

## PRARANCANGAN PABRIK ACETALDEHYDE DARI ETHYLENE DAN OKSIGEN DENGAN PROSES OKSIDASI KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Nabilah Millena Putri<sup>1</sup>, Meilysa Auliani\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung MangkuratJln. A. Yani KM 35, Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan

\*Corresponding Author: [meilysaaulianii@gmail.com](mailto:meilysaaulianii@gmail.com)

### Abstrak

Acetaldehyde adalah senyawa aldehid yang memiliki wujud cairan yang tak berwarna, mudah terbakar dan dapat larut dalam air. Acetaldehyde digunakan pada industri kimia sebagai bahan baku. Selain itu juga acetaldehyde digunakan untuk bahan sintesis rubber, bahan desinfektan, pembuatan silver pada kaca cermin, untuk proses pengerasan film gelatin kering pada photography, bahan pencampur parfum, sebagai obat bius, dan synthetic resins.

Acetaldehyde merupakan salah satu produk kimia yang melakukan proses pembuatan dengan cara proses oksidasi yaitu mereaksikan ethylene dan oksigen dalam reaksi fasa gas yang seragam. Reaksi berlangsung dalam reaktor Reaktor Fix Bed Multitube pada suhu 130°C dan tekanan 3 atmosfer, menggunakan jaket sebagai pendingin. Tingkat konversi reaksi adalah 75%. Produk yang diperoleh adalah acetaldehyde dengan grade 99,8%.

Acetaldehyde yang terbuat dari ethylene dan oksigen ini memiliki kapasitas produksi 30.000 ton/tahun, akan diproduksi dalam 330 hari kerja setahun, dan akan beroperasi mulai tahun 2027. Lokasi Pabrik akan didirikan di daerah industri Cilegon Kab.Serang Banten tepatnya di Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) dengan luas totalnya mencapai 625 hektar. Pabrik ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 181 orang dengan dipimpin oleh seorang direkur utama. Berdasarkan perhitungan ekonomi, didapat nilai break event point sebesar 42% dan nilai shut down point sebesar 29%, sehingga dapat dikatakan bahwa pabrik ini dapat didirikan.

**Kata Kunci:** Acetaldehyde, ethylene, oksidasi

### 1. Pendahuluan

Indonesia terus melakukan perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi termasuk perkembangan pembangunan dalam sektor industri. Salah satunya industri kimia baik dalam industri penghasil bahan jadi maupun setengah jadi, maka perlu dilakukan penanggulangan *import* bahan baku agar dapat meningkatkan sektor perekonomian yang baik. Acetaldehyde merupakan produk kimia yang melakukan proses pembuatan dengan cara proses oksidasi yang dihasilkan dari reaksi antara ethylene dan oksigen.

Kebutuhan *acetaldehyde* di Indonesia terjadi peningkatan setiap tahunnya. Sampai saat ini kebutuhan akan produk *acetaldehyde* di Indonesia masih harus *import*. Selain memenuhi kebutuhan di dalam negeri dan ketersediaan bahan baku yang mudah diperoleh. Pendirian pabrik *acetaldehyde* ini juga diharapkan mampu meluaskan lapangan kerja baru, sehingga di Indonesia pertumbuhan industrinya meningkat, terutama industri parfum dan produk sintesis lainnya.

Acetaldehyde adalah salah satu bahan yang cukup banyak digunakan pada industri kimia, sebagai bahan baku. Selain sebagai bahan baku industri kimia organik lainnya digunakan untuk bahan sintesis *rubber*, bahan desinfektan, pembuatan silver pada kaca, untuk proses pengerasan film gelatin kering pada *photography*, bahan pencampur parfum, sebagai obat bius, dan *synthetic resins* (Gosselin dkk., 1984).

Kapasitas pabrik yang akan dirancang ini harus mempertimbangkan beberapa data yaitu data *import* dan *export* produk, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas pabrik yang sudah beroperasi. Dengan mengetahui kebutuhan pasar, sehingga kapasitas harus diatas kapasitas minimum atau seperti kapasitas pabrik yang sudah berjalan.

Kebutuhan *import* dan *export acetaldehyde* di Indonesia berdasarkan statistik dari Badan Pusat Statistik (BPS) 2007-2021 dapat dilihat pada **Tabel 1 dan 2**.

**Tabel 1.** Perkembangan *Import* dan *Export Acetaldehyde* di Indonesia

Year	Data <i>Import</i> (Ton)	Data <i>Export</i> (Ton)
2017	40.823	5
2018	23.697	20
2019	15.214	7,5
2020	19.973	7,55
2021	76.840	20
<b>Total</b>	<b>176.547</b>	<b>60,050</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>35.309,4</b>	<b>12,01</b>

Berdasarkan data kebutuhan *Acetaldehyde* dengan perkiraan kebutuhan *import* dan *export* di Indonesia tahun 2027 yang diperoleh dengan menggunakan metode *discounted* yaitu dengan sebesar sebesar 30.000 ton/tahun.



## 2. Deskripsi Proses

### 2.1 Jenis-Jenis Proses

Perbandingan dari tiga proses pembuatan *acetaldehyde* dapat dilihat pada **Tabel 3.** berikut:

**Tabel 3.** Perbandingan 3 Jenis Proses

No	Parameter	Nama Proses			Sumber
		<i>Hydration</i>	<i>Direct Oxidation</i>	<i>Dehydratation</i>	
1	<b>Kondisi Operasi:</b>				
	Tekanan (atm)	1	3	7 sampai 20	Kirk dkk., 1965
	Suhu (°C)	70-90	125-130	480	Kirk dkk., 1965
	Waktu	Kontinyu	Kontinyu	Kontinyu	McKetta, 2002
2	<b>Proses:</b>				
	Yields (%)	55	95	74-82	Kirk dkk., 1965
	Daya korosi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Kirk dkk., 1965
	Reaksi	Eksotermis	Eksotermis	Endotermis	Kirk dkk., 1965
3	<b>Katalis</b>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dan HgSO <sub>4</sub>	PdCl <sub>2</sub> dan CuCl <sub>2</sub>	Cu dan Cr	Kirk dkk., 1965
4	<b>Aspek Ekonomi:</b>				
	Biaya peralatan	Murah	Murah	Mahal	McKetta, 2002
	Investasi	Mahal	Murah	Mahal	McKetta, 2002
	Harga bahan baku (\$)	14,61/40 L	2,92/50 L	5,44/ L	McKetta, 2002
	Harga katalis (\$)	25,2/kg	18,16/100 g	3,2/kg	McKetta, 2002

Faktor pertimbangan pemilihan proses oksidasi pada pabrik *acetaldehyde* ini sebagai berikut :

- Bahan baku *ethylene* mudah dicari.
- Biaya *invest* yang lebih ekonomis.
- Proses oksidasi lebih sederhana dan lebih cepat.
- Produk menghasilkan yields sebesar 95%.
- Dibandingkan dengan ketiga proses lainnya, proses oksidasi menghasilkan konversi dan *yield* yang lebih besar.

### 2.2 Uraian Proses

Proses pengolahan *acetaldehyde* (CH<sub>3</sub>CHO) dilakukan dengan cara proses oksidasi *ethylene* dengan metode satu tahap yaitu dengan mereaksikan *ethylene* dan oksigen dengan bantuan katalis *palladium chloride* (PdCl<sub>2</sub>) dan *cupric chloride* (CuCl<sub>2</sub>).

#### 2.2.1 Tahap Penyediaan Bahan Baku

Pada proses ini bahan baku yang digunakan adalah *ethylene* (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>), dimana oksigen yang digunakan diambil dari alam dan *ethylene* dibeli dari PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk yang masih berbentuk cair. Tahap penyediaan bahan baku ini dimaksudkan agar *ethylene* yang masih dalam keadaan cair diubah menjadi fase gas. Mula-mula *ethylene* cair 99,8% dari tangki penyimpanan pada suhu -31 °C dan

tekanan 19 atm dialirkan menggunakan pompa menuju *vaporizer* untuk mengubah fasenya menjadi gas, selanjutnya dipisahkan menggunakan separator. Dimana *ethylene* yang tidak teruapkan akan dikembalikan ke *vaporizer*. Sedangkan uap *ethylene* yang keluar dari hasil atas separator dimasukkan ke dalam *expander* untuk diturunkan tekanannya dari 19 atm menjadi 3 atm selanjutnya dimasukkan ke *heater* untuk menaikkan suhunya dari -302,9 °C menjadi 130 °C.

Sedangkan tahap penyediaan bahan baku untuk oksigen diambil dari alam diawali dengan menarik udara menggunakan *blower* yang sebelumnya zat pengotor sudah disaring terlebih dahulu dalam filter. Untuk menyesuaikan suhu dan tekanan dengan kondisi operasi di dalam reaktor sebesar 130°C dan 3 atm, maka umpan udara yang mengandung O<sub>2</sub> dari kondisi awal 30°C dan 1 atm dialirkan menuju *compressor* untuk menaikkan tekanannya hingga sebesar 3 atm dengan perubahan suhu menjadi 50°C. Oksigen masuk ke dalam *heater* untuk menaikkan suhunya menjadi 130°C. Ketika kondisi operasi sudah sesuai dengan reaktor kemudian *oxygen* dan *ethylene* dimasukkan secara bersamaan ke reaktor.

#### 2.2.2 Tahap Reaksi

Proses oksidasi *acetaldehyde* ini berlangsung pada alar reaktor *fix bed multitube* pada suhu 130 °C dan tekanan 3 atm (Ullman, 2002). Uap *ethylene* bereaksi dengan oksigen dengan bantuan katalis PdCl<sub>2</sub> dan CuCl<sub>2</sub>. Suhu reaktor dijaga tetap 130 °C dan tekanan 3 atm, dimana reaksi yang terjadi:



Reaktor bekerja secara eksotermal. Produk reaktor keluar berupa *acetaldehyde*, *ethylene*, nitrogen, oksigen, air dan karbondioksida.

#### 2.2.3 Tahap Pemurnian

Hasil keluaran reaktor selanjutnya dimasukkan ke dalam *expander* untuk menurunkan tekanan dari 3 atm menjadi 1 atm. Lalu dimasukkan ke dalam *cooler* untuk menurunkan suhu dari 130°C menjadi 30°C yang selanjutnya dimasukkan ke dalam *scrubber*. Dimana di dalam *scrubber* terjadi penambahan air dari *water process*. Hasil keluaran atas dari *scrubber* berupa karbondioksida, oksigen dan nitrogen dibuang langsung ke udara sedangkan *ethylene* di-*recycle*. *Ethylene* dimasukkan ke dalam *compressor* untuk dinaikkan tekanannya dari 3 atm menjadi 19 atm. Lalu, *ethylene* dialirkan ke dalam kondensor untuk dikondensasi dan ditampung ke dalam tangki *homogenizer*. Setelah itu *ethylene* dikembalikan ke dalam tangki penyimpanan *ethylene*. Sedangkan keluaran hasil bawah *scrubber* berupa *acetaldehyde* dan air dimasukkan ke *heater* untuk menaikkan suhunya dari 30°C menjadi 61°C kemudian dialirkan menggunakan pompa menuju menara distilasi yang mempunyai tekanan sama yaitu 1 atm untuk bagian atas dan bawah menara. Pada menara distilasi ini terjadi pemisahan menjadi hasil atas dan hasil bawah. Dimana hasil atas merupakan produk yang diinginkan. Hasil atas mengandung *acetaldehyde* dan





air yang kemudian dialirkan ke kondensor terjadi perubahan suhu  $34^{\circ}\text{C}$  menjadi  $20,45^{\circ}\text{C}$ . Kemudian dimasukkan ke dalam tangki akumulator. Cairan keluar akumulator sebagian besar dimasukkan ke tangki produk dan sebagian lagi dimasukkan kembali ke dalam menara distilasi sebagai *reflux*. *Acetaldehyde* yang dihasilkan mempunyai kemurnian 99,8%. Kemurnian ini sesuai standar spesifikasi untuk produk *acetaldehyde*, dimana standar *acetaldehyde* minimal 99 %.

Sedangkan pada bagian bawah mengandung *acetaldehyde* dan air. Produk bawah keluar pada kondisi cair jenuh pada suhu  $99,56^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 1 atm. Sebagian dikembalikan ke menara distilasi setelah diuapkan dalam *reboiler* dan sebagian lagi dialirkan menggunakan pompa menuju *cooler* untuk diturunkan suhunya sampai  $40^{\circ}\text{C}$  setelah itu dialirkan ke unit pengolahan limbah (UPL).

### 3. Utilitas

Sumber air baku yang digunakan pada pabrik *acetaldehyde* diperoleh dari Waduk Krakatau Steel yang khusus disediakan untuk pabrik yang berdiri di Kawasan Krakatau *Industrial Estate* Cilegon (KIEC). Konsumsi air adalah 390214,0032 kg/jam. Tabel 4 di bawah ini menunjukkan total kebutuhan pasokan yang dibutuhkan untuk mengoperasikan pabrik *acetaldehyde*.

**Tabel 4.** Kebutuhan Utilitas Pabrik *Acetaldehyde*

Kebutuhan	Jumlah
Air Umpan Boiler	3385,0076 kg/jam
Air Pendingin	380235,5207 kg/jam
Air Proses	4544,337689 kg/jam
Air Sanitasi	2049,3252 kg/jam
Listrik	1036,9892 kWatt
Bahan Bakar	266,6984 liter/jam

### 4. Analisa Ekonomi

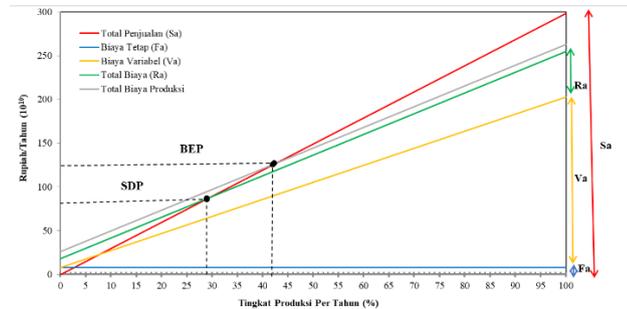
Analisa ekonomi digunakan agar dapat menentukan apakah pabrik yang dirancang menguntungkan. Memungkinkan untuk mengklasifikasikan sebagai *executable* atau *infeasible*. Hasil analisa ekonomi *acetaldehyde* ditunjukkan pada Tabel 4 seperti di bawah ini.

**Tabel 5.** Analisis Ekonomi (Aries dan Newton, 1955)

Analisis	Nilai	Batasan	Keterangan
ROI	30,81%	Min. 11%	Layak
POT	2,5 tahun	Max. 5 tahun	Layak
BEP	42%	40-60%	Layak
SDP	29%	20-40%	Layak

*Return on Investment* (ROI) merupakan besar untung yang dapat dihasilkan dari jumlah *invest* yang dikeluarkan. *Pay out time* (POT) adalah waktu pengembalian yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang didapat. *Break even point* (BEP)

merupakan titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Titikdi mana aktivitas produksi berhenti disebut *shut down point* (SDP). Bagan analisa ekonomi untuk pabrik *acetaldehyde* ditunjukkan pada grafik berikut:



**Gambar 3.** Grafik Break Even Point dan Shut Down Point

### 5. Kesimpulan

Prarancangan Pabrik *Acetaldehyde* dari *Ethylene* dan Oksigen dengan Proses Oksidasi Kapasitas 30.000 Ton/Tahun dapat disimpulkan pabrik ini akan didirikan di Kawasan Krakatau *Industrial Estate* Cilegon (KIEC), Kab.Serang Banten tahun 2027 dengan kapasitas 30.000 ton/tahun. Bentuk dari pabrik ini yaitu berbentuk PT atau Perseroan Terbatas. Total karyawan yang diperlukan sebanyak 181 orang. Berdasarkan analisa ekonomi dihasilkan ROI sebesar 30,81% dan POT sebesar 2,5 tahun. Kemudian diperoleh nilai BEP sebesar 42% dan nilai SDP sebesar 29% sehingga berdasarkan hasil ekonomi yang diperoleh dapat dinyatakan pabrik *acetaldehyde* ini layak untuk didirikan.

### Daftar Pustaka

- Aries, R. S. dan Newton, R. D. (1955): *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw-Hill. New York.
- Badan Pusat Statistika. (2022): Data Impor dan Ekspor *Acetaldehyde*. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id)
- Gosselin, R. E., Smith, R. P., Hodge, H. C. dan Braddock, J. E. (1984): *Clinical Toxicology of Commercial Products*. Williams and Wilkins. Baltimore.
- Kirk, R. E. dan Othmer, D. F. (1965): *Encyclopedia Of Chemical Technology*. Wiley Inter Science Publisher Inc. New York.
- McKetta, J. J. (2002): *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*. Marcel Dekker, Inc. New York
- Ullman, F. (2002): *Ullman Ensiklopedia Kimia Industri*. Germany

