

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industrialisasi merupakan salah satu upaya perubahan cara pandang masyarakat dalam mencari mata pencaharian dari masyarakat agraris menjadi masyarakat industri (Mardianto, 2012). Upaya industrialisasi ini diharapkan dapat meningkatkan pendapatan masyarakat dan menjamin pertumbuhan ekonomi dalam jangka panjang. Industrialisasi di Indonesia cenderung menurun akibat kondisi krisis yang melanda di segala bidang. Agar dapat bangkit dari keterpurukan ekonomi, bangsa Indonesia hendaknya memanfaatkan segala potensi sumber daya alam Indonesia dalam pembangunan dan perkembangan industri.

Seiring dengan meningkatnya waktu, sektor Industri di Indonesia juga mengalami perkembangan pesat, salah satunya dalam bidang kimia. Sektor kimia menjadi salah satu sektor yang mampu memberikan kontribusi yang signifikan pada tingkat pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Selain itu bahan kimia bisa menjadi satu faktor yang berperan penting dalam menghasilkan bahan baku untuk kebutuhan produksi industri lainnya. Benzaldehida bisa menjadi salah satu komponen bahan kimia yang sangat dibutuhkan dalam hal ini. Hal ini tidak terlepas dari peran benzaldehid yang merupakan komponen penting dalam industri pewarna, obat-obatan, dan parfum.

Benzaldehida merupakan aldehida aromatik yang penting dalam industri. Benzaldehida banyak digunakan dalam industri farmasi dan industri parfum. Selain itu, benzaldehida juga dibutuhkan dalam industri elektroplating. Oleh karena itu, benzaldehida merupakan bahan baku yang sangat penting bagi banyak industri lainnya. Benzaldehida dapat dibuat secara sintesis, yaitu dengan oksidasi toluena, reaksi cabang klorinasi toluena ke benzal klorida disertai hidrolisa benzaldehida, reaksi sommelet, sintesa Gattermen Koch dan lain-lain.

Pabrik benzaldehid ini memiliki potensial untuk industri bahan kimia khususnya pada permintaan ekspor dan impor. Benzaldehid merupakan bahan baku

serta bahan kimia penunjang dalam berbagai kebutuhan. Selain dari sisi ekonomi, benzaldehid memiliki berbagai peran penting dalam industri, seperti:

1. Pada industri farmasi sebagai komposisi dalam bahan campuran serta sebagai flavoring agent.
2. Pada industri makanan dan minuman digunakan sebagai deodorant dan flavoring agent.
3. Pada industri parfum dan kosmetik, biasanya digunakan sebagai flavoring agent yang memberikan bau bunga- bungaan serta buah-buahan yang kuat.
4. Pada industri pertanian biasanya digunakan sebagai bahan dasar pembuatan senyawa benzoat.
5. Digunakan sebagai bahan baku pada industri penil propil alkohol, penil aseton, penil asetaldehid dan sodium derivatif dari difenil hidrotomat.

Berbagai manfaat benzaldehid membuat benzaldehid menjadi salah satu bahan penting dalam industri di Indonesia sehingga Pendirian pabrik benzaldehid sangat dibutuhkan di Indonesia. Selain itu pendirian pabrik benzaldehid di Indonesia sangat dibutuhkan mengingat Indonesia belum berdiri pabrik tersebut sehingga mengharuskan impor dari negara lain. Dengan didirikan pabrik benzaldehid di Indonesia diharapkan mengurangi ketergantungan akan impor benzaldehid di Indonesia.

Dalam upaya mengurangi ketergantungan impor benzaldehyda di Indonesia, maka pabrik benzaldehyda perlu didirikan. Dengan ini, dapat mendukung pertumbuhan perekonomian Indonesia dan dapat membuka lapangan kerja baru bagi masyarakat sekitar sehingga mengurangi angka pengangguran.

1.2 Rumusan Masalah

Kebutuhan benzaldehyda di Indonesia belum dapat terpenuhi, sehingga untuk menanggulangi kebutuhan benzaldehyda didalam negeri dan beberapa negara target untuk di ekspor seperti india, singapura, dan USA serta meningkatkan nilai ekonomis dari benzaldehyda, maka perlu dirancang pabrik benzaldehyda dengan proses yang sederhana serta menguntungkan yaitu proses klorinasi toluena.

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

Tujuan dari prarancangan pabrik ini adalah untuk mengaplikasikan ilmu Teknik Kimia khususnya di bidang perancangan pabrik, analisa proses, operasi teknik kimia, sehingga dapat memberikan gambaran kelayakan pendirian pabrik benzaldehida. Serta diharapkan dengan mendirikan pabrik benzaldehida di Indonesia, dapat memenuhi kebutuhan benzaldehida di dalam negeri dan untuk diekspor sehingga dapat menambah devisa negara.

1.4 Manfaat Prarancangan Pabrik

Manfaat dari prarancangan pabrik benzaldehida ini adalah sebagai referensi untuk didirikannya pabrik benzaldehida di Indonesia agar dapat memenuhi kebutuhan benzaldehida di Indonesia dan beberapa negara sasaran pemasaran.

1.5 Batasan Masalah

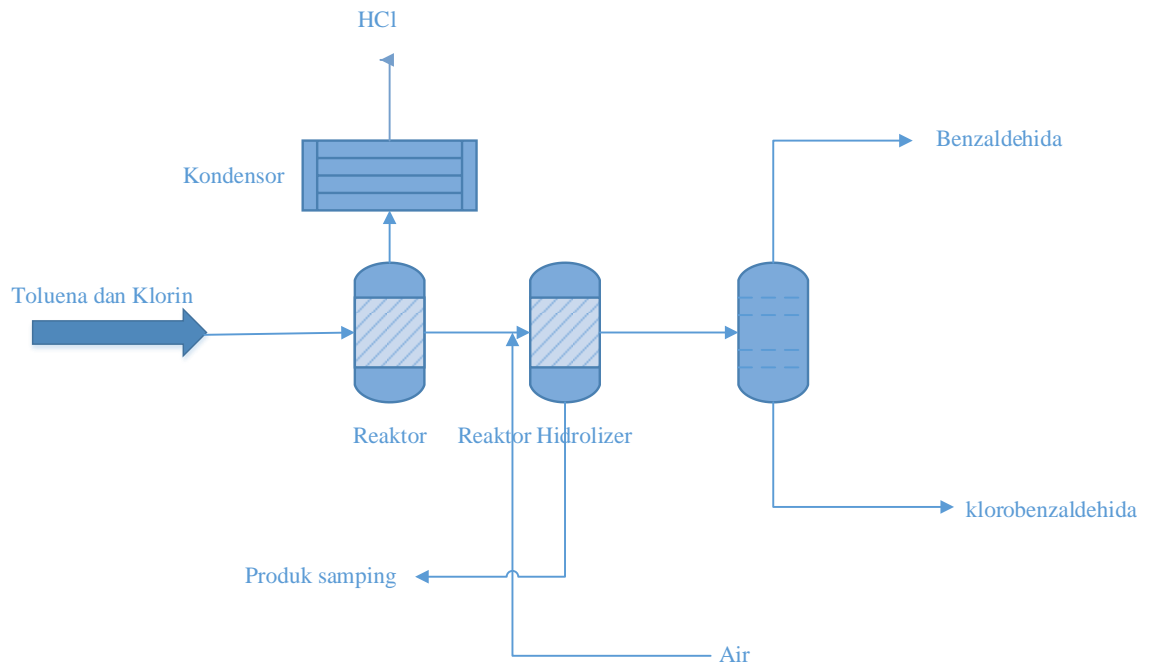
Adapun batasan masalah di dalam penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan pabrik benzaldehida ini yaitu:

1. Prarancangan secara teknis difokuskan pada pabrik benzaldehida dengan proses klorinasi toluena
2. Analisis yang dilakukan hanya sampai analisis kelangsungan ekonomi.

1.6 Seleksi Pemilihan Proses

Secara garis besar, sistem proses utama dari sebuah pabrik kimia adalah sistem reaksi, sistem pemisahan, dan pemurnian. Proses perubahan bahan baku menjadi produk terjadi dalam sistem reaksi. Berikut berbagai proses pembuatan benzaldehida.

1.6.1 Proses Klorinasi Toluena



Gambar 1.1 Proses Klorinasi Toluena

Gambar 1.1 merupakan uraian proses pembentukan benzaldehida melalui proses klorinasi toluena. Uraian prosesnya dimulai dari bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan benzaldehida dengan proses klorinasi, yaitu toluena dan klorin. Terlebih dahulu toluena diubah menjadi benzal klorida dengan mengalirkan klorin ke dalam toluena dengan suhu 110°C . Dalam proses ini terjadi reaksi sebagai berikut:

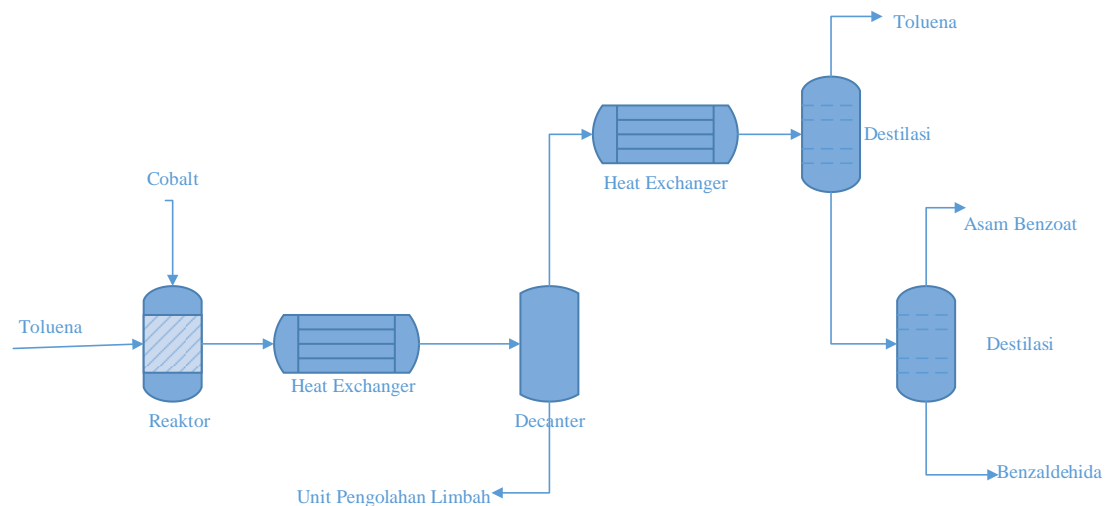


Proses terjadi secara eksotermis dan selama proses klorinasi tersebut dihasilkan juga hidrogen klorida. Kemudian, benzal klorida yang dihasilkan dimasukkan ke dalam reaktor dengan ditambahkan air dan beberapa asam atau basa dan dihasilkan benzaldehida mentah. Adapun produk samping dari proses ini yaitu asam benzoat dan benzoil klorida. Selanjutnya, benzaldehida dipisahkan dan dimurnikan dengan proses distilasi menggunakan kolom fraksinasi untuk mendapatkan produk akhir berupa benzaldehida dengan kemurnian kurang lebih 98% dan reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Klorinasi toluena fase cair kurang disukai di industri yang menitik beratkan pada aroma maupun rasa (*flavor and taste*) seperti industri makanan dan minuman serta parfum. Hal ini dikarenakan bau yang menyengat diakibatkan adanya klor yang terikat di dalam produk.

1.6.2 Proses Oksidasi Toluena



Gambar 1.2 Proses Oksidasi

Proses oksidasi toluena untuk menjadi benzaldehida dapat dilihat pada gambar 1.2 mengenai *flowsheet* proses oksidasi. Proses oksidasi toluena dibagi menjadi 2 proses yaitu proses oksidasi toluena fasa liquid dan proses oksidasi toluena fasa uap. Uraian prosesnya adalah sebagai berikut.

a. Proses Oksidasi Toluena Fasa Liquid

Proses oksidasi toluena fase liquid menjadi benzaldehida dengan ini menggunakan katalis yang homogen. Pada proses manganese dioxide dalam asam sulfat dapat menghasilkan benzaldehida dengan kadar 14%. Jika katalis yang digunakan katalis cobalt dan proses yang dilakukan pada tekanan 3 atm maka benzaldehida yang diperoleh sebesar 40%. Untuk memperoleh benzaldehida murni dapat dilakukan dengan cara distilasi.



Pada Prosesnya Oksidasi Toluena Fase cair memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu:

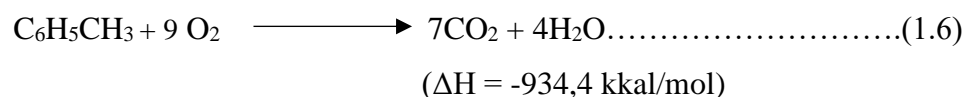
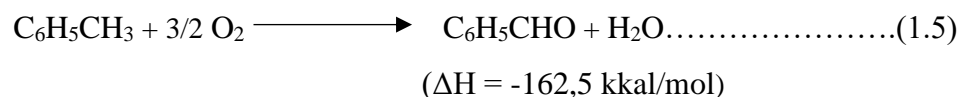
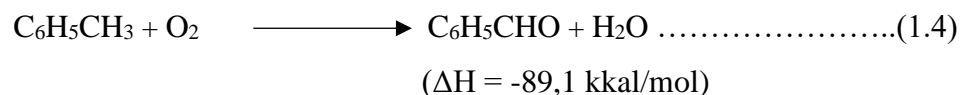
a. Pada proses Produksi untuk kapasitas kecil dan menengah lebih menguntungkan.

b. Yield (14%) dan konversi (40%) lebih rendah dibandingkan dengan proses oksidasi toluena fase uap. Hal ini dikarenakan untuk proses fase waktu tinggal dari reaktor sedikit lebih lama dibandingkan oksidasi toluena fase uap sehingga memungkinkan untuk terjadinya reaksi lanjut yang lebih besar.

b. Proses Oksidasi Toluena Fase Uap

Pada proses ini toluena dioksidasi secara langsung dengan udara pada fase uap dengan menggunakan reaktor fixed bed pada suhu 350 °C, tekanan atmosferis menggunakan katalis *vanadium pentoksida* (V_2O_5).

Katalis yang sering digunakan adalah *vanadium pentoxide* dengan *potassium sulfate* dan *uranium oxide* ditambah *molybdenum oxide* pada batu *pumice* dan *uranium oxide* ditambah *molybdenum oxide* ditambah *boron carbide*. Selama proses oksidasi akan terbentuk sejumlah kecil produk samping yaitu *maleic anhydride*, *benzoic acid*, *anthraquinone*, *carbon dioxide*, dan Air.



Kelebihan dan kekurangan:

- a. Temperature operasi tinggal (350°C), sehingga reaktor perlu pendinginan khusus yang relatif lebih mahal.
- b. Proses ini menguntungkan untuk skala produksi yang besar.
- c. Konversi lebih tinggi dibandingkan operasi oksidasi toluena fase cair.

(mc. Ketta, 1976)

1.7 Perbandingan Proses

Adapun pemilihan atau seleksi dalam pemilihan proses yang digunakan merujuk pada perbandingan proses yang ditunjukkan pada tabel 1.1 sebagai berikut.

Tabel 1.1 Perbandingan Proses Pembuatan Benzaldehida

Parameter	Macam Proses		
	Proses Klorinasi	Proses Oksidasi Fase Liquid	Proses Oksidasi Fase Uap
Bahan Baku	- Toluena - Klorin	- Toluena - Udara	- Toluena - Udara
Katalis	Natrium Hidroksida	Vanadium pentoxide	Proses manganese dioxide, cobalt
Tekanan	3-4 atm	3 Atm	1 Atm
Suhu	160°C	140°C	110°C
Konversi	95%	40%	80%
Kemurnian	98-99%	80-95%	98-99%
Kebutuhan Panas	Sedikit karena reaksi eksotermis	Kebutuhan panas besar	Kebutuhan panas besar
Hasil Samping	HCl	H ₂ O	<i>maleic anhydride,</i> <i>benzoic acid,</i> <i>anthraquinone,</i> <i>carbon dioxide,</i> dan Air.

Dari Tabel 1.1 diatas menunjukkan bahwa dengan membandingkan parameter proses setiap reaksi menunjukkan bahwa proses yang paling optimal adalah dengan menggunakan proses klorinasi fase liquid karena menggunakan bahan baku yang mudah dijumpai, konversi yang didapatkan cukup tinggi yaitu 95%, serta menghasilkan kemurnian yang besar yaitu 98%. Selain itu dengan

proses klorinasi tidak memerlukan pemanasan yang terlalu besar sehingga lebih ekonomis.

1.7.1 Konversi

Pada proses klorinasi toluena didapatkan konversi yang cukup tinggi yaitu 95% apabila dibandingkan dengan proses lainnya seperti pada proses oksidasi toluena fasa liquid dengan konversi sebesar 40%, dan proses oksidasi toluena fasa uap yaitu 80%.

1.7.2 Kemurnian

Apabila dilihat dari kemurnian proses klorinasi fase liquid memiliki kemurnian yang baik yaitu 98% apabila dibandingkan dengan proses oksidasi yang hanya menghasilkan kemurnian sebanyak 80%.

1.7.3 Kebutuhan Panas

Ditinjau dari reaksi yang dihasilkan, proses klorinasi merupakan reaksi yang bersifat eksotermis sehingga apabila dibandingkan dengan proses yang lain proses ini memiliki kebutuhan panas yang lebih sedikit.

1.7.4 Hasil Samping

Hasil samping pada proses klorinasi ini tidak banyak dimana produk sampingnya berupa HCl yang dapat dijual kembali, apabila dibandingkan dengan proses oksidasi yang memiliki produk samping yang lebih banyak yaitu produk samping berupa *maleic anhydride*, *benzoic acid*, *anthraquinone*, *carbon dioxide*, dan Air.

1.8 Analisa Ekonomi Awal

Uji ekonomi awal merupakan perhitungan jumlah dari harga bahan baku dan harga produk yang akan dijual sebagai penentu apakah pabrik yang akan dirancang dapat memberikan keuntungan atau memberikan kerugian. Berikut harga bahan baku dan produk dari situs chemanalyst pada Februari 2024 berdasarkan nilai kurs US\$ 1 = Rp 14.526 tertera pada Tabel 1.2

Tabel 1.2 Harga Bahan Baku dan Produk

No.	Bahan Baku dan Produk	Berat Molekul (Kg/Kmol)	Harga (Rp/Kg)
1.	Benzaldehida	106,12	30.798
2.	Toluena	92,14	14.409
3.	Klorin	70,90	480,546
4.	Katalis Natrium Hidroksida	39,997	5.011

Untuk menghitung kebutuhan bahan baku dan produk maka harus dikonversikan terlebih dahulu.

Bahan Baku

- a. Toluena = 92,14 Kg/Kmol X Rp. 14.409/kg
= Rp. 1.327.645,26
- b. Klorin = 70,90 Kg/Kmol X Rp. 480,546/Kg
= Rp. 34.070,711
- c. Katalis NaOH = 39,997 Kg/Kmol X Rp. 5.011
= Rp. 200.424,967

Produk

- a. Benzaldehida = 106,12 Kg/Kmol X Rp. 30.798
= Rp. 3.268.283,76
- Analisa Ekonomi = Harga Produk – Harga Bahan Baku
= Rp. 3.268.283,76 – Rp. 1.562.140,938
= Rp. 1.706.142,522

1.9 Penentuan Kapasitas Pabrik

Ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan kapasitas perancangan pabrik benzaldehida, yaitu dengan mempertimbangkan kapasitas produksi benzaldehida yang sudah berdiri dan kebutuhan benzaldehida di Indoensia.

Prarancangan pabrik benzaldehid yang akan didirikan pabrik memerlukan nilai dari kapasitas pabrik yang telah berdiri di dunia. Di beberapa negara telah berdiri pabrik penghasil benzaldehid yang menghasilkan rentang produksi sebesar 60-500 ton/tahun dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 1.3 Pabrik dan Kapasitas Produksi Benzaldehida di Dunia

No.	Nama Pabrik	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
1.	Orchid Chemical Supplies.,Ltd	300 ton/tahun
2.	Anhui Heibei Import dan Export Co.,Ltd	500ton/tahun
3.	Hefei J dan S Import-Export Trading C.,Ltd	60 ton/tahun
4.	Hangzhou Lin'an Yaoshi Coal Industry Co.,Ltd	10 ton/minggu
5.	Guangzhou Renouw Chemical Co.,Ltd	10 ton/bulan
6.	Guangzhou Shiny Co.,Ltd	20 ton/bulan
7.	Taizhou Songke Mould Co.,Ltd	10 ton/minggu

Pertimbangan lain dalam penentuan kapasitas pabrik juga ditentukan oleh ketersediaan bahan baku yang akan mempengaruhi kelancaran pada setiap proses produksi, serta mempengaruhi besar kecilnya biaya yang akan dikeluarkan pada proses perencanaan perancangan pabrik. Dalam perancangan pabrik benzaldehid diperlukan bahan baku berupa toluena. Hingga saat ini toluena sudah diproduksi oleh beberapa produsen besar di Indonesia seperti PT. Asahimas Chemical yang mampu memproduksi hingga 500.000 ton/tahun.

Secara stokiometri setiap mol benzaldehida (Bm: 106) membutuhkan 1 mol toluena (Bm: 92), sehingga untuk memproduksi 1 ton benzaldehid diperlukan sebesar 0,86 ton toluena. Kapasitas Pabrik toluena yang menguntungkan minimal adalah sekitar 500 ton/tahun sehingga untuk memproduksi benzaldehid 500.000 ton/ tahun dibutuhkan toluena sebesar 430.000 ton/tahun. Kebutuhan ini bisa dipenuhi oleh PT. Asahimas Chemical yang mampu menghasilkan toluena sebesar 550.000 ton/tahun.

1.9.1 Kebutuhan Benzaldehida di Indonesia

Saat menentukan kapasitas pabrik, ada beberapa hal yang menjadi tumpuan, seperti kebutuhan pasar dan kapasitas pabrik. Seperti ditunjukkan pada tabel 1.4 merupakan data impor benzaldehida di Indonesia selama 5 tahun kebelakang

Tabel 1.4 Data Impor Benzaldehida di Indonesia

No.	Tahun	Impor (Ton/Tahun)
1.	2019	34,760
2.	2020	40,241
3.	2021	37,566
4.	2022	45,529
5.	2023	48,248

(Badan Pusat Statistik (BPS), 2024)

Kebutuhan benzaldehida di Indonesia masih bergantung pada impor dari luar negeri. Berdasarkan data ekspor dan impor dari Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia pada Tabel 1.4 menunjukkan data impor benzaldehida lima tahun terakhir. Adapun persamaan yang digunakan adalah:

$$A = P_0(1+i)^n \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

- A = Kapasitas pabrik produksi benzaldehida tahun 2027
- P_0 = Kapasitas pada tahun terakhir
- I = Kenaikan rata-rata impor benzaldehida tiap tahun
- n = Selisih tahun yang diperhitungkan

Maka perkiraan impor pada tahun 2030 adalah:

$$\begin{aligned} A &= 48,248 (1+4,7095)^5 \\ &= 292.731,66432 \text{ ton} \end{aligned}$$

Karena di Indonesia tidak ada pabrik Benzaldehida maka kapasitas dapat dihitung:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= 1,5 \times A \\ &= 1,5 \times 292.731,66432 \\ &= 439.097,49648 \text{ Ton} \end{aligned}$$

1.9.2 Kebutuhan Benzaldehida di Beberapa Negara

Kemudian karena pasar yang ingin di targetkan tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan benzaldehida di Indonesia tetapi juga di beberapa negara sasaran seperti pada tabel 1.6

Tabel 1.6 Kebutuhan Benzaldehid dari beberapa negara

Negara	Kebutuhan (Kg/Tahun)				
	2018	2019	2020	2021	2022
India	5.965.020	5.534.183	3.690.417	4.454.660	2.768.078
Singapura	9.010	2.871	1.680	2.947	5.454
USA	593.801	726.125	708.538	974.914	794.149

(Uncomtrade, 2024)

Berdasarkan data impor Benzaldehida di Indonesia maka di tetapkan pra rancangan pabrik benzaldehida yang akan didirikan mempunyai kapasitas produksi sebanyak 500.000 ton/tahun, dimana akan memenuhi 100% kebutuhan benzaldehida di Indonesia dan selebihnya akan di pasarkan di beberapa negara yang sudah di targetkan.