

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia pada saat ini mengalami peningkatan disegala bidang, terutama industri kimia yang diharapkan mampu bersaing dengan negara-negara maju lainnya. Salah satu industri kimia yang sedang meningkat adalah industri yang menggunakan asam benzoat baik dalam produk farmasi dan produk makanan. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut hingga saat ini Indonesia masih mengimpor asam benzoat dari berbagai negara karena pabrik asam benzoat belum ada di Indonesia (BPS, 2022).

Asam benzoat adalah senyawa kimia organik yang memiliki banyak manfaat di beberapa bidang industri kimia lainnya seperti industri makanan, farmasi, kosmetik, dan lain-lain. Industri-industri makanan dan minuman sangat membutuhkan asam benzoat dalam proses pengawetan. Sementara pada industri farmasi diperlukan sebagai bahan *intermediate* pembuatan obat-obatan, antiseptik, bahan pembuatan fenol, kaprolaktam, glikol benzoat, sodium dan potassium benzoat dan pada industri kosmetik digunakan sebagai *flavouring agent*. Industri semacam ini sangat banyak di Indonesia sehingga pembangunan pabrik asam benzoat memungkinkan untuk dilaksanakan agar tidak terfokus pada barang impor saja.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) mulai tahun 2014 sampai 2022 belum ada pendirian pabrik asam benzoat di Indonesia. Indonesia masih mengimpor asam benzoat dari negara Tiongkok. Tiongkok merupakan salah satu produsen utama asam benzoat di dunia dan Asia. Di Indonesia hanya ada pabrik distributor asam benzoat yaitu salah satunya PT. Gochem Globalindo yang beroperasi pada tahun 2007. Hal yang menyebabkan belum adanya pabrik asam benzoat di Indonesia adalah karena belum terlaksananya studi kelayakan tentang pendirian pabrik asam benzoat di Indonesia yang mampu menarik perhatian para investor domestik maupun asing.

Dengan melihat kenyataan tersebut, industri asam benzoat dinilai memiliki prospek yang cerah untuk masa mendatang karena permintaan asam benzoat di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Industri ini diperkirakan berpotensi menghasilkan keuntungan yang besar. Manfaat lain dari pendirian pabrik baru asam benzoat di Indonesia adalah jika ditinjau dari sektor sumber daya manusia akan menciptakan lapangan pekerjaan untuk masyarakat baik dari wilayah lokasi pendirian pabrik maupun luar daerah sehingga dapat memajukan kualitas dan kuantitas sumber daya manusia dalam negeri guna merealisasikan generasi emas ditahun mendatang. Selain itu, Indonesia juga dapat mengurangi ketergantungan terhadap produk luar negeri. Berdasarkan data dari UNData tahun 2020, di Benua Asia sendiri proyeksi kebutuhan asam benzoat mengalami peningkatan dari tahun ke tahun salah satunya adalah Negara Indonesia. Oleh karena itu perlunya pembangunan pabrik asam benzoat di Indonesia.

Produksi asam benzoat umumnya diproduksi dari reaksi toluena dengan oksigen pada kondisi operasi tertentu. Bahan baku toluena dapat diperoleh dengan mudah karena di Indonesia banyak diproduksi bahan tersebut. Mengacu pada kondisi tersebut, pendirian pabrik asam benzoat di dalam negeri menjadi sangat diperlukan. Manfaat didirikannya pabrik asam benzoat di Indonesia antara lain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri akan asam benzoat sehingga tidak perlu mengimpor dari negara lain.

1.2 Rumusan Masalah

Kebutuhan asam benzoat di Indonesia semakin meningkat melihat banyaknya penggunaan di berbagai bidang industri kimia lainnya. Sehingga peluang pasar asam benzoat masih luas dan dapat diperebutkan. Selain itu, dengan belum adanya pendirian pabrik asam benzoat di Indonesia membuat peluang yang sangat baik untuk memenuhi kebutuhan konsumen dalam negeri.

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

Tujuan dari prarancangan pabrik ini adalah:

1. Sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik kimia.

2. Untuk mengaplikasikan ilmu-ilmu teknik kimia yang telah dipelajari selama dibangku perkuliahan.
3. Memenuhi kebutuhan asam benzoat di Indonesia.

1.4 Manfaat Prarancangan Pabrik

Manfaat dari prarancangan ini adalah agar mahasiswa lebih memahami dan mampu merealisasikan ilmu yang didapat selama perkuliahan dalam bentuk perancangan pabrik asam benzoat dengan kapasitas dan hasil produksi yang lebih baik. Selain alasan tersebut pendirian pabrik asam benzoat juga memiliki manfaat sebagai berikut.

1. Memenuhi kebutuhan konsumen dalam negeri.
2. Mengurangi ketergantungan impor dari negara asing sehingga dapat menghemat devisa negara.
3. Sebagian hasil produk dapat di ekspor sehingga dapat menambah kas negara.

1.5 Batasan Masalah

Di dalam penyusunan dan penyelesaian tugas perancangan proses pabrik asam benzoat ini, penyusun hanya membatasi pada *flowsheet (steady state)* pabrik asam benzoat, pemasangan alat kontrol, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, analisa ekonomi, dan unit utilitas.

1.6 Pemilihan Proses Prarancangan Pabrik

Dalam pembuatan asam benzoat ada 3 macam proses yang telah dikembangkan, proses tersebut menggunakan bahan baku yang berbeda, yaitu (Mc Ketta, 1977):

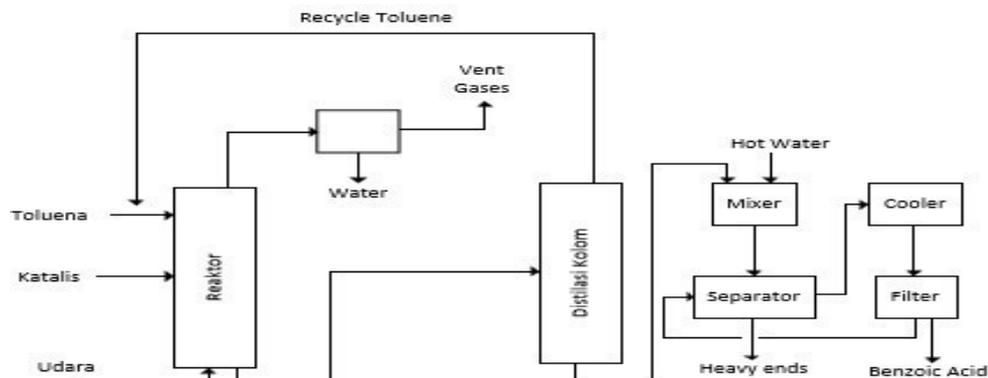
1.6.1 Proses Oksidasi Toluena

Oksidasi fase cair dan gas yang kontinyu dari toluena dan oksigen dengan adanya katalis *cobalt naphthenate* menghasilkan asam benzoat air. Toluena, katalis *cobalt naphthenate*, dan oksigen dialirkan ke dalam reaktor dengan kondisi operasi 160°C untuk temperatur dan 5 atm untuk tekanan. Untuk menjaga suhu agar tetap

konstan, reaktor dilengkapi koil atau jaket pendingin. Reaksi pembentukan asam benzoat dengan proses oksidasi toluena ditunjukkan pada Persamaan 1.1.



Hasil keluaran bawah reaktor dialirkan menuju kolom distilasi untuk dilakukan pemisahan bahan baku yang tidak bereaksi dengan sempurna dan produk. *Top column* menghasilkan toluena yang di *recycle* untuk dimanfaatkan kembali sebagai *inlet* reaktor, sedangkan *bottom column* dialirkan menuju *mixer* dengan menambahkan *hot water* terlebih dahulu untuk melarutkan asam benzoat. Lapisan yang kaya akan asam benzoat didinginkan setelah dialirkan ke separator untuk mendapatkan endapan kristal asam benzoat. Endapan tersebut kemudian dikeringkan kembali untuk memperoleh kristal asam benzoat dengan kemurnian tinggi. Proses oksidasi toluena menghasilkan konversi sebesar 90%. Adapun Flowsheet dasar untuk proses Oksidasi Toluena ditunjukkan pada Gambar 1.1 (Ullman, 2005).



Gambar 1.1 Flowsheet Dasar Proses Oksidasi Toluena

a. Uji Ekonomi Awal Proses Oksidasi Toluena

Uji ekonomi awal untuk proses oksidasi toluena ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Uji Ekonomi Awal Proses Oksidasi Toluena

Bahan baku yang digunakan	Berat Molekul (g/mol)	Harga (Rp/Kg)
Bahan Baku:		
1. Toluena	92,14	4.969
2. Oksigen	16	0
Produk:		
1. Asam Benzoat	122,12	41.444

Berdasarkan data diatas, maka dihitung perhitungan ekonomi (PE) awal sebagai berikut.

Rx:

PE = Biaya Produk – Biaya Bahan Baku

PE = [(BM Asam Benzoat x Harga)] – [(BM Toluena x Harga) + (BM Oksigen x Harga)]

PE = [(122,22 x Rp. 41.444)] – [(92,14 x Rp. 4.969) + (16 x 0)]

PE = [Rp. 5.065.285] – [Rp. 457.843 + Rp. 0]

PE = (Rp. 5.065.285 – Rp. 457.843)

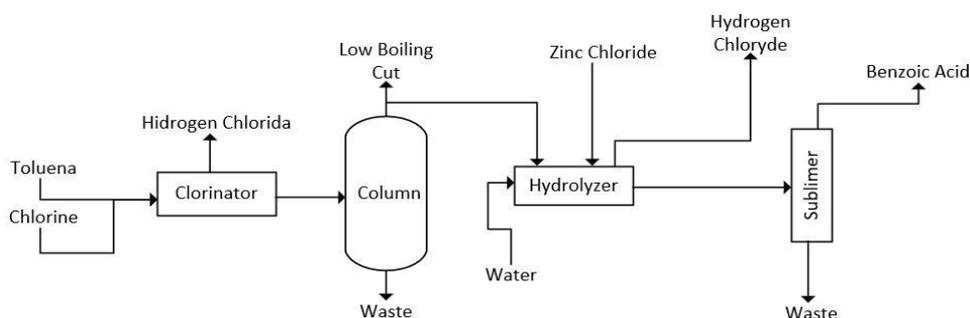
PE = Rp. 4.607.442

1.6.2 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 benzotriklorida. 5 atm untuk tekanannya, dan 80% untuk konversinya. Alkali dalam jumlah kecil dapat ditambahkan pada hasil reaksi untuk menetralkan sisa *hydrogen chloride*. *Hydrogen chloride* yang terbentuk selama proses reaksi dialirkan ke *scrubber*, dengan media penyerap berupa air untuk *mehydrochloric acid*. Reaksi yang terjadi ditunjukkan pada Persamaan 1.2 dan 1.3.



Benzotriklorida yang telah di purifikasi kemudian dialirkan menuju reaktor hidrolisa untuk direaksikan dengan air dengan suhu reaksi 110-115°C. Produk yang dihasilkan berupa air pada lapisan atas dan asam benzoat pada lapisan bawah. Asam benzoat pada lapisan bawah ini kemudian dipurifikasi dengan metode kristalisasi untuk mendapatkan asam benzoat dengan kemurnian tinggi (*food grade*). Adapun *flowsheet* dasar pada proses Hidrolisis *Benzotrichloride* dapat dilihat pada Gambar 1.2 (Ullman, 2005).



Gambar 1.2 Flowsheet Dasar Proses Hidrolisis *Benzotrichloride*

a. Uji Ekonomi Awal Proses Hidrolisis *Benzotrichloride*

Uji ekonomi awal untuk proses hidrolisis *benzotrichloride* ditunjukkan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Uji Ekonomi Awal Proses Hidrolisis *Benzotrichloride*

Bahan baku yang digunakan	Berat Molekul (g/mol)	Harga (Rp/Kg)
Bahan Baku:		
1. Toluena	92,14	4.969
2. Oksigen	16	0
3. Klorin	35,43	31.000
Produk:		
1. Asam Benzoat	122,2	41.444
2. Asam Klorida	36.46	16.000

Berdasarkan data diatas, maka dihitung perhitungan ekonomi (PE) awal sebagai berikut.

Rx:

$$PE = \text{Biaya Produk} - \text{Biaya Bahan Baku}$$

$$PE = [(\text{BM Asam Benzoat} \times \text{Harga}) + (\text{BM Asam Klorida} \times \text{Harga})] - [(\text{BM Toluena} \times \text{Harga}) + (\text{BM Oksigen} \times \text{Harga}) + (\text{BM Klorin} \times \text{Harga})]$$

$$PE = [(122,22 \times \text{Rp. } 41.444) + (36.46 \times \text{Rp. } 16.000)] - (92,14 \times \text{Rp. } 4.969) + (16 \times 0) + (35,43 \times 31.000)]$$

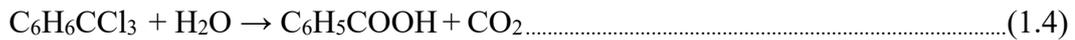
$$PE = [\text{Rp. } 5.065.285 + \text{Rp. } 583.360] - [\text{Rp. } 457.843 + \text{Rp. } 0 + 1.098.330]$$

$$PE = (\text{Rp. } 5.648.645 - \text{Rp. } 1.556.173)$$

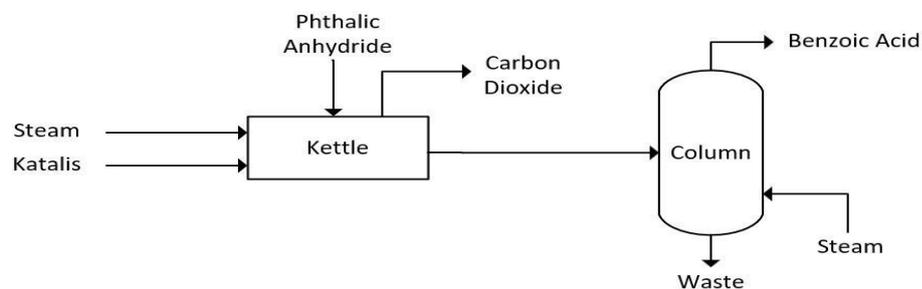
$$PE = \text{Rp. } 4.092.472$$

1.6.3 Proses Dekarboksilasi *Phthalic Anhydride*

Dalam proses ini *phthalic anhydride* mengalami dekarboksilasi setelah direaksikan dengan *steam* dalam suatu ketel tertutup. Untuk reaksinya ditunjukkan pada Persamaan 1.4.



Agar reaksi berjalan sempurna, maka ditambahkan katalis 2-6 % dari berat *phthalic anhydride* yang masuk kedalam reaktor. Katalis yang digunakan adalah kromium dan disodium phthalates dalam jumlah yang hampir sama. Mula-mula mencampur *phthalic anhydride* dan katalis dalam reaktor dengan suhu 150-200°C, kemudian *steam* dimasukkan ke dalam reaktor, 3 atm untuk tekanannya, dan 80-85% untuk konversinya. Reaksi ini berlangsung sampai campuran mengandung kurang dari 5% *phthalic acid*. Kemudian asam benzoat dipisahkan dari campuran hasil reaksi dengan distilasi. Asam benzoat yang telah di distilasi kemudian dimurnikan untuk menghilangkan *impurities* dengan cara sublimasi. Adapun *flowsheet* dasar pada proses Dekarboksilasi *Phthalic Anhydride* dapat dilihat pada Gambar 1.3 (Ullman, 2005).



Gambar 1.3 *Flowsheet* Dasar Proses Dekarboksilasi *Phthalic Anhydride*

a. Uji Ekonomi Awal Proses Dekarboksilasi *Phthalic Anhydride*

Uji ekonomi awal untuk proses dekarboksilasi *phthalic anhydride* ditunjukkan pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Uji Ekonomi Awal Proses Dekarboksilasi *Phthalic Anhydride*

Bahan baku yang digunakan	Berat Molekul (g/mol)	Harga (Rp/Kg)
Bahan Baku:		
1. <i>Phthalic Anhydride</i>	148,12	12.000
2. Air	18	0

Produk:		
1. Asam Benzoat	122,2	41.444

Berdasarkan data diatas, maka dihitung perhitungan ekonomi (PE) awal sebagai berikut.

Rx:

PE = Biaya Produk – Biaya Bahan Baku

$$PE = [(BM \text{ Asam Benzoat} \times \text{Harga})] - [(Phtalic \text{ Anhydride} \times \text{Harga}) + (BM \text{ Air} \times \text{Harga})]$$

$$PE = [(122,22 \times Rp. 41.444)] - [(148,12 \times Rp. 12.000) + (18 \times 0)]$$

$$PE = [Rp. 5.065.285] - [Rp. 1.777.440 + Rp. 0]$$

$$PE = (Rp. 5.648.645 - Rp. 1.777.440)$$

$$PE = Rp. 3.871.205$$

Dari 3 macam proses pembuatan Asam Benzoat diatas, dapat dilakukan perbandingan seperti ditunjukkan apada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Perbandingan Macam-Macam Proses Pembuatan Asam Benzoat

Parameter	Proses Oksidasi Toluena	Proses Hidrolisis Benzotrichloride	Proses <i>Phtalic Anhydride</i>
Bahan Baku	Toluena	Toluena	<i>Phtalic Anhydride</i>
Suhu	160°C	100-150 °C	>200 °C
Tekanan	5 atm	5 atm	3 atm
Konversi	90%	80%	80-85%
Hasil Samping	H ₂ O	HCl	H ₂ O
Katalis	Katalis <i>Cobalt Napthenate</i> adalah katalis yang ekonomis dan dapat meningkatkan konversi yang tinggi	Katalis ZnCl ₂ adalah katalis yang ekonomis namun bersifat korosif	Katalis Sodium Dikromat memiliki biaya yang cukup mahal dan bersifat racun serta karsinogen

Proses	Lebih sederhana karena bahan baku gratis didapat dari alam dan hasil konversi produk tinggi	Bersifat korosif karena menghasilkan HCl dan penggunaan energi besar	Memerlukan katalis dalam jumlah yang besar agar reaksi berjalan sempurna dan hasil efisiensi asam benzoat rendah
PE	Rp. 4.607.442	Rp. 4.092.472	Rp. 3.871.205

Dengan melihat perbandingan ketiga proses diatas, maka pada Prarancangan Pabrik Asam Benzoat ini dipilih proses Oksidasi Toluena dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Proses lebih sederhana dibandingkan dengan proses lainnya, karena berjalan pada tekanan dan suhu tidak terlalu tinggi dan bahan baku yang ekonomis.
2. Konversi produk yang tinggi yakni sebesar 90%.
3. Dari segi penjualan lebih menguntungkan daripada proses lainnya.
4. Kondisi suhu yang dioperasikan tidak terlalu tinggi.
5. Penggunaan katalis yang ekonomis dan menghasilkan konversi yang tinggi.

1.7 Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik

Kapasitas produksi dapat diartikan sebagai jumlah produk maksimal yang dapat diproduksi dalam tiap tahun. Kapasitas perancangan pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan produksi dan ekonomis. Semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas juga dipertimbangkan faktor lainnya. Hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan kapasitas perancangan pabrik yaitu data kebutuhan konsumen asam benzoat di Indonesia, kapasitas minimal pabrik yang telah beroperasi, dan ketersediaan bahan bakunya. Data tersebut akan diuraikan sebagai berikut.

1.7.1 Kebutuhan Asam Benzoat di Indonesia

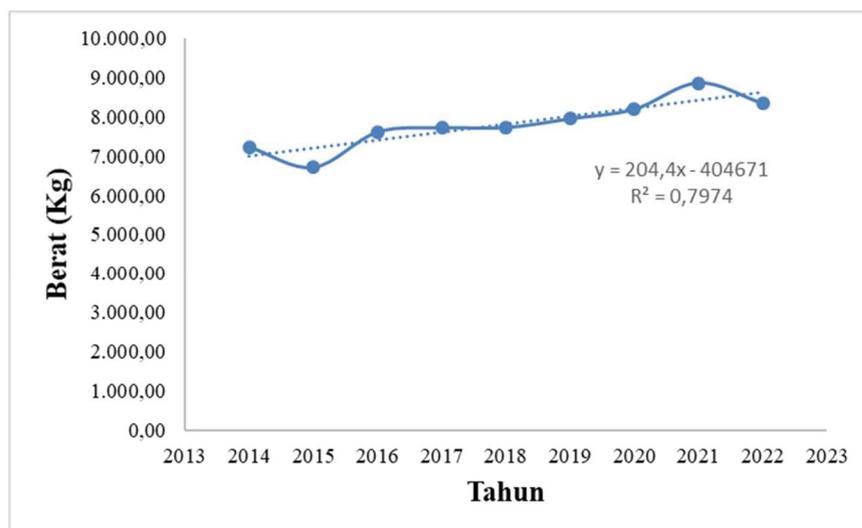
Untuk memenuhi kebutuhan asam benzoat, Indonesia masih harus mengimpor asam benzoat dari negara lain. Data impor yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) mengenai asam benzoat pada tahun 2014-2022 dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Data Impor Asam Benzoat tahun 2014-2022 di Indonesia

No.	Tahun	Berat (Ton)
1.	2014	7.232,787
2.	2015	6.709,442
3.	2016	7.608,967
4.	2017	7.716,635
5.	2018	7.721,382
6.	2019	7.947,195
7.	2020	8.188,066
8.	2021	8.859,137
9.	2022	8.339,368

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2022).

Berdasarkan tabel diatas, jika ditampilkan melalui grafik data impor asam benzoat tahun 2014-2022 di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Grafik Data Impor Asam Benzoat di Indonesia

Dari persamaan $y = 204,4x - 404671$ dan nilai korelasi (R^2) = 0,7974, besarnya kebutuhan asam benzoat di Indonesia untuk tahun 2027 adalah sebesar 9.418,29 ton.

Berdasarkan Tabel 1.5 dan Gambar 1.4 didapatkan hasil data ekstrapolasi impor asam benzoat di Indonesia melalui Tabel 1.6.

Tabel 1.6 Data Ekstrapolasi Impor Asam Benzoat di Indonesia

No.	Tahun	Berat (Ton)
1.	2023	8.660,68
2.	2024	8.850,08
3.	2025	9.039,48
4.	2026	9.228,89
5.	2027	9.418,29

1.7.2 Kebutuhan Asam Benzoat di Luar Negeri

Untuk menghitung kapasitas luar negeri dari negara-negara yang menjadi target ekspor asam benzoat (Turki, Thailand, Korea Selatan, Jepang, Rusia, dan India) dapat dilakukan dengan cara esktrapolasi. Berikut adalah kebutuhan asam benzoat di negara-negara tersebut.

A. Turki

Kebutuhan asam benzoat di Turki dapat dilihat pada Tabel 1.7.

Tabel 1.7 Data Impor Asam Benzoat di Turki

No.	Tahun	Berat (Ton)
1.	2018	6.837,914
2.	2019	7.089,023
3.	2020	7.489,277
4.	2021	7.789,092
5.	2022	8.114,773
6.	2023	8.440,454

7.	2024	8.766,135
8.	2025	9.091,816
9.	2026	9.417,497
10.	2027	9.743,178

(Sumber: UNData, 2020)

Dari tabel 1.7, kebutuhan asam benzoat di Turki pada tahun 2027 adalah 9.743,178 ton/tahun. Target ekspor dari hasil produk asam benzoat untuk memenuhi kebutuhan asam benzoat di Turki adalah 6.500 ton/tahun atau 13% dari hasil produk asam benzoat. Maka kebutuhan asam benzoat di Turki pada tahun 2027 akan terpenuhi sebesar 67%.

B. Thailand

Kebutuhan asam benzoat di Thailand dapat dilihat pada Tabel 1.8.

Tabel 1.8 Data Impor Asam Benzoat di Thailand

No.	Tahun	Berat (Ton)
1.	2018	7.092,830
2.	2019	7.583,465
3.	2020	7.799,686
4.	2021	8.198,850
5.	2022	8.552,278
6.	2023	8.905,706
7.	2024	9.259,134
8.	2025	9.612,562
9.	2026	9.965,990
10.	2027	10.319,418

(Sumber: UNData, 2020)

Dari tabel 1.8, kebutuhan asam benzoat di Thailand pada tahun 2027 adalah 10.319,418 ton/tahun. Target ekspor dari hasil produk asam benzoat untuk memenuhi kebutuhan asam benzoat di Thailand adalah 6.500 ton/tahun atau 13% dari hasil produk asam benzoat. Maka kebutuhan asam benzoat di Thailand pada tahun 2027 akan terpenuhi sebesar 62%.

C. Korea Selatan

Kebutuhan asam benzoat di Korea Selatan dapat dilihat pada Tabel 1.9.

Tabel 1.9 Data Impor Asam Benzoat di Korea Selatan

No.	Tahun	Berat (Ton)
1.	2018	4.830,714
2.	2019	5.227,724
3.	2020	6.149,866
4.	2021	6.721,920
5.	2022	7.381,496
6.	2023	8.041,072
7.	2024	8.700,648
8.	2025	9.360,224
9.	2026	10.019,800
10.	2027	10.679,376

(Sumber: UNData, 2020)

Dari tabel 1.9, kebutuhan asam benzoat di Korea Selatan pada tahun 2027 adalah 10.679,376 ton/tahun. Target ekspor dari hasil produk asam benzoat untuk memenuhi kebutuhan asam benzoat di Korea Selatan adalah 6.500 ton/tahun atau 13% dari hasil produk asam benzoat. Maka kebutuhan asam benzoat di Korea Selatan pada tahun 2027 akan terpenuhi sebesar 60%.

D. Jepang

Kebutuhan asam benzoat di Jepang dapat dilihat pada Tabel 1.10.

Tabel 1.10 Data Impor Asam Benzoat di Jepang

No.	Tahun	Berat (Ton)
1.	2018	6.013,982
2.	2019	6.448,538
3.	2020	7.110,037
4.	2021	7.619,232
5.	2022	8.167,259
6.	2023	8.715,286

7.	2024	9.263,313
8.	2025	9.811,340
9.	2026	10.359,367
10.	2027	10.907,394

(Sumber: UNData, 2020)

Dari tabel 1.10, kebutuhan asam benzoat di Jepang pada tahun 2027 adalah 10.907,394 ton/tahun. Target ekspor dari hasil produk asam benzoat untuk memenuhi kebutuhan asam benzoat di Jepang adalah 6.500 ton/tahun atau 13% dari hasil produk asam benzoat. Maka kebutuhan asam benzoat di Turki pada tahun 2027 akan terpenuhi sebesar 67%.

E. Rusia

Kebutuhan asam benzoat di Rusia dapat dilihat pada Tabel 1.11.

Tabel 1.11 Data Impor Asam Benzoat di Rusia

No.	Tahun	Berat (Ton)
1.	2018	6.133,040
2.	2019	6.550,061
3.	2020	7.383,764
4.	2021	7.939,679
5.	2022	8.565,041
6.	2023	9.190,403
7.	2024	9.815,765
8.	2025	10.441,127
9.	2026	11.066,489
10.	2027	11.691,851

(Sumber: UNData, 2020)

Dari tabel 1.11, kebutuhan asam benzoat di Rusia pada tahun 2027 adalah 11.691,851 ton/tahun. Target ekspor dari hasil produk asam benzoat untuk memenuhi kebutuhan asam benzoat di Rusia adalah 6.500 ton/tahun atau 13% dari hasil produk asam benzoat. Maka kebutuhan asam benzoat di Rusia pada tahun 2027 akan terpenuhi sebesar 55%.

F. India

Kebutuhan asam benzoat di India dapat dilihat pada Tabel 1.12.

Tabel 1.12 Data Impor Asam Benzoat di India

No.	Tahun	Berat (Ton)
1.	2018	11.327,106
2.	2019	12.622,771
3.	2020	13.981,562
4.	2021	15.298,269
5.	2022	16.625,497
6.	2023	17.952,725
7.	2024	19.279,953
8.	2025	20.607,181
9.	2026	21.934,409
10.	2027	23.261,637

(Sumber: UNData, 2020)

Dari tabel 1.12, kebutuhan asam benzoat di India pada tahun 2027 adalah 23.261,637 ton/tahun. Target ekspor dari hasil produk asam benzoat untuk memenuhi kebutuhan asam benzoat di India adalah 6.500 ton/tahun atau 13% dari hasil produk asam benzoat. Maka kebutuhan asam benzoat di India pada tahun 2027 akan terpenuhi sebesar 28%.

1.7.3 Ketersediaan Bahan Baku

Pembuatan produk asam benzoat diperlukan bahan baku yaitu antara lain toluena dan oksigen. Untuk toluena diperoleh dari PT. Trans Pacific Petrochemical Indotama yang berada di kawasan industri Tuban, Jawa Timur dan untuk oksigen diperoleh dari PT. Samator Indo Gas Tbk yang berada di Surabaya, Jawa Timur. Berdasarkan data yang diperoleh dari Kementerian Perindustrian (2014), terdapat beberapa perusahaan yang memproduksi toluena di dalam negeri seperti yang terdapat pada Tabel 1.13.

Tabel 1.13 Produksi Toluena di Indonesia

No.	Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	PT. Trans Pasific Petrochemical Indotama	Tuban, Jawa Timur	100.000
2.	PT. Pertamina RU IV	Cilacap, Jawa Tengah	12.000

(Kementerian Perindustrian, 2014)

Selain produksi di dalam negeri, menurut data yang diperoleh di Kementerian Perindustrian (2014) terdapat juga produsen toluena di luar negeri khususnya di negara tetangga seperti yang terdapat pada Tabel 1.14.

Tabel 1.14 Produksi Toluena di Luar Negeri

No.	Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	PT. Titan Petrochemical	Malaysia	775.000
2.	Petrochemical Cooperation	Singapore	195.000

(Kementerian Perindustrian, 2014)

1.7.4 Kapasitas Minimal (Skala Komersial)

Kapasitas perancangan pabrik asam benzoat yang akan dibuat juga harus mengacu pada pabrik yang telah beroperasi. Dikarenakan di Indonesia belum ada didirikannya pabrik asam benzoat, maka kapasitas standar pabrik yang akan dibuat dapat berpatokan pada pabrik yang ada di luar negeri. Data produksi pabrik asam benzoat di dunia dapat dilihat pada Tabel 1.15.

Tabel 1.15 Data Produksi Pabrik Asam Benzoat di Dunia

No.	Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	Chemcrux Enterprises Limited	Gujarat, India	120.000
2.	Noveon Kalama Chemical	Kalama, Washington DC	95.000

3.	Tianjin Dongda Chemical	Tianjin, China	90.000
----	-------------------------	----------------	--------

(Kirk & Othmer, 1998).

Dari pertimbangan di atas, seperti kebutuhan asam benzoat di Indonesia, data ekstrapolasi, ketersediaan bahan baku dan produksi asam benzoat di luar negeri, pemilihan kapasitas produksi yang diambil adalah berdasarkan kapasitas minimal skala komersial pabrik yang telah berdiri, yaitu pabrik Tianjin Dongda Chemical dengan kapasitas 90.000 ton/tahun, maka kapasitas produksi pabrik asam benzoat yang akan didirikan di Indonesia pada tahun 2027 mendatang adalah 88.000 ton/tahun. Maka dari itu dengan adanya perancangan pabrik asam benzoat ini dengan kapasitas 88.000 ton/tahun diharapkan:

- a. Dapat memenuhi kebutuhan asam benzoat di Indonesia sehingga mengurangi impor dari luar negeri hingga 90%.
- b. Memberikan kesempatan pada industri-industri yang menggunakan bahan asam benzoat untuk mengembangkan produksinya dan memperoleh bahan baku dengan mudah tanpa harus mengimpor.
- c. Membuka lapangan pekerjaan untuk masyarakat sekitar sehingga dapat mengurangi angka pengangguran di Indonesia.
- d. Meningkatkan pendapatan negara dari sektor industri dengan mengekspor sisa produksi asam benzoat ke Luar Negeri, serta menghemat devisa negara.
- e. Meningkatkan sumber daya manusia melalui proses alih teknologi dan meningkatkan minat investor untuk menanamkan modalnya pada produksi asam benzoat yang menjanjikan keuntungan yang cukup besar.

1.8 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi dan tata letak pabrik merupakan salah satu tahapan yang penting dalam kegiatan perancangan pabrik. Kegiatan ini bertujuan untuk mengoptimalkan hubungan antara unsur-unsur pelaksana, aliran barang, informasi, dan tata cara yang diperlukan untuk mencapai kegiatan usaha secara ekonomis dan efisien. Lokasi pabrik dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan maupun penentuan kelangsungan usahanya. Penentuan lokasi pabrik yang tepat, ekonomis dan menguntungkan tidak semudah yang

diperkirakan. Lokasi yang dipilih harus dapat memberikan keuntungan untuk jangka panjang dan dapat memberikan kemungkinan untuk memperluas dan memperbesar pabrik. Lokasi pabrik yang baik akan menentukan hal-hal sebagai berikut:

- Kemampuan melayani konsumen dan langganan yang memuaskan
- Kemudahan untuk mendapatkan tenaga kerja yang diperlukan oleh pabrik
- Kemampuan untuk mendapatkan bahan baku yang cukup, berkesinambungan dan harganya sampai di tempat rendah
- Kemungkinan untuk perluasan pabrik di masa yang akan datang, Ditinjau dari segi keuntungan yang dicapai maupun areal tanah pabrik

Dalam menentukan lokasi pabrik ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan (Coulson & Young, 1983) yaitu:

1.8.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama yaitu toluena yang berasal dari PT Trans Pasific Petrochemical Indotama yang berlokasi di Tuban, Jawa Timur. Oksigen yang berasal dari PT. Samator Indo Gas Tbk yang berlokasi di Surabaya, Jawa Timur. Sehingga rencana lokasi pendirian pabrik asam benzoat ini akan didirikan di Tuban, Jawa Timur.

1.8.2 Wilayah Pemasaran

Pabrik asam benzoat akan dipasarkan didalam negeri salah satunya di pabrik-pabrik makanan yang ada disekitar Tuban, Surabaya, Gresik dan beberapa daerah lainnya. Jawa Timur sebagai salah satu pusat industri dengan transportasi yang memadai cukup strategis bagi arus lalu lintas baik untuk kebutuhan domestik maupun untuk ekspor maka pabrik ini didirikan dekat dengan daerah pemasaran. Selain itu produk asam benzoat juga akan diekspor ke beberapa negara diantaranya China, India, Jepang, dan Thailand.

1.8.3 Fasilitas Transportasi

Daerah Tuban dekat dengan pelabuhan sehingga memadai untuk keperluan transportasi impor maupun ekspor lewat jalur laut. Selain itu, akses jalan raya dan

tol juga memadai untuk memudahkan pengangkutan bahan baku dan produk lewat jalan darat.

1.8.4 Ketersediaan Tenaga Kerja

Karena perencanaan pendirian pabrik ini letaknya dekat dengan daerah yang sedang mengembangkan industrinya maka penyediaan tenaga kerja (*Skilled* maupun *Unskilled Labour*) dapat terpenuhi.

1.8.5 Ketersediaan Utilitas

a. Air

Untuk memenuhi kebutuhan air produksi sehari-hari diambil air sungai Bengawan Solo yang melintasi daerah pabrik asam benzoat ini. Air sungai diolah terlebih dahulu pada unit utilitas untuk menghasilkan air yang berkualitas sesuai dengan ketentuan.

b. Listrik dan Bahan Bakar

Sumber listrik diperoleh dari PLN. Walaupun demikian tenaga *generator* sangat diperlukan sebagai cadangan yang harus siap bila setiap saat diperlukan karena listrik PLN tidak akan selamanya berfungsi dengan baik yang disebabkan pemeliharaan atau perbaikan jaringan listrik. Bahan bakar digunakan untuk menggerakkan *generator* atau alat yang menghasilkan panas.

1.8.6 Keadaan Geografis dan Masyarakat

Keadaan geografis dan masyarakat sangat mendukung iklim industri dalam menciptakan kenyamanan dan ketentraman dalam bekerja. Hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- Kesiapan masyarakat setempat untuk berubah menjadi masyarakat industri.
- Keadaan geografis yang menyulitkan konstruksi peralatan.
- Spesifikasi gempa bumi, banjir, angin topan, dan lain-lain.
- Kondisi tanah tempat pabrik berdiri yang dapat menyulitkan pemasangan konstruksi bangunan atau peralatan proses.
- Kemungkinan untuk perluasan dimasa yang akan datang.

1.8.7 Pembuangan dan Penanganan Limbah

Hal ini merupakan persoalan penting karena pabrik diharuskan tidak membuang sisa-sisa yang membahayakan kesehatan ke lingkungan. Sisa-sisa buangan sebelum dibuang diolah dulu di unit pengolahan limbah dan buangan yang tidak berbahaya dan tidak terpakai tersebut dialirkan ke sungai yang letaknya dekat pabrik.

1.8.8 Undang-Undang dan Peraturan-Peraturan

Faktor perundang-undangan setempat tidak merupakan persoalan karena letak pabrik ini di daerah yang memang telah disediakan oleh pemerintah daerah setempat khusus untuk pembangunan industri. Hal-hal yang perlu ditinjau:

- Ketentuan-ketentuan mengenai daerah tersebut
- ketentuan mengenai jalan umum yang ada
- Ketentuan mengenai jalan umum bagi industri didaerah tersebut
- Peraturan perundang-undangan dari pemerintah dan daerah setempat

Berdasarkan pertimbangan diatas, maka lokasi yang digunakan untuk mendirikan Pabrik Asam Benzoat Kapasitas 88.000 Ton/Tahun berada di daerah Tuban, Jawa Timur yang ditunjukkan pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Lokasi Pabrik Asam Benzoat dengan Proses Oksidasi Toluena Kapasitas 88.000 Ton/Tahun

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Asam Benzoat

Nama asam benzoat berasal dari *gum benzoin*, sebuah jenis balsam yang didapatkan dari sebuah tanaman di Asia bagian Selatan yang bernama *styrax*. Ekstraksi dari asam benzoat pertama kali dilakukan oleh Scheele pada tahun 1775 (Ulmann, 2003). Asam benzoat pertama kali ditemukan pada tahun 1618 oleh seorang ilmuwan fisika yang berasal dari Perancis, dan struktur asam benzoat ditemukan oleh Wohler dan Liebig pada tahun 1832 dan oleh Mitscherlich pada tahun 1834. Asam benzoat pertama kali digunakan secara luas di abad ke-19 untuk bahan obat-obatan dan pada saat itu asam benzoat didapatkan dari *gum benzoin*. Pada tahun 1890 asam benzoat di produksi dengan cara hidrolisis benzotriklorida. Berbagai macam proses seperti oksidasi asam nitrat dari toluen atau dekarboksilasi dari *phthalic acid* digunakan sampai pada tahun 1930 ketika dekarboksilasi dari *phthalic acid* dengan *phthalic* anhidrat menjadi proses yang paling banyak digunakan untuk komersial. Selama perang dunia ke II, proses oksidasi toluen menjadi proses yang penting di Jerman. Di Amerika Serikat, proses *phthalic* anhidrat telah sepenuhnya dihapus dan semua produksi asam benzoat dilakukan dengan proses fase liquid oksidasi toluen. Beberapa pabrik mampu memproduksi asam benzoat dengan proses hidrolisis benzotriklorida, tetapi proses ini sekarang lebih banyak digunakan untuk memproduksi benzoil klorida (Kirk & Othmer, 1998).

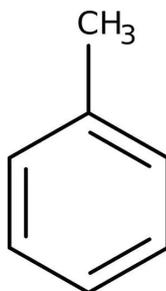
Pada tahun 1875, Salkowski menemukan bahwa asam benzoat memiliki aktivitas anti jamur. Asam benzoat (C_6H_5COOH) adalah padatan kristal berwarna putih dan merupakan asam karboksilat aromatik yang paling sederhana. Nama asam ini berasal dari *gum benzoin* (getah kemenyan), yang dahulu merupakan satu-satunya sumber asam benzoat. Asam lemah ini beserta garam turunannya digunakan sebagai pengawet makanan. Asam benzoat adalah prekursor yang penting dalam sintesis banyak bahan-bahan kimia lainnya. Untuk semua metode

sintesis, asam benzoat dapat dimurnikan dengan rekristalisasi dari air, karena asam benzoat larut dengan baik dalam air panas namun buruk dalam air dingin.

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

2.2.1 Toluena

Toluena ($C_6H_5CH_3$) merupakan cairan folatil non korosif yang memiliki bau aromatik (Pratamasari, Soebijanto, & Setyopranoto, 2015). Bahan kimia yang ada di industri percetakan salah satunya adalah toluena. Toluena dapat ditemui dalam bentuk cair dan digunakan sebagai bahan baku TNT, pelarut, pewarna, cat, pembuat resin, bahan parfum, pembuat plasticizer dan obat-obatan (Warsito, 2007). Toluena secara umum diproduksi bersama dengan *benzene*, *xylene*, dan senyawa aromatik C_9 dengan pembentukan katalitik dari nafta. Hasil pembentukan kasar ini diekstraksi, kebanyakan terjadi dengan sulfolane atau tetraetilena glikol dan zat terlarut, ke dalam sumur campuran dari *benzene*, toluena, *xylene* dan senyawa C_9 -aromatik dimana dipisahkan dengan cara fraksinasi (Kirk & Othmer, 1998). Adapun gambar dari struktur toluena ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Senyawa Toluena

2.2.2 Oksigen

Merupakan unsur kimia yang digunakan sebagai oksidator pada reaksi pembentukan asam benzoat dengan reaktan adalah toluena. Oksigen terdapat dalam bentuk molekul diatomik yang diskrit. Secara industri, oksigen didapatkan dengan cara penyulingan udara cair. Udara bebas memiliki komposisi oksigen sebesar 21% dan sekitar 79% merupakan nitrogen. Meskipun berbagai macam

cara untuk mendapatkan oksigen terlarut, diantaranya adalah dengan proses elektrolisis, penguraian suatu peroksida, penguraian panas oksida logam, penguraian panas garam – garam yang mengandung anion kaya oksigen.

2.2.3 Cobalt Napthenate

Kobalt (II) naftenat adalah senyawa kimia kobalt. Ini digunakan terutama sebagai bahan pengering minyak. Cobalt adalah unsur logam dengan nomor atom 27. Kobalt ditemukan secara alami di batuan, tanah, air, tumbuhan, dan hewan. Dalam jumlah kecil, kobalt merupakan elemen penting bagi kehidupan, karena merupakan bagian dari vitamin B12. Namun, paparan berlebihan diketahui menunjukkan efek toksik. *Cobalt Naphtenate* merupakan katalis yang paling umum digunakan dalam proses pembentukan asam benzoat dengan proses oksidasi toluena.

2.3 Spesifikasi Produk

2.3.1 Asam Benzoat

Asam benzoat, $C_7H_6O_2$ (atau C_6H_5COOH), adalah padatan kristal berwarna putih dan adalah asam karboksilat aromatik yang paling sederhana. Nama asam ini berasal dari gum benzoin (getah kemenyan), yang dahulu adalah satu-satunya sumber asam benzoat. Asam lemah ini beserta garam turunannya dipakai sebagai pengawet makanan. Asam benzoat adalah prekursor yang penting dalam sintesis banyak bahan-bahan kimia lainnya.

2.3.2 Air

Air mempunyai rumus kimia H_2O , yang berarti satu molekul air terdiri dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen. Sering digunakan sebagai pelarut. Air merupakan senyawa kimia yang paling aman dan paling dibutuhkan seluruh makhluk hidup karena tanpa air, makhluk hidup tidak akan dapat bertahan hidup. Ilmu yang mempelajari tentang kandungan, sifat-sifat, proses penyebaran, dan kebiasaan alami air dikenal dengan hidrologi. Hidrologi merupakan induk ilmu untuk percabangan teknik sipil, dan hidrologi mempelajari masalah persediaan air dan penyaluran kotoran, sistem pengaliran air dan irigasi, peraturan navigasi dan sungai, dan pengendalian banjir dan tenaga air.

2.4 Sifat-Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku dan Produk

Proses pembuatan asam benzoat menggunakan bahan baku yaitu toluena dan oksigen. Pada pabrik ini akan menggunakan proses Oksidasi Toluena. Berikut ini adalah spesifikasi bahan baku dan produk.

2.4.1 Bahan Baku

1. Toluena

A. Sifat Fisika

- Massa Molar : 92,14 gr/mol
- Temperatur leleh normal : 178,15⁰C
- Titik didih normal : 110⁰C
- Densitas
 - Padat pada 93,15⁰K : 11,18 L/mol
 - Cair pada 298,15⁰K : 9,38 L/mol
- Tekanan kritis : 4,108 MPa
- Temperatur kritis : 591,8⁰C
- Volume kritis : 0,316 L/mol
- Faktor kompresibilitas kritis : 0,264
- Viskositas : 0,548 mPa.s (cPa)
- Panas pembentukan : 50,17 kJ/mol
- Panas penguapan : 33,59 kJ/mol
- Panas pembakaran : -3734 kJ/mol

(Kirk & Othmer, 1998)

B. Sifat Kimia

- Reaksi hidrogenasi, dengan katalis nikel, platinum atau paladium dapat menjenuhkan cincin aromatik sebagian maupun keseluruhan, menghasilkan benzena, metana dan bifenil.
- Reaksi oksidasi, dengan katalis kobalt, mangan atau bromida pada fase cair menghasilkan asam benzoat.
- Reaksi substitusi oleh metil, pada temperatur tinggi dan reaksi radikal bebas. Klorinasi pada 100⁰C atau dengan ultraviolet membentuk benzil klorida, benzal klorida dan benzotriklorida.

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

(Kirk & Othmer, 1998)

2. Oksigen

A. Sifat Fisika

- Berat Molekul : 32 gr/mol
- Nomor atom : 8
- Keelektronegatifan : 3,5
- Jari – Jari Atom : 0,0074 nm
- Titik didih : -183°C
- Titik lebur : $-218,4^{\circ}\text{C}$
- Densitas (0°C , 101.325 kPa) : 1,429 gr/l
- Panas peleburan : 0,444 kJ/mol
- Panas penguapan : 6,82 kJ/mol
- Temperatur kritis : 154,59K
- Tekanan kritis : 5,043 MPa
- Kapasitas panas (25°) : 29,378 J/mol K

B. Sifat Kimia

- O_2 adalah anggota kelompok kalkogen pada tabel periodik dan merupakan elemen nonlogam yang sangat reaktif.
- O_2 adalah agen pengoksidasi yang kuat dan memiliki elektronegativitas tertinggi kedua dari semua elemen reaktif, setelah fluor.
- O_2 adalah elemen paling melimpah ketiga di alam semesta, setelah hidrogen dan helium, dan elemen paling melimpah berdasarkan massa di kerak bumi, membentuk hampir setengah dari massa kerak bumi.
- Gas O_2 diatomik saat ini mencakup 20,8 persen volume udara

3. *Cobalt Naphthenate*

A. Sifat Fisika

- Rumus Molekul : $\text{CoC}_{22}\text{H}_{14}\text{O}_4$
- Berat Molekul : 401,28 gr/mol
- *Melting Point* : 140°C
- *Boiling Point* : 150°C
- Densitas : 0,921 g/mL

B. Sifat Kimia

Cobalt naphthenate tidak larut dalam air namun larut dalam toluena. Selain itu *cobalt naphthenate* juga digunakan sebagai katalis dalam proses fase *liquid* oksidasi toluena untuk membentuk asam benzoat.

2.4.2 Produk

1. Asam Benzoat

A. Sifat Fisika

- Massa Molar : 122,12 gr/mol
- Temperatur leleh normal : $122,4^{\circ}\text{C}$
- Temperatur didih pada 1 atm : 249°C
- Densitas
 - Padat : $1,316 \text{ gr/cm}^3$
 - Cair : $1,029 \text{ gr/cm}^3$
- Tekanan kritis : 4,47 MPa
- Temperatur kritis : 751°C
- Volume kritis : $339,1 \text{ cm}^3/\text{mol}$
- Faktor kompresibilitas kritis : 0,248
- Viskositas (130°C) : 1,26 mPa.s (cPa)
- Panas penguapan pada 140°C : 534 J/g
- Panas pembakaran : 3227 KJ/mol
- Panas pencampuran : 147 J/g
- pH pada larutan jenuh, 25°C : 2,8

(Kirk & Othmer, 1998)

B. Sifat Kimia

- Reduksi cincin asam benzoat membentuk asam karboksilat siklis, dan kaprolaktam sebagai *intermediate*, yang digunakan pada pembuatan nilon. Dengan pemilihan katalis dan kondisi operasi, reduksi asam benzoat pada gugus karboksil dapat membentuk benzil alkohol.
- Hidrogenasi asam benzoat menjadi kaprolaktam dengan katalis nikel dan direaksikan dengan NOHSO_4 .
- Asam benzoat mempunyai cincin dengan letak meta, sehingga dapat untuk reaksi substitusi lebih lanjut. Reaksi cincin yang terjadi adalah sulfonasi, nitrasi dan klorinasi, tetapi agak sulit pada deaktivasi cincin karena adanya gugus karboksil. Deaktivasi dapat dilakukan dengan katalis atau dengan menaikkan suhu.
- Oksidasi asam benzoat menjadi fenol dengan katalis tembaga.
- Garam potasium dari asam benzoat direaksikan dengan CO_2 pada kenaikan suhu dan tekanan dapat membentuk asam terephthalat.

2. Air

A. Sifat Fisika

- Rumus molekul : H_2O
- Berat molekul : 18,05 g/mol
- Bentuk : Cair
- Warna : Jernih, tidak berwarna
- Titik didih (1 atm) : 100°C
- Titik beku (1 atm) : 0°C
- Densitas (20°C) : 1 g/mL
- Tekanan kritis : 2,8 atm
- Temperatur kritis : $374,2^\circ\text{C}$
- Panas pembentukan : - 68,31 kkal/gmol
- Panas penguapan : 9,71 kkal/gmol

(Mc Ketta, 1977)

B. Sifat Kimia

- Mudah melarutkan zat-zat baik cair, padat maupun gas
- Merupakan reagent penghidrolisis pada proses hidrolisis

2.5 Uraian Proses Terpilih

Berikut ini merupakan uraian proses terpilih dari Prarancangan Pabrik Asam Benzoat dengan Proses Oksidasi Toluena yang terdiri dari tiga tahap yaitu:

2.5.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

a. Toluena

Bahan baku toluena dalam fasa *liquid* yang berasal dari PT Trans Pacific Petrochemical Indotama disimpan didalam tangki penyimpanan *fresh* toluene dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. *Fresh* toluena dialirkan menuju pompa (P-101) dan dinaikkan tekanannya dari 1 atm menjadi 5 atm lalu dialirkan menuju *heater* (H-101) untuk dinaikkan suhunya dari 30,15°C menjadi 160°C. *Fresh* toluena kemudian nantinya akan dialirkan menuju reaktor (R-201) melalui pipa untuk dialirkan bersama dengan aliran *recycle* toluena dari keluaran atas distilasi-2 (D-302).

b. Oksigen

Bahan baku oksigen dalam fasa gas yang berasal dari PT. Samator Indo Gas Tbk dialirkan melalui pipa dengan temperatur 30°C dan tekanan 1 atm. Kemudian aliran tersebut diumpankan ke kompresor (K-101) untuk dinaikkan tekanannya dari 1 atm menjadi 5 atm. Selanjutnya oksigen yang keluar dari kompresor (K-101) dengan temperatur 255°C dan tekanan 5 atm dialirkan menuju *cooler* (C-101) untuk diturunkan suhunya menjadi 160°C sebelum dimasukkan kedalam reaktor (R-201). Oksigen dengan temperatur 160°C dan tekanan 5 atm selanjutnya akan dialirkan melalui aliran bawah reaktor (R-201).

c. Katalis *Cobalt Napthenate*

Katalis yang berbentuk *liquid* disimpan ditangki penyimpanan *fresh* katalis dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Katalis dinaikkan tekanannya dari 1 atm menjadi 5 atm menggunakan pompa (P-102). Kemudian katalis dengan temperatur 30.33°C dan tekanan 5 atm dialirkan menuju *heater* (H-102) untuk

dinaikkan suhunya dari menjadi 160°C sebelum dimasukkan kedalam reaktor (R-201).

2.5.2 Tahap Oksidasi Toluena

Sebelum masuk bahan baku dialirkan menuju reaktor, tekanan dan suhu *feed fresh* toluena, oksigen, dan katalis *cobalt naphthenate* disesuaikan dengan kondisi operasi Reaktor (R-201) yaitu tekanan 5 atm dan suhu 160°C. Pada pembuatan asam benzoat dengan oksidasi toluena digunakan jenis reaktor bubble. Reaksi oksidasi toluena ini menghasilkan produk asam benzoat dengan reaksi bersifat eksotermis (menghasilkan panas). Untuk reaksinya dapat dilihat melalui persamaan 2.1 berikut.



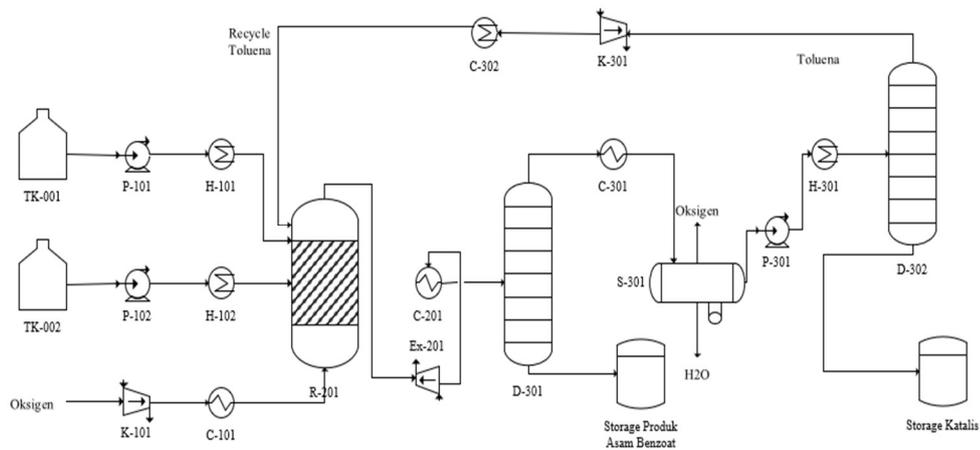
Karena proses reaksi terjadi secara eksotermis, agar suhu tetap konstan reaktor dilengkapi dengan koil atau jaket pendingin. Hasil atas reaktor (R-201) berupa asam benzoat, toluena, oksigen, dan katalis *cobalt naphthenate* yang tidak bereaksi dengan baik, serta air dengan tekanan 5 atm dan temperatur 521°C. Selanjutnya semua hasil atas reaktor dialirkan menuju expander (Ex-201) untuk diturunkan tekanannya dari 5 atm menjadi 1 atm dan temperaturnya menjadi 495°C. Kemudian dialirkan menuju *cooler* (C-201) untuk diturunkan suhunya dari 495°C menjadi 150°C dengan tekanan 1 atm sebelum dimasukkan ke kolom distilasi-1 (D-301).

2.5.3 Tahap Pemurnian Produk (Purifikasi)

Setelah menyesuaikan kondisi operasi kolom distilasi-1 (D-301) yaitu suhu 150°C dan tekanan 1 atm, produk reaktor (R-201) berupa asam benzoat, toluena, oksigen, dan katalis *cobalt naphthenate* yang tidak bereaksi dengan baik, serta air dialirkan menuju kolom distilasi-1 (D-301) untuk dilakukan pemisahan produk asam benzoat dari bahan baku dan air. Hasil pemisahan atas kolom distilasi-1 (D-301) berupa toluena, oksigen, katalis *cobalt naphthenate*, dan air dengan tekanan 1 atm dan suhu 100°C sedangkan hasil bawah kolom berupa produk asam benzoat dalam fasa *liquid* dengan kemurnian 99% dan disimpan di tangki penyimpanan produk asam benzoat. Hasil atas kolom

dialirkan menuju *cooler* (C-301) untuk diturunkan suhunya dari 150°C menjadi -70°C dan mengalami penurunan tekanan dari 1 atm menjadi 0,06 atm. Kemudian dialirkan menuju separator 3 fasa (S-301) untuk dilakukan pemisahan toluena, oksigen, katalis *cobalt naphthenate*, dan air. Separator yang digunakan mempunyai kondisi operasi suhu -70°C dan tekanan 0,06 atm. Oksigen menguap dan dibuang ke lingkungan, fasa ringan berupa toluena dan katalis *cobalt naphthenate*, fasa berat berupa air dan dibuang ke lingkungan. Selanjutnya hasil keluaran separator (S-301) berupa toluena dan katalis *cobalt naphthenate* dialirkan menggunakan pompa (P-303). Kelauran pompa (P-303) dengan tekanan 0,8 atm dan suhu -69 °C dialirkan menuju *heater* (H-301) untuk dinaikkan suhunya dari -69°C menjadi 27°C sebelum dimasukkan ke kolom distilasi-2 (D-302). Setelah kondisi operasi terpenuhi, keluaran *heater* (H-301) dialirkan menuju kolom distilasi-2 (D-302) untuk memisahkan toluena dan katalis *cobalt naphthenate*. Hasil pemisahan atas kolom berupa gas toluena sedangkan hasil bawah berupa katalis *cobalt naphthenate* dalam fasa *liquid* dengan kemurnian 100%. Gas toluena dengan tekanan 0,7 atm dan suhu 98,90 °C hasil keluaran atas kolom distilasi-2 (D-302) kemudian di *recycle* dan dialirkan menuju reaktor (R-201) kembali. Sebelum dialirkan menuju reaktor (R-201), tekanan toluena dinaikkan dari 0,7 atm menjadi 5 atm menggunakan kompresor (K-301). Kenaikan tekanan menyebabkan terjadinya kenaikan suhu toluena dari 98,89°C menjadi 178,8°C. Kemudian suhu 178,8°C diturunkan menjadi 160°C menggunakan *cooler* (C-302) untuk menyesuaikan kondisi operasi reaktor (R-201). Katalis *cobalt naphthenate* juga dilakukan *recycle* agar sisa katalis yang tidak bereaksi dengan baik dimanfaatkan kembali.

Adapun *Flowsheet* mengenai prarancangan pabrik pembuatan asam benzoat dengan proses oksidasi toluena ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Flowsheet Pembuatan Asam Benzoat dengan Proses Oksidasi Toluena

2.6 Kegunaan Asam Benzoat

Asam benzoat secara komersial digunakan pada berbagai macam industri, diantaranya:

- a. Digunakan pada industri makanan, yaitu pengawet makanan (misalnya untuk pembuatan saus, margarin, keju, sari apel, sirup) dan industri minuman sebagai *flavouring agent* dan *odorant*.
- b. Pada industri farmasi digunakan sebagai *ingredients* dalam bahan campuran atau tambahan sebagai *flavouring agent*, juga sebagai bahan *intermediate* pembuatan obat-obatan (misalkan antiseptik, asam salisilat, dll).
- c. Pada industri kosmetik sebagai *flavouring agent* (misalnya untuk bahan pembuatan pasta gigi).
- d. Sebagai bahan baku pembuatan plastik.
- e. Pada industri pertanian sebagai bahan dasar pembuatan senyawa herbisida yang berfungsi sebagai pengontrol tumbuhnya tanaman.
- f. Sebagai bahan *intermediate* pada pewarna, *benzyl benzoat*, *cinnamic acid*.
- g. Sebagai bahan baku industri *phenyl prophy alcohol*, *phenyl acetone*, *sodium derivate*, dll.

(Kirk & Othmer,1998)