil analisis prarancangan pabrik Asam Benzoat dengan kapasitas 9.000 ton/tahun dengan menggunakan metode oksidasi, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pabrik direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dengan kapasitas produksi 9.000 Ton/Tahun.
2. Bentuk hukum perusahaan direncanakan Perseroan Terbatas (PT) yang akan didirikan di Kawasan *Krakatau Industrial Estate Cilegon* (KIEC) yang berlokasi di Cilegon Provinsi Banten.
3. Jumlah tenaga kerja yang dipekerjakan berjumlah 160 orang yang terbagi dalam 2 kategori yaitu karyawan shift dan karyawan non shift.
4. Berdasarkan hasil analisis ekonomi, pabrik asam benzoat dinilai layak untuk dilanjutkan ke tahap perancangan berikutnya, dengan perolehan hasil analisis sebagai berikut:

Return of Investment (ROI) = 42,32 %

Pay Out Time (POT) = 2,26 tahun (2 tahun, 91 hari)

Break Event Point (BEP) = 41,73%

Invest Rate of Return (IRR) = 17,12%

Dari kesimpulan diatas, pendirian Pabrik Asam Benzoat dengan Kapasitas 9.000 Ton/Tahun pada tahun 2028 yang beroperasi pada tahun 2030 dikatakan layak untuk didirikan

DAFTAR PUSTAKA

- Anjani, U. I., Suhery, C., & Ristian, U. 2020. Prediksi Permintaan Produk Kopi Bubuk Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Berbasis Website (Studi Kasus: PT. Fastrata Buana). *Jurnal Komputer dan Aplikasi*, 93-101.
- Astuti, Y., Novianti, B., Hidayat, T., & Maulina, D. 2019. Penerapan Metode Single Moving Average untuk Peramalan Pejualan Mainan Anak. *Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknik Informatika*.
- Badan Pusat Statistik. 2024. *Data Ekspor Impor Nasional*. bps.go.id. Diakses: Desember 11, 2024, pada <https://www.bps.go.id/id/exim>
- Bank Indonesia. 2025, Juli. *Data Inflasi - Statistik*. Bank Indonesia. Diakses August 15, 2025, dari <https://www.bi.go.id/id/statistik/indikator/data-inflasi.aspx>
- Bank Indonesia. 2025. *Suku Bunga, Diskonto, Imbalan*. Bank Indonesia.
- Barus, I. Y. Q. 2024. *Prarancangan Pabrik Nitrometana dari Asam Nitrat dan Metana dengan Kapasitas 45.000 Ton/Tahun (Tugas Khusus: Reaktor)*. <https://rama.unimal.ac.id/id/eprint/4921/>
- Brownell, L. E., & Young, E. H. 1979. *Process Equipment Design: Vessel Design*. Wiley.
- Budiana, N. E. N. I., Dewajani, H., Chumaidi, A., Salsabila, A. R., J.A., A. R., & Sandifa, M. N. 2024. Seleksi Proses Dan Penentuan Lokasi Produksi Pada Prarancangan Pabrik Disproportionated Rosin Dari Gondorukem Grade Wg Dengan Kapasitas 3000 Ton/Tahun. Distilat. *Jurnal Teknologi Separasi*. <http://jurnal.polinema.ac.id/index.php/distilat/article/view/4949>
- Coulson, J. M. 2005. *Coulson & Richardson's chemical engineering. Vol. 6, Chemical engineering design*. Oxford : Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Faith, W. L., Keyes, D. B., & Clark, R. L. 1965. *Industrial Chemicals*. Wiley.
- Fernando, J. 2024, November 12. *Compound Annual Growth Rate (CAGR) Formula and Calculation*. Investopedia. Diakses 27 Agustus 2025, dari <https://www.investopedia.com/terms/c/cagr.asp>
- Fragen, N., & Handley, J. G. 1965. *Manufacture of benzoic acid from toluene* (U.S. Patent No. 3,210,416). U.S. Patent and Trademark Office. <https://patents.google.com/patent/US3210416A>
- Geankoplis, C. J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations*. PTR Prentice Hall.

- Gofur, A. A., & Widiyanti, U. D. 2013. Sistem Peramalan Untuk Pengadaan Material unit Injection di PT.XYZ. *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika (KOMPUTA)*, 2(2).
- Green, D. W., & Perry, R. H. 1998. *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (D. W. Green & R. H. Perry, Eds.). McGraw-Hill Professional Publishing.
- Hunan Hongrun Chemical Technology Co., Ltd. 2016. *Metode Untuk Memproduksi Asam Benzoat Dan Produk Sampingan Benzaldehida Secara Terus-Menerus Paten CN 105503567 A*. Kantor Kekayaan Intelektual Negara Republik Rakyat Tiongkok. <https://patents.google.com/patent/CN105503567A/en>
- Inardi, M. 2024. Prarancangan Pabrik Asam Benzoat Dari Toluena Dan Oksigen Dengan Proses Oksidasi Toluena Kapasitas 88.000 Ton/Tahun (TUGAS KHUSUS: REAKTOR). <https://rama.unimal.ac.id/id/eprint/1204/>
- Kementrian Hukum dan HAM. 1995. *Undang-undang (UU) Nomor 1 Tahun 1995 tentang Perseroan Terbatas*. Kemenkumham.
- Kementrian Kesehatan. 1992. *Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1992 tentang Kesehatan*. Kemenkes.
- Kementrian Tenaga Kerja dan Transmigrasi. 2022. *Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja*. Kementrian Tenaga Kerja.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill.
- Kirk, R. E., Othmer, D. F., Kroschwitz, J. I., & Howe-Grant, M. (Eds.). 2001. *Kirk- Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, Bearing Materials to Carbon (4th ed., Vol. 4). Wiley.
- Kledo. 2025. *Apa Itu CAGR? Ini Pengertian, Rumus, Kalkulator, dan Contohnya*. Kledo.com. Diakses Agustus 27, 2025, dari <https://kledo.com/blog/apa-itu-cagr>
- Krakatau International Port (PT Krakatau Bandar Samudera). (2023). *Annual Report*. Diakses 3 Maret 2025, dari <https://www.krakatauinternationalport.co.id/en/annual-report>
- Maricar, M. A. 2019. Analisa perbandingan nilai akurasi moving average dan exponential smoothing untuk sistem peramalan pendapatan pada perusahaan xyz. *Jurnal Sistem dan Informatika (JSI)*, 13(2), 36-45.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering*. McGraw-Hill.
- McKetta, J. J. 1970. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*. Marcel Dekker.

- Miftahul, J. 2024, March 27. Prarancangan Pabrik Asam Benzoat Dari Toluena Dan Oksigen Dengan Proses Oksidasi Toluena Dengan Kapasitas 88.000 Ton / Tahun (Tugas Khusus Distilasi). RAMA Universitas Malikussaleh. Diakses: November 26, 2024, pada <https://rama.unimal.ac.id/id/eprint/1791/>
- Muliadi, M. 2024. *Prarancangan Pabrik Asam Benzoat Dari Toluen Dan Oksigen Dari Udara Dengan Proses Oksidasi Toluen Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*. <https://rama.unimal.ac.id/id/eprint/2308/>
- Oktaviani, R., Midyanti, D. M., & Bahri, S. 2021. Implementasi Metode Regresi Linear Untuk Prediksi Kebutuhan Energi Listrik PLN Rayon Sintang Berbasis Website. *Jurnal Komputer dan Aplikasi*, 9, 119-130.
- Pangestu, B. S., & Aryanny, E. 2024. Analisis Alur Penerimaan, Permintaan dan Pengeluaran Bahan Kimia di Gudang Kimia PT. XYZ. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika* (JTMEI), 3(1). <https://ejurnal.politeknikpratama.ac.id/index.php/jtmei/article/view/3372>
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant design and economics for chemical engineers*. McGraw-Hill.
- PT Krakatau Sarana Properti. 2025. *Tentang kami*. Diakses 3 Maret 2025, dari <https://krakatau Properti.com/id>
- PT Krakatau Tirta Industri. 2025. *Profil perusahaan*. Diakses 3 Maret 2025, dari <https://www.krakautirta.co.id>
- Ramadania, R. 2018. Peramalan Harga beras Bulanan Ditingkat Penggilingan dengan Metode Weighted Moving Average. *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya* (Bimaster), 7(4), 329-334.
- Republik Indonesia. 2008. *Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2008 tentang Pajak Penghasilan*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 133. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Rivai'i dan Sagala. 2006. *Manajemen Sumber Daya Manusia Untuk Perusahaan Dari teori Praktik*. Jakarta:PT Rajagrafindo persada.
- Schoeters, A. 2017. *Loop oxidation of toluene to benzoic acid* (WO 2017/017524 A1). World Intellectual Property Organization. <https://patents.google.com/patent/WO2017017524A1/en>
- Selker & Schleicher, 1965, *Factors Affecting Which Phase Will Disperse When Immiscible Liquid are Stirred Together*, Can. J. Chem. Eng.

- Silvya, Z., Zakir, A., & Irwan, D. 2020. Penerapan Metode Weighted Moving Average Untuk Peramalan Persediaan Produk Farmasi. *JITEKH*, 8(2), 69-74.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., Abbott, M. M., & Swihart, M. T. 1997. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 6th Edition*. McGraw-Hill Education.
- Söderman, S. 1975. *Industrial Location Planning : An empirical investigation of company approaches to the problem of locating new plants*. Department of Business Administration. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:806953/FULLTEXT02.pdf>
- Spirax Sarco. 2025. Spirax Sarco | First for Steam Solutions. Diakses Juli 17, 2025, dari <https://www.spiraxsarco.com/>
- The Business Research Company. 2025. *Benzoic Acid Market Report 2025*. [thebusinessresearchcompany.com](https://www.thebusinessresearchcompany.com). Diakses: Januari 24, 2025, pada <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/benzoicacid-global-market-report#:~:text=Major%20companies%20operating%20in%20the,Ltd>.
- The Business Research Company. (2025). *Toluene Global Market Report 2025*. Diakses 27 Agustus 2025, dari <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/toluene-global-market-repor>
- Toya Arta Sejahtera. 2025. *Kebutuhan Air Bersih per Orang per Hari: Cara Menghitungnya*. Toya Water System. Diakses August 12, 2025, dari **Unexpected End of Formula** https://www.toyaarta.com/kebutuhan-air-bersih-per-orang-per-hari/?utm_source=chatgpt.com
- Ulrich, G. D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. Wiley.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. Elsevier Science & Technology Books.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamics, Environmental Transport, Safety & Health Related Properties for Organic & S*(C. L. Yaws, Ed.). McGraw-Hill Education.

