

**PABRIK ASETALDEHID DARI ETANOL DENGAN PROSES  
OKSIDASI  
PRA RANCANGAN**



**Disusun oleh :**

**BITSAR IHSANI N RAHMAN**

**1531010009**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA  
TIMUR  
2019**



## KETERANGAN REVISI

Mahasiswa dibawah ini :


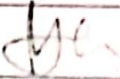
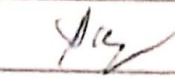
Nama : RIZKI TRIAMAJA  
NPM : 1531010019  
Jurusan : Teknik Kimia / Teknik Industri / Teknologi Pangan /  
Teknik Sipil / Teknik Lingkungan

Telah mengerjakan revisi / tidak ada revisi \*) PRA RENCANA (DESIGN) / SKRIPSI / TUGAS  
AKHIR Ujian Lisan Gelombang \_\_\_\_\_, TA. 2019 / 2020 dengan judul :

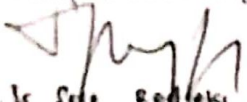
PABRIK ASETALDEHID DARI ETANOL DENGAN PROSES OKSIDASI

Surabaya, 19 Januari 2020

Dosen Penguji yang memerintahkan *Revisi* :

1. Prof. Dr. Ir. Soemargono, SU (  )
2. Ir. Isai Utami, MT (  )
3. Dr. Ir. Sutibowati, RET (  )
4. \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )

Mengetahui :  
Dosen Pembimbing,

  
Prof. Dr. Ir. Site Redjeki MT

Catatan : \*) Coret yang tidak perlu

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan karunia beserta rahmat-Nya kepada kita semua, sehingga kami diberikan kekuatan dan kelancaran dalam menyelesaikan Pra rencana pabrik kami yang berjudul “Asetaldehid dari Etanol dengan Proses Oksidasi”.

Adapun penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh dalam kurikulum program studi S-1 Teknik Kimia dan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia di Fakultas Teknik UPN “Veteran” Jawa Timur, Surabaya.

Tugas Akhir yang kami tersusun atas kerjasama dan berkat bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Redjeki, MT selaku Dosen Pembimbing Pra Rencana Pabrik.
2. Bapak dan Ibu Dosen pengajar serta seluruh karyawan Jurusan Teknik Kimia.
3. Orang tua serta saudara-saudara kami, atas doa, bimbingan, perhatian, dan kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
4. Teman-teman yang telah memberikan semangat penyusunan Para Rencana Pabrik.

Akhir kata, kami menyampaikan maaf atas kesalahan yang terdapat dalam laporan tugas akhir ini, semoga dapat memenuhi syarat akademis dan bermanfaat bagi kita semua. Kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan penyusun berikutnya, penyusun mengucapkan terima kasih.

Surabaya, 3 Januari 2020

Penyusun



---

## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR BEBAS REVISI .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
INTISARI .....	ix
BAB I PENDAHULUAN .....	I-1
BAB II SELEKSI & URAIAN PROSES .....	II-1
BAB III NERACA MASSA.....	III-1
BAB IV NERACA PANAS .....	IV-1
BAB V SPESIFIKASI ALAT .....	V-1
BAB VI INSTRUMEN & KESELAMATAN KERJA .....	VI-1
BAB VII UTILITAS .....	VII-1
BAB VIII STRUKTUR ORGANISASI .....	VIII-1
BAB IX ANALISA EKONOMI .....	IX-1
BAB X DISKUSI DAN KESIMPULAN .....	X-1
DAFTAR PUSTAKA .....	XI-1



---

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel I.1. Data Import Asetilen di Indonesia .....	I-3
Tabel I.2. Proyeksi Kebutuhan Astilen Indonesia.....	I-5
Tabel I.3 Sifat Fisik Kalsium Karbida.....	I-6
Tabel I.4. Komposisi Kalsium Karbida.....	I-7
Tabel I.5 Sifat Fisik Air.....	I-7
Tabel I.6 Sifat Fisik Sodium Hidroksida.....	I -8
Tabel I.7 Sifat Fisik Asetilen.....	I-9
Tabel I.8 Luas Lahan Pabrik.....	I-16
Tabel II.1 Perbandingan Proses Pembuatan Asetilen.....	II-4
Tabel VI.1. Instrumenstasi Pada Pabrik.....	VI-4
Tabel VI.2. Jenis & Jumlah Fire-Extinguisher .....	VI-6
Tabel VI.3. Fasilitas yang Menunjang Keselamatan Kerja Karyawan .....	VI-11
Tabel VIII.1. Jadwal Kerja Karyawan Proses .....	VIII-8
Tabel VIII.2. Perincian Jumlah Tenaga Kerja .....	VIII-9
Tabel IX.1. Biaya Total Produksi .....	IX-10
Tabel IX.2. Hubungan Tahun Konstruksi dengan Modal Sendiri .....	IX-10
Tabel IX.3. Hubungan Tahun Konstruksi dengan Modal Pinjaman .....	IX-10
Tabel IX.4. Tabel Cash Flow .....	IX-11
Tabel IX.5. Internal Rate Of Return (IRR) .....	IX-12
Tabel IX.6. Rate Of Investment (ROI) .....	IX-12
Tabel IX.7. Pay Back Periode (PBP) .....	IX-13
Tabel IX.8. Tabel Data Untuk Grafik BEP .....	IX-14



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar I.1 Kebutuhan Asetilen Indonsia.....	I-4
Gambar 1.2. Layout (Siteplan) Pabrik Asetilen .....	I-18
Gambar I.3. Peta Desa Sukomulyo .....	I-20
Gambar I.4. Peta Lokasi Pra Rencana Pabrik Asetilen.....	I-20
Gambar I.5. Tata Letak Alat Pabrik Asetilen.....	I-21
Gambar II.1. Diagram Alir Proses Hidrasi .....	II-1
Gambar II.2. Diagram Alir Proses Pirolisis.....	II-2
Gambar II.3. Diagram Alir Proses Oksidasi Parsial.....	II-3
Gambar VIII.1. Struktur Organisasi Perusahaan .....	VIII-12
Gambar IX.1. Grafik Break Event Point .....	IX-14

## INTISARI

Perencanaan pabrik “Asetaldehid dari Etanol dengan Proses Oksidasi” ini direncanakan untuk kapasitas produksi sebesar 50.000 ton/tahun.

Asetaldehid merupakan senyawa kimia dengan rumus kimia  $\text{CH}_3\text{CHO}$ . Asetaldehid sendiri berupa liquid tak berwarna. Asetaldehid dihasilkan dari reaksi etanol dengan oksigen. Produk Asetaldehid memiliki prospek besar dalam pasar karena memiliki berbagai macam kegunaan. Salah satu kegunaan kalsium hidroksida adalah untuk bahan baku pembuatan asam asetat.

Secara singkat uraian proses dari pabrik Kalsium Hidroksida sebagai berikut : Etanol dengan kadar 96% diuapkan terlebih dahulu dan suhunya ditingkatkan hingga  $300^\circ\text{C}$ . Begitupun juga udara bebas setelah melewati filter dan blower, suhu udara ditingkatkan hingga  $500^\circ\text{C}$ . Setelah itu kedua bahan tersebut direaksikan di dalam fixed bed multitube reactor untuk membentuk gas asetaldehid dan air. Setelah didapatkan produk tersebut dengan konversi 70% gas tersebut diturunkan suhunya hingga berubah fasa menjadi liquid menjadi  $30^\circ\text{C}$  dan dimasukkan dalam kolom scrubber untuk menyerap gas asetaldehid dengan menggunakan pelarut dilute alcohol. Kemudian campuran tersebut akan diumpangkan ke dalam kolom destilasi untuk mendapatkan produk asetaldehid. Selanjutnya etanol sisa hasil reaksi dan etanol pelarut diumpangkan menuju kolom destilasi untuk dipisahkan dengan air. Etanol hasil destilasi tersebut kemudian diumpangkan menuju mixer untuk dicampur dengan etanol fresh.

Pabrik ini rencana didirikan di Cilegon dan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan data-data sebagai berikut :

- Kapasitas : 50.000 ton/tahun
- Bentuk Perusahaan : Perseroan Terbatas
- Sistem Organisasi : Garis dan Staff
- Jumlah Karyawan : 170 Orang
- Sistem Operasi : Kontinyu
- Waktu Operasi : 330 hari/tahun; 24 jam/hari
- Total Investasi : Rp. 395.982.470.076

- Pay Back Periode : 3 tahun 2 bulan
- Bunga Bank : 11%
- Internal Rate of Return : 33,11 %
- Break Even Point (BEP) : 32%

**Analisa ekonomi :**

- Masa Konstruksi : 2 Tahun
- Umur Pabrik : 10 Tahun
- Fixed Capital Investment (FCI) : Rp. 458.633.849.304
- Working Capital Investment (WCI) : Rp 184.947.875.915
- Total Capital Investment (TCI) : Rp 643.581.725.219
- Biaya Bahan Baku (1 tahun) : Rp 1.790.655.820.090
- Biaya Utilitas (1 tahun) : Rp 21.639.365.220
- Biaya Produksi Total (TPC) : Rp 2.613.687.817.259
- Hasil Penjualan Produk (Sale Income) : Rp 2.606.687.817.259
- Bunga Bank (Bank BI) : 11%





## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan industri di Indonesia terus mengalami peningkatan yang pesat, salah satunya adalah industri kimia. Industri kimia merupakan salah satu bagian industri yang mengolah dan memproduksi bahan baku menjadi bahan setengah jadi maupun bahan jadi yang memiliki nilai ekonomis lebih tinggi melalui serangkaian proses kimia yang siap untuk dipasarkan. Untuk memenuhi kebutuhan industri kimia sektor dalam negeri, saat ini Indonesia masih melakukan impor baik bahan baku maupun bahan penunjang dari luar negeri. Bahan baku yang dibutuhkan dalam industri kimia sebenarnya telah dimiliki oleh Indonesia yang saat ini memiliki banyak potensi sumber daya alam. Kekayaan alam yang dimiliki oleh Indonesia dapat dikembangkan melalui pengolahan bahan alam tersebut menjadi bahan baku dan bahan penunjang dalam industri kimia.

Salah satu industri kimia yang cukup menjanjikan adalah pembuatan asetaldehid. Dalam kurun waktu lima tahun terakhir kebutuhan asetaldehid di Indonesia mengalami peningkatan. Menurut Badan Pusat Statistik, kebutuhan asetaldehid di Indonesia dari tahun 2013 – 2017 mengalami peningkatan dari 9.900 – 40.823 ton/tahun. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa tingkat konsumsi asetaldehid di Indonesia cukup besar, namun pemenuhan kebutuhan asetaldehid ini masih didatangkan dari negara lain. Untuk menghilangkan ketergantungan terhadap impor dan menciptakan kemandirian industri kimia di Indonesia, maka diperlukan usaha untuk memproduksi asetaldehid dengan cara pendirian pabrik baru. Sehubungan dengan hal tersebut, pendirian pabrik asetaldehid di Indonesia akan membantu untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Asetaldehid atau *ethanal* dengan rumus kimia  $\text{CH}_3\text{CHO}$  merupakan senyawa organik aldehyd yang cukup penting yang diproduksi dan dikonsumsi secara global untuk aplikasi industri yang berbeda. Asetaldehid dapat terbentuk secara alami dan dapat diproduksi dalam skala besar secara komersial di berbagai belahan dunia. Asetaldehid mempunyai kegunaan yang sangat luas dalam industri kimia. Produk



ini digunakan dalam industri kimia sebagai bahan *intermediate* yaitu untuk menghasilkan bahan kimia yang lain, seperti bahan baku pembuatan asam asetat, n-butanol, asetat anhidrid, asam laktat, *ethyl acetate*, *2-ethylhexanol*, *pentaerythrytol*, *trimethylolpropane*, *pyridine*, *paracetic acid*, *cratonaldehyde*, *chloral*, dan *1,3-buthylene glycol* (McKetta, 1976).

Bahan baku yang digunakan untuk membuat asetaldehid adalah etanol dan oksigen dengan katalis perak (Ag) melalui reaksi oksidasi etanol. Bahan baku etanol yang digunakan diperoleh dari PT Indolampung Distillery dengan kapasitas 69.300 kL/tahun yang berkedudukan di Lampung Tengah, provinsi Lampung (PT Indolampung Distillery, 2017). Bahan baku oksigen diperoleh dari udara yang ada di sekitar pabrik. Katalis perak diperoleh dari Zibo Hanyu International Trade Co., Ltd.

## **1.2 Sejarah Perkembangan Pabrik**

Asetaldehid pertama kali dibuat oleh Scheele pada tahun 1774, dengan menambahkan mangan dioksida dan asam sulfat pada etanol. Struktur asetaldehid dibuat oleh Liebig pada tahun 1835 dari sampel murni yang dibuat dengan mengoksidasi etil alkohol dengan asam kromat. Liebig menamai senyawa "aldehida" yang berasal dari kata Latin. Pembentukan asetaldehida dengan penambahan air menjadi asetilena diamati oleh Kutscher pada tahun 1881 (Kirk-Orthmer, 1982).

## **1.3 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk**

### **1.3.1 Spesifikasi Bahan Baku**

#### **1. Etanol**

Etanol disebut juga etil alkohol adalah larutan yang mudah menguap, mudah terbakar, dan tidak berwarna. Untuk lebih jelasnya berikut adalah uraian sifat fisik dan kimia etanol:

##### **a. Sifat Fisik**

Fase	: Cair
Rumus Molekul	: C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
Berat Molekul	: 46,053 g/mole



Titik didih	: 78,32°C
Titik Beku	: -114,1°C
Titik Nyala	: 14°C
Temperature Kritis	: 243,1°C (469,4 F)
Specifik Graviti	: 0,789
Tekanan uap	: 5,7 kPa
Densitas gas	: 1,59 kg/m <sup>3</sup>
Viskositas pada 20°C	: 1,17 cP
Densitas Cair	: 0,7893 g/cm <sup>3</sup>

(Kirk-Orthmer, 1982)

Spesifikasi bahan baku etanol yang didapatkan dari PT Indolampung Distillery yaitu etanol dengan kemurnian 96,3% dengan densitas 0,78 gr/cm<sup>3</sup>.

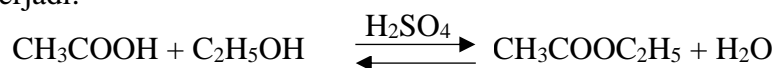
b. Sifat Kimia

Etanol merupakan alkohol alifatik yang reaktifitasnya ditentukan oleh gugus hidroksilnya. Reaksi terjadi melalui pecahnya ikatan C – O atau O – H dan bercirikan reaksi substitusi dari gugus –H atau –OH.

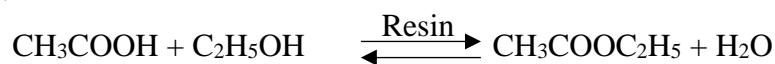
Reaksi-reaksi dengan etanol adalah:

- Reaksi esterifikasi

Reaksi antara alkohol dan asam asetat dengan katalis asam kuat. Reaksi yang terjadi:

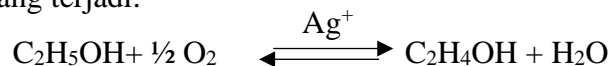


Reaksi antara alkohol dan asam asetat dengan katalis resin. Reaksi yang terjadi:



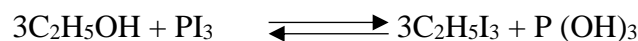
- Reaksi Oksidasi

Reaksi yang terjadi:



- Reaksi dengan fosfor iodide menghasilkan etil iodide.

Reaksi yang terjadi:





- Reaksi dehidrasi

Reaksi yang terjadi:



(Kirk-Orthmer, 1982)

## 2. Udara (Oksigen dan Nitrogen)

Udara merupakan campuran gas yang terdapat pada permukaan bumi. Udara tidak tampak mata, tidak berbau, dan tidak berasa. Kandungan gas penyusun udara yaitu berupa oksigen, nitrogen, dan gas lainnya.

- Oksigen

Oksigen pada suhu dan tekanan standar berupa gas tak berwarna dan tak berasa.

Berikut adalah sifat fisik dari oksigen:

### a. Sifat Fisik

Rumus Molekul	: O <sub>2</sub>
Berat Molekul	: 32
Berat jenis gas	: 1,35 kg/m <sup>3</sup>
Berat jenis relatif	: 1,105
Titik didih	: -183°C
Suhu Kritis	: -118,8°C

(Science Lab, 2017)

- Nitrogen

Nitrogen pada suhu dan tekanan standar berupa gas tak berwarna dan tak berasa.

Berikut adalah sifat fisik dari nitrogen:

### a. Sifat Fisik

Fase	: Gas
Rumus Molekul	: N <sub>2</sub>
Berat Molekul	: 28,013
Berat jenis gas	: 1,170 kg/m <sup>3</sup>
Berat jenis relatif	: 0,967
Titik didih	: -195,8°C
Suhu Kritis	: -147,1°C



(Science Lab, 2017)

### 3. Katalis Silver

Katalis silver digunakan untuk mempercepat reaksi pembentukan asetaldehid.

Berikut ini adalah karakteristik sifat fisik dari silver:

#### a. Sifat Fisik

Fase	: Padat
Rumus molekul	: Ag
Berat molekul	: 107,87g/mol
Titik didih	: 2212°C
Titik beku	: 961°C
Spesifik graviti	: 10,4

### 1.3.2 Spesifikasi Produk

Produk utama yang dihasilkan dari proses oksidasi etanol dengan udara yaitu berupa asetaldehid dan air.

#### 1. Asetaldehid

Asetaldehid atau menurut nama sistematisnya etanal, adalah sebuah senyawa organik dari kelompok aldehyd. Senyawa ini mudah terbakar dengan aroma buah-buahan. Sifat fisik dan sifat kimia dari asetaldehid yaitu sebagai berikut:

#### a. Sifat Fisik

Fase	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Rumus molekul	: CH <sub>3</sub> CHO
Berat molekul	: 44,053 g/mol
Densitas	: 0,8045 kg/L
Titik didih	: 21°C
Titik beku	: -123,5°C
Temperatur kritis	: 188°C



Tekanan uap	: 101,3 kPa (20°C)
Densitas gas	: 1,52 kg/m <sup>3</sup>

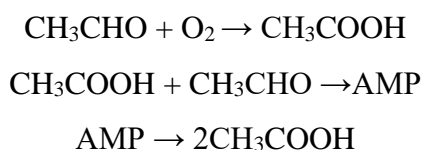
(Kirk-Orthmer, 1982)

b. Sifat Kimia

Asetaldehid adalah senyawa yang sangat reaktif, yang secara umum dipakai pada bidang manufaktur. Reaksi oksidasi, reduksi, kondensasi, polimerisasi, dan adisi adalah contoh-contoh reaksi kimia dari asetaldehid.

- Reaksi Oksidasi

Oksidasi Asetaldehid fase cair dengan udara (oksigen) merupakan yang penting dalam industri. Kebanyakan asam asetat banyak diproduksi melalui cairan ini. Reaksi oksidasi adalah reaksi rantai dimana asam perasetat dihasilkan dan kemudian bereaksi dengan Asetaldehid untuk menghasilkan asam asetat melalui monoperasetat (AMP). Reaksi:



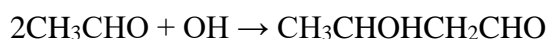
(Groggins, 1958).

- Reduksi

Reduksi terhadap gugus karbonil (C=O) menjadi alkohol mudah terjadi. Banyak jenis katalis yang mungkin digunakan, diantaranya platina dan asam kloroplatinat atau dari ammonium kloroplatinat, raney nikel, paladin (Groggins, 1958).

- Reaksi Kondensasi

Larutan basa encer menyebabkan asetaldehid mengalami kondensasi aldol menjadi asetadol. Kondensasi aldol adalah reaksi yang sangat umum dari asetaldehid. Berikut reaksi kondensasi:



Asetadol adalah intermediate penting dalam pembuatan 1-3 butanol dan *butyraldehyde* yang melalui asetaldehid dan juga dalam pembuatan 1,3-butana-di-ol. Reaksi penting yang lain adalah aldol asetaldehid dengan formaldehyde



berlebih yang merupakan bagian dari pembuatan pentarythritol  $C(CH_2OH)_4$  secara komersial (Groggins, 1958).

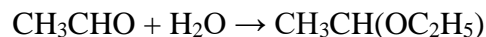
- Polimerisasi

Sedikit asam mineral akan mengkatalisasi rimetrisasi aldehida menjadi garaidehid pada suhu ruang. Jika asetaldehid dititrasi dengan HCl kering pada suhu rendah tetiamer, metasetaldehid atau metaldehid akan terbentuk.

Kemudian akan berubah kembali menjadi Asetaldehid dan paraldehid dengan membiarkannya pada  $60-65^\circ C$  selama beberapa hari. Peristiwa ini dinamakan depolimerisasi. Depolimerisasi akan sempurna dengan pemanasan pada tabung seal (Groggins, 1958).

- Reaksi Adisi

Meskipun sedikit asetaldehid (kecuali cloral dan halogenased aldehid yang lain) yang membentuk idrat yang dapat diisolasi, suatu larutan encer Asetaldehid mengandung hidrat asetaldehid (gem-diol) dalam keseimbangannya. Reaksi:



Dengan cara yang sama asetaldehid sedikit terbentuk dan bereaksi dengan glycol dan dengan senyawa polihidraksi yang lain. Reaksi adisi merkaptal terhadap asetaldehid akan membentuk merkaptal  $(CH_3CHCSR)_2$  dimana suffat analog dengan aseptial juga dibuat dengan mereaksikan asetaldehid, dengan alkohol pada fase uap tanpa katalis (Groggins, 1958).

## 2. Air

Air tersusun oleh dua atom hidrogen yang berikatan secara kovalen dengan satu atom oksigen. Pada tekanan dan suhu standard air bersifat tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berbau. Sifat fisik dari air adalah sebagai berikut:

### a. Sifat Fisik

Fase	: Cair
pH	: 7 (Netral)
Rumus Molekul	: $H_2O$
Berat Molekul	: 18,02 g/mol



Titik didih	: 100°C
Spesifik Graviti	: 1
Tekanan Uap	: 2,3 kPa (20°C)
Densitas Gas	: 0,62 kg/m <sup>3</sup>

(Science Lab, 2017)

#### **I.4 Kapasitas Produk**

Dalam perancangan suatu pabrik, kapasitas produksi harus ditentukan dengan cara memperhatikan segi pemasaran, konsumsi dalam negeri, ketersediaan bahan baku dalam negeri serta kapasitas minimal dan kapasitas maksimal pabrik asetaldehid yang sudah ada. Dari segi pemasaran, asetaldehid mempunyai peluang besar, hal ini dapat diketahui dari jumlah impor asetaldehid di Indonesia yang selalu meningkat.

Asetaldehid merupakan bahan baku utama untuk pembuatan asam asetat, n-butanol, asam anhidridat dan piridin. Kebutuhan asetaldehid di Indonesia selama ini cukup banyak. Pemenuhan kebutuhan asetaldehid dalam negeri sampai saat ini dengan melakukan impor dari beberapa negara di belahan dunia. Hal ini dikarenakan di Indonesia tidak memproduksi asetaldehid sendiri sehingga belum bisa memenuhi kebutuhan dalam negeri. Kebutuhan asetaldehid di Indonesia dapat dilihat dari jumlah impor yang cenderung naik. Data jumlah impor asetaldehid di Indonesia ditinjau dari 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Impor Asetaldehid di Indonesia

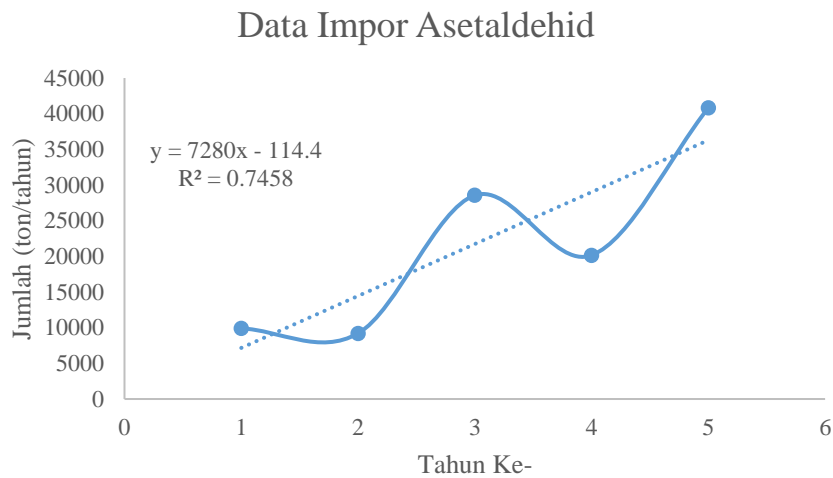
No	Tahun Ke-	Kebutuhan Asetaldehid (Kg)
1	1 (2014)	9.197
2	2 (2015)	28.557
3	3 (2016)	20.160
4	4 (2017)	40.823
5	5 (2018)	23.697

(BPS, 2017)





Berdasarkan data impor pada Tabel di atas, diketahui bahwa impor asetaldehid di Indonesia dalam 5 tahun terakhir relatif cukup banyak. Hal ini menunjukkan kebutuhan asetaldehid di Indonesia relatif meningkat tiap tahunnya. Untuk memperoleh perkiraan kebutuhan asetaldehid selama 5 tahun berikutnya, maka data impor pada tabel diintrepetasikan dalam bentuk kurva linear seperti pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Data Impor Asetaldehid Tahun 2013-2017

Dari grafik di atas diperkirakan kebutuhan asetaldehid pada tahun 2020 mencapai 58131.9 ton/tahun. Dapat juga digunakan metoda *Least Square* untuk mencari kebutuhan asetaldehid pada tahun 2020 :

$$y = a + b (x - \bar{x})$$

Dimana :

$$a = \bar{y}$$

$$b = \frac{\Sigma(\bar{x}-x)(\bar{y}-y)}{\Sigma(\bar{x}-x)^2}$$

$$\Sigma(\bar{x} - x)(\bar{y} - y) = \Sigma xy - \frac{\Sigma x \cdot \Sigma y}{n}$$

$$\Sigma(\bar{x} - x)^2 = \Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}$$

Keterangan :



$\bar{x}$  = rata-rata x

$\bar{y}$  = rata-rata y

n = jumlah data yang diobservasi

**Tabel. 1.2 Perhitungan persamaan kebutuhan Asetaldehid di Indonesia**

Tahun	Tahun ke-(x)	Kapasitas Import (Ton/Tahun)	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
2013	1	9900	1	98010000	9900
2014	2	9197	4	84584809	18394
2015	3	28557	9	815502249	85671
2016	4	20160	16	406425600	80640
2017	5	40823	25	1666517329	204115
Jumlah	15	108637	55	3071039987	398720
Rata-rata	3	21727.4	11	614207997	79744

$$\bar{x} = 3$$

$$\bar{y} = 21727.4$$

$$b = \frac{\Sigma(\bar{x}-x)(\bar{y}-y)}{\Sigma(\bar{x}-x)^2}$$

$$\Sigma(\bar{x}-x)(\bar{y}-y) = \Sigma xy - \frac{\Sigma x \cdot \Sigma y}{n}$$

$$\Sigma(\bar{x}-x)(\bar{y}-y) = 398720 - \frac{15 \times 108637}{5}$$

$$= 72809$$

$$\Sigma(\bar{x}-x)^2 = \Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}$$

$$= 55 - \frac{(15)^2}{5} = 10$$

$$b = \frac{72809}{10}$$

$$b = 7280.9$$



$$a = \bar{y} = 21727.4$$

Dari perhitungan, maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$y = a + b (x - \bar{x})$$

$$y = 21727.4 + 7280.9 (x - 3)$$

$$y = -115.3 + 7280.9 x$$

Contoh Perhitungan untuk tahun 2020 :

$$y = 2600,8062 + 2280,3768 x$$

y = kebutuhan asetaldehid (ton/tahun)

x = tahun ke-

$$y = 2600,8062 + 2280,3768 (8)$$

$$y = 58131.9 \text{ ton/tahun}$$

Jadi, untuk tahun 2020 (tahun ketika pabrik sudah selesai dibangun dan telah masuk tahap produksi) diperkirakan Indonesia membutuhkan asetaldehid  $\pm$  sebesar **58131.9 ton/tahun**.

### **1.5 Lokasi Pabrik**

Pemilihan lokasi pabrik dimaksudkan untuk memperoleh lokasi yang mampu memberikan profit sebesar-besarnya dari proses produksi dan distribusi yang rendah atau mampu memberikan efisiensi yang maksimum. Pemilihan lokasi yang tepat harus memberikan suatu perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta pertimbangan sosiologi, yaitu pertimbangan dalam mempelajari sikap dan sifat masyarakat di sekitar lokasi pabrik (Peters *et al.*, 2004).

Pertimbangan lokasi pabrik dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode kuantitatif dan kualitatif. Untuk metode kuantitatif terdiri dari analisis titik impas, analisa pusat gravitasi, dan analisa transportasi. Metode kuantitatif jarang digunakan karena hanya mempertimbangkan faktor tertentu saja dalam pemilihannya, sedangkan pemilihan lokasi pabrik metode kualitatif dilakukan dengan cara pemeringkatan faktor. Metode ini sering digunakan karena mencakup beberapa faktor yang cakupannya cukup luas. Langkah yang perlu dilakukan dalam



## BAB I PENDAHULUAN

pemeringkatan faktor yaitu menentukan faktor-faktor, menetapkan bobot setiap faktor, mengembangkan skala untuk tiap faktor, mengalikan skor dengan bobot, menentukan total untuk setiap lokasi dan memberikan rekomendasi.

Alternatif lokasi pabrik asetaldehid ada dua pilihan, yaitu Kabupaten Lampung Tengah dan Kota Cilegon. Kabupaten Lampung Tengah dipilih berdasarkan letak bahan baku, sedangkan Kota Cilegon berdasarkan letak pasar. Selanjutnya kedua lokasi tersebut dibandingkan dengan mempertimbangkan beberapa faktor, yaitu letak bahan baku, sarana transportasi, pasar utama, ketenagakerjaan, utilitas, kondisi iklim dan cuaca, dan kebijakan pemerintah.

Berikut adalah perbandingan pemilihan lokasi pabrik asetaldehid berdasarkan metode kualitatif dengan pemeringkatan faktor yang dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Perbandingan Lokasi Pendirian Pabrik Asetaldehid

Faktor	Kabupaten Lampung Tengah	Kota Cilegon
Bahan baku	Sangat dekat dengan lokasi pabrik	Tidak terlalu jauh dari lokasi pabrik
Pasar utama	Sangat jauh dengan pasar utama	Dekat dengan pasar utama
Transportasi	Adanya pelabuhan Bakauheni, namun akses jalan raya masih terbatas	Adanya pelabuhan Merak dan terhubung dengan akses jalan Tol Merak – Jakarta serta jalur rel kereta api.
Utilitas	Bahan bakar diperoleh dari Pertamina, Listrik dari PLN dan air dari sungai wai seputih	Bahan bakar didukung Pertamina, listrik dari PLTU Suralaya (3.400 MW) dan air oleh PT Krakatau Tirta Industri (2.000 L/detik)
Tenaga kerja	Susah di dapat namun UMK rendah	Mudah di dapat dan UMK cukup tinggi
Ketersediaan lahan	Lahan kosong sangat luas	Lahan kosong sangat luas
Kebijakan pemerintah	Mendapat dukungan penuh	Mendapat dukungan penuh
Iklim dan cuaca	Kondisi iklim dan cuaca stabil	Kondisi iklim dan cuaca stabil



## BAB I PENDAHULUAN

Kemudian dilakukan pemeringkatan faktor dengan mendapatkan bobot dan skor tiap faktor. Selanjutnya mengalikan skor dengan bobot dan menentukan total untuk tiap lokasi. Total poin terbanyak maka dijadikan lokasi pabrik asetaldehid. Berikut adalah pemeringkatan faktor dengan bobot dan skor dimana lokasi A adalah Kabupaten Lampung Tengah dan Lokasi B adalah Kota Cilegon yang dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Pemeringkatan Faktor Lokasi Pendirian Pabrik Asetaldehid

Faktor	Bobot	Skor		Skor terimbang	
		Lokasi A	Lokasi B	Lokasi A	Lokasi B
Bahan baku	0,20	90	75	18,00	15,00
Pasar utama	0,20	60	90	12,00	18,00
Transportasi	0,15	70	85	10,50	12,75
Utilitas	0,20	90	90	18,00	18,00
Tenaga kerja	0,05	80	85	4,00	4,25
Ketersediaan lahan	0,10	90	90	9,00	9,00
Kebijakan pemerintah	0,05	85	85	4,25	4,25
Iklim dan cuaca	0,05	80	80	4,00	4,00
Total	1,00	645	670	79,75	85,25

Keterangan:

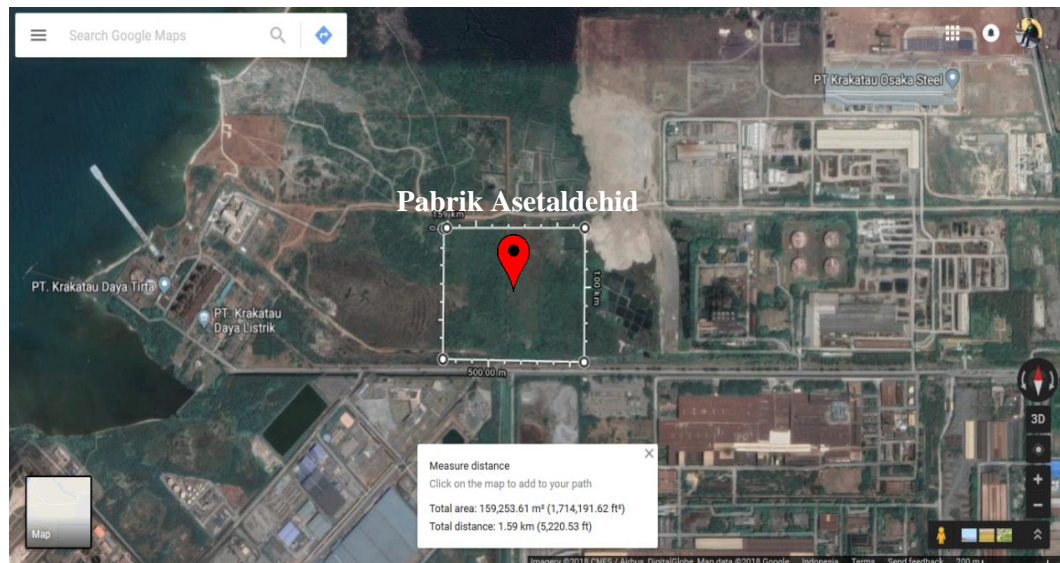
$\geq 85$  = Sangat baik

75 – 84 = Baik

65 – 74 = Cukup

$\leq 64$  = Kurang

Dari perhitungan pemeringkatan berbagai faktor, dapat diambil keputusan yaitu lokasi pendirian pabrik asetaldehid di Kota Cilegon yang berada di *Krakatau Industrial Estate Cilegon* (KIEC). KIEC merupakan sebuah kawasan industri yang terbuka, baik bagi investor asing maupun dalam negeri. Rencana lokasi pabrik tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Rencana Lokasi Pabrik

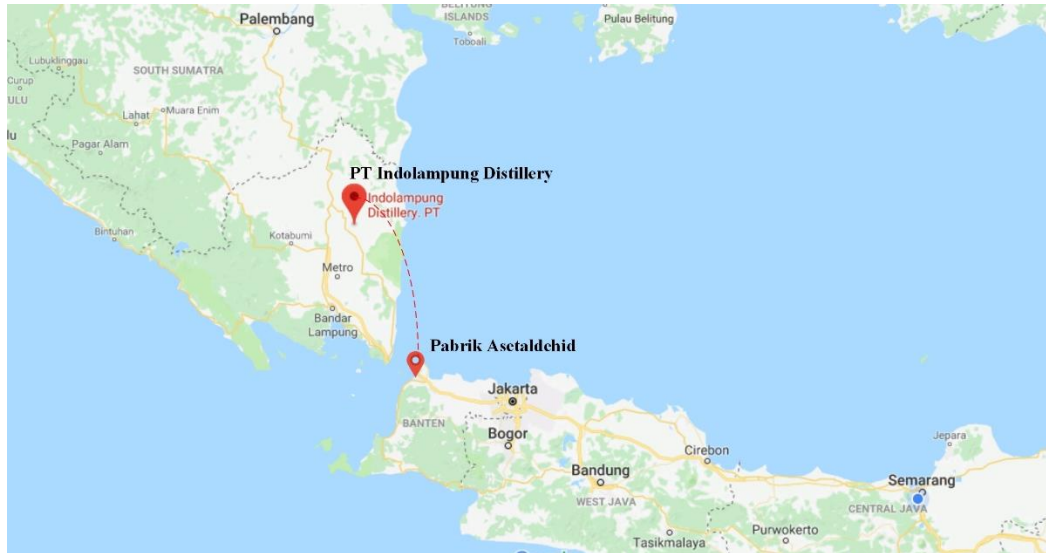
### **I.5.1 Faktor Primer**

Faktor primer ini secara langsung mempengaruhi dari tujuan utama didirikannya pabrik. Asetaldehid merupakan bahan kimia yang digunakan sebagai bahan baku produk lain (*Intermediate product*) maka untuk pemasaran produk perlu diperhatikan letak pabrik dengan pasar yang membutuhkan produk tersebut guna menekan biaya pendistribusian ke lokasi pasar dan waktu pengiriman. Adapun faktor primer meliputi sebagai berikut:

a. **Penyediaan Bahan Baku**

Sumber bahan baku merupakan faktor yang paling penting dalam pemilihan lokasi pabrik terutama pada pabrik yang mengkonsumsi bahan baku yang sangat besar. Hal ini dapat mengurangi biaya transportasi dan penyimpanan sehingga perlu diperhatikan harga bahan baku, jarak dari sumber bahan baku, biaya transportasi, ketersediaan bahan baku yang berkesinambungan dan penyimpanannya. Bahan baku pembuatan asetaldehid adalah etanol dan udara. Bahan baku etanol diperoleh dari PT Indolampung Distillery yang terletak di Lampung, sedangkan udara diperoleh dari alam. Katalis Ag diperoleh dari Zibo Hanyu International Trade Co., Ltd. Dengan lokasi pabrik di Kawasan Industri Cilegon yang berdekatan dengan pelabuhan dan berbatasan langsung dengan daerah laut diharapkan dalam penyediaan bahan baku utama tercukupi dengan lancar, karena bahan baku berasal

dari Lampung maka biaya transportasi dapat diminimalisir. Lokasi pendirian pabrik asetaldehid berdasarkan sumber bahan baku dapat dilihat pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Lokasi Pabrik Berdasarkan Sumber Bahan Baku

b. Pemasaran Produk

Untuk pemasaran produk asetaldehid ditujukan terutama untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Lokasi pabrik yang sangat dekat dengan lokasi pasar sangat membantu dalam hal pendistribusian barang sehingga dapat menekan biaya transportasi. Daerah kawasan industri Cilegon merupakan lokasi yang strategis karena memiliki pelabuhan yang berskala internasional dan berada dalam jalur transportasi utama. Lokasi pemasaran akan sangat mempengaruhi harga produk dan biaya transportasi. Letak yang sangat berdekatan dengan pasar utama merupakan pertimbangan yang sangat penting karena lebih mudah terjangkau oleh konsumen.

Pabrik-pabrik yang memanfaatkan asetaldehid sebagai bahan bakunya antara lain pabrik asam asetat, n-butanol, asetat anhidrid, asam laktat, *ethyl acetate*, *2-ethylhexanol*, *pentaerythrytol*, *trimethylolpropane*, *pyridine*, *paracetic acid*, *cratonaldehyde*, *chloral*, dan *1,3-buthylene glycol*. Beberapa industri yang membutuhkan asetaldehid sebagai bahan baku ditunjukkan pada Tabel 1.5.



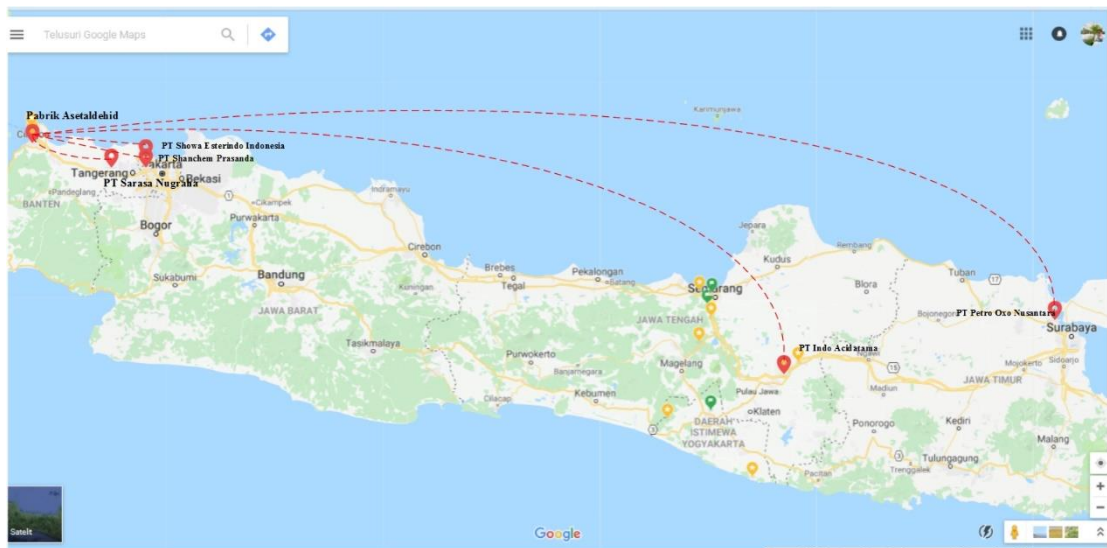
**BAB I PENDAHULUAN**

Tabel 1.5 Pabrik yang Membutuhkan Asetaldehid di Indonesia Tahun 2017

No	Nama	Produk	Kapasitas (ton/tahun)	Lokasi
1	Petro Oxo Nusantara <sup>a</sup>	<i>n-hexanol</i>	135.000	esik
2	Showa Esterindo Indonesia <sup>b</sup>	il Asetat	60.000	rang
3	Indo Acidatama <sup>c</sup>	am Asetat	33.000	rakarta
4	Indo Acidatama <sup>c</sup>	il Asetat	7.500	rakarta
5	Sarasa Nugraha <sup>d</sup>	am Asetat	9.000	ngerang
6	Shamchem Prasadha <sup>e</sup>	am Asetat		ngkareng

<sup>a</sup>PT Petro Oxo Nusantara <sup>b</sup>PT Showa Esterindo Indonesia <sup>c</sup>PT Indo Acidatama <sup>d</sup>PT Sarasa Nugraha <sup>e</sup>PT Shamchem Prasadha

Berdasarkan lokasi pabrik yang akan didirikan dengan industri-industri yang membutuhkan asetaldehid sebagai bahan baku di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Lokasi Pabrik Berdasarkan Konsumen

c. Sarana Transportasi

Sarana transportasi diperlukan dalam mengangkut bahan baku dan pemasaran produk. KIEC dekat dengan pelabuhan Internasional Merak (8 km) yang mempermudah penerimaan bahan baku. Selain itu kawasan tersebut juga dekat dengan sarana dan prasarana transportasi seperti jalan tol Jakarta-Merak, dan sarana pengangkutan dengan kereta api. Hal ini akan memberikan kemudahan dalam pengiriman produk, operasional admintrasi dan manajemen perusahaan.





### **I.5.1 Faktor Sekunder**

Faktor sekunder merupakan faktor pendukung dalam pendirian sebuah pabrik. Faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut:

a. Tenaga Kerja

Dilihat dari sisi komposisi pencari kerja menurut pendidikan, pencari kerja di Provinsi Banten umumnya berpendidikan menengah. Persentase pencari kerja yang berpendidikan tinggi (diploma dan sarjana) meningkat dari 6,77 persen menjadi 11,90 persen. Begitu juga, persentase pengangguran yang mengenyam pendidikan menengah (SMA/SMK) mengalami kenaikan dari 44,68 persen menjadi 46,79 persen. Sebaliknya pencari kerja pendidikan rendah mengalami penurunan (SMP ke bawah) dari 48,57 persen menjadi 41,32 persen (BPS Provinsi Banten, 2017).

Dilihat dari komposisi pengangguran di Provinsi Banten pada tahun 2017, jumlah pengangguran terbesar yakni pada lulusan SMK (23,63%). Data Pengangguran Menurut Pendidikan di Provinsi Banten, pada tahun 2017 ditunjukkan pada Tabel 1.6.

Tabel 1.6 Data Pengangguran Menurut Pendidikan di Provinsi Banten, Agustus 2015-Februari 2017 dalam %

Pendidikan Tertinggi yang Ditamatkan	Agustus 2015	Februari 2016	Agustus 2016	Februari 2017
SD Ke Bawah	25,10	32,19	24,48	23,04
SMP	21,21	18,66	24,07	18,28
SMA	27,44	17,64	25,34	23,16
SMK	19,18	23,64	19,34	23,63
Diploma I/II/III	2,10	2,00	1,61	4,10
Universitas	4,97	5,86	5,16	7,80
Jumlah	100,00	100,00	100,00	100,00

(BPS Provinsi Banten, 2017)

Dilihat dari lulusan jenjang pendidikan, lulusan SMK paling banyak yang berstatus sebagai pencari kerja (13,33%). Angka ini lebih banyak dari lulusan SMU yang 10,31 persen. Lulusan perguruan tinggi lebih mudah terserap di pasar kerja, yakni hanya 6,86 persen yang menganggur (lulusan Diploma) dan hanya 5,08 persen (lulusan Sarjana). Pada lulusan pendidikan rendah (SD ke bawah) memang



## BAB I PENDAHULUAN

banyak terserap di lapangan kerja tetapi mereka biasanya adalah pekerja informal yang bukan *new entry* (BPS Provinsi Banten, 2017).

Berdasarkan data ketenagakerjaan Provinsi Banten 2017, pencari kerja pada tahun 2017 tercatat sebanyak 108.339 jiwa. Data tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.7.

Tabel 1.7 Data Ketenagakerjaan Provinsi Banten 2017

No	Keterangan	Laki-Laki	Perempuan	Jumlah
1	Pencari Kerja Terdaftar	50.218	58.121	108.339
2	Lowongan Kerja Terdaftar	26.149	21.824	47.973
3	Penempatan/Pemenuhan Tenaga Kerja	24.231	23.197	47.428

(BPS Provinsi Banten, 2017)

Dilihat dari besarnya upah minimum kabupaten/kota (UMK), kota Cilegon merupakan kota dengan UMK paling rendah yakni sebesar Rp 3.231.997,00. Data UMK tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.8.

Tabel 1.8 Data UMK Beberapa Kota di Pulau Jawa

Kota	UMK 2013	UMK 2014	JMK 2015	UMK 2016	UMK 2017
Kaski <sup>a</sup>	2.100.000	2.411.000	2.995.400	3.327.000	3.601.650
Surabaya <sup>a</sup>	2.000.000	2.440.000	2.957.000	3.330.000	3.605.272
Cilegon <sup>b</sup>	1.740.000	2.195.000	2.707.000	3.042.000	3.293.506
Kabupaten <sup>b</sup>	1.740.000	2.200.000	2.710.000	3.045.000	3.296.212
Cilegon <sup>c</sup>	2.200.000	2.443.000	2.760.000	3.008.000	3.231.997

<sup>a</sup>Keputusan Gubernur Jabar, <sup>b</sup>Keputusan Gubernur Jawa Timur, <sup>c</sup>Keputusan Gubernur Banten

### b. Utilitas

Kebutuhan sarana penunjang seperti kebutuhan tenaga listrik dapat dipenuhi dengan adanya transmisi PLTU Suralaya yang berkedudukan di Cilegon sebesar 3.400 MW, di samping itu kebutuhan listrik dapat dihasilkan dari generator pabrik. Untuk penyediaan air diperoleh dari PT Krakatau Tirta Industri yang berkedudukan di Cilegon dengan potensi debit rata-rata sebesar 2.000 L/detik.

### c. Sarana dan Prasarana

KIEC sebagai kawasan industri telah memiliki fasilitas terpadu seperti perumahan, sarana olah raga, sarana kesehatan, sarana hiburan, penginapan, sekolah dan lainnya.



d. Kebijakan Pemerintah

Pemerintah sebagai fasilitator telah memberikan kemudahan-kemudahan dalam perizinan, pajak dan hal-hal lain yang menyangkut teknis pelaksanaan pendirian suatu pabrik. Hal ini ditandai dengan kebijaksanaan pembangunan industri dalam hubungannya dengan pemerataan kesempatan kerja dan hasil-hasil pembangunan yang berhasil menumbuhkan iklim investasi yang baik di Banten.

Cilegon termasuk kawasan industri yang telah ditetapkan oleh pemerintah menurut Peraturan Daerah Kota Cilegon No. 03 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Cilegon Tahun 2010-2030, sehingga semua hal yang menyangkut kebijakan pemerintah baik perihal perijinan lingkungan masyarakat serta faktor sosial sangat mendukung (Pemerintah Kota Cilegon, 2011).

e. Kemungkinan Perluasan Suatu Pabrik

Untuk pengembangan ke masa depan perlu dipikirkan kemungkinan adanya perluasan pabrik. Perluasan pabrik di kawasan industri KIEC Cilegon sangat dimungkinkan. KIEC memiliki luas kawasan sebesar 625 hektar dan area kosong seluas 380 hektar. Dengan area luas ini maka masih memungkinkan untuk memperluas pabrik di masa yang akan datang jika diinginkan.

f. Iklim

Posisi Indonesia di daerah tropis menyebabkan iklim di Indonesia memiliki dua iklim yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Iklim yang terlalu panas mengakibatkan diperlukannya peralatan pendingin yang lebih banyak, sedangkan iklim yang terlalu dingin atau lembab mengakibatkan bertambahnya biaya konstruksi pabrik karena diperlukan perlindungan khusus pada alat-alat proses.

Secara geografis Kota Cilegon terletak antara 105°54'05” – 106°05'11” bujur timur dan 5°52'24” – 6°04'07” lintang selatan yang dibatasi oleh selat sunda (barat) kabupaten serang (utara, timur dan selatan). Kota Cilegon memiliki iklim tropis dengan temperatur berkisar antara 21,9-33,5°C dan curah hujan rata-rata 100 mm perbulan (RKPD Cilegon, 2016). Oleh karena itu pendirian pabrik asetaldehid layak didirikan di Cilegon karena termasuk daerah yang memiliki curah hujan cukup sedikit.



g. Kemungkinan Gangguan Gempa Bumi

Letak wilayah Kota Cilegon sebagai daerah pesisir cukup berpotensi terjadi gempa vulkanik yang diakibatkan letusan gunung Krakatau yang sampai saat ini masih aktif. Konsentrasi pusat gempa berada di tiga lokasi, yaitu bawah gunung Krakatau, pada graben (sesar turun) di sebelah barat selat sunda dan di selatan sumatera. Beberapa pusat gempa yang telah terjadi di daratan umumnya terjadi di Banten Selatan (Kabupaten Lebak atau Pandeglang).

Dengan memperhatikan potensi bencana alam khususnya gempa bumi dan tsunami, maka kawasan pesisir Kota Cilegon merupakan daerah yang memiliki tingkat kerentanan yang cukup tinggi. Terlebih aktivitas yang berkembang di sekitar kawasan pesisir adalah kawasan industri (khususnya industri kimia dan logam) dan pelabuhan sehingga bencana alam yang terjadi dapat disertai dengan bencana industri.

Untuk mengatasi situasi tersebut maka diperlukan upaya dari semua elemen, baik pemerintah maupun masyarakat untuk sama-sama waspada terhadap potensi bencana di Banten sehingga partisipasi itu nantinya dapat meminimalisir dampak dari bencana yang ditimbulkan. Dari pihak pemerintah sendiri akan meningkatkan kemampuan pengelolaan lingkungan dan pencegahan dan penanggulangan bencana (tanggap darurat) (RKPD Cilegon, 2016).

h. Polusi dan Limbah

Keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Cilegon akan sangat bermanfaat sebagai penyeimbang tingginya intensitas kegiatan terutama industri dan kawasan terbangun (RKPD Cilegon, 2016). Sehingga keberadaan RTH di Kota Cilegon dapat mengurangi polusi yang di timbulkan oleh pabrik yang akan dibangun.

Mengenai pengelolaan limbah industri yang telah dikelola secara internal melalui penerapan Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) yang disertai dengan pengawasan dan pemantauan atas kualitas mekanisme pengelolaan limbah terutama untuk jenis limbah B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya). Luas pengolahan industri



B3 Kota Cilegon adalah 845,55 ha dan tersedia juga tempat pengembangan akhir dengan luas 18,64 ha (RKPD Cilegon, 2016).

i. Kondisi Tanah dan Daerah

Kondisi tanah yang relatif masih luas dan merupakan tanah datar sangat menguntungkan. Sejak awal area ini direncanakan sebagai kawasan industri, sehingga tanah di sekitarnya cukup stabil. Selain itu, Kota Cilegon merupakan salah satu kawasan industri di Indonesia sehingga pengaturan dan penanggulangan mengenai dampak lingkungan dapat dilaksanakan dengan baik.

### **1.5.2. Tata Letak Pabrik**

Tata letak pabrik adalah kedudukan dari bagian pabrik yang terdiri dari tempat karyawan bekerja, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk ditinjau dari segi hubungan satu dengan yang lainnya.

Tata letak merupakan pengaturan yang optimal dari seperangkat fasilitas-fasilitas dalam pabrik. Tata letak yang tepat sangat penting dalam mendapatkan efisiensi, kelancaran dari para pekerja, dan keselamatan proses. Untuk mencapai kondisi yang optimal, maka hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan tata letak pabrik yaitu sebagai berikut:

#### **1. Perluasan Pabrik dan Kemungkinan Penambahan Bangunan**

Perluasan pabrik ini harus sudah masuk dalam perhitungan sejak awal supaya masalah kebutuhan tempat tidak timbul di masa yang akan datang. Sejumlah area harus sudah disediakan untuk menambah kapasitas pabrik.

#### **2. Keamanan**

Keamanan terhadap kemungkinan adanya bahaya kebakaran, ledakan, asap atau gas beracun harus diperhatikan dalam penempatan alat-alat pengaman seperti hidran dan penampung air yang cukup. Tangki penyimpanan bahan atau produk yang berbahaya harus diletakkan di area yang khusus serta perlu adanya jarak antar bangunan. Hal ini dimaksudkan guna memberikan pertolongan dan jalan bagi



karyawan untuk menyelamatkan diri.

### **3. Luasan Areal yang Tersedia**

Harga tanah merupakan faktor yang sangat menentukan kemampuan suatu pabrik untuk menyediakan area tanah. Pemakaian tempat disesuaikan dengan area yang tersedia. Jika harga terlalu tinggi maka perlu efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga tak menutup kemungkinan peralatan tertentu ditempatkan di atas peralatan yang lain atau lantai ruangan diatur sedemikian rupa agar dapat menghemat tempat.

### **4. Instalasi dan Utilitas**

Pemasangan dan distribusi yang baik dari udara, *steam* dan listrik akan membantu mempermudah kerja dan peralatannya. Penempatan peralatan proses sedemikian rupa sehingga petugas dengan mudah mencapainya dan dapat menjamin kelancaran operasi.

### **5. Area Pengolahan Limbah**

Pabrik harus memperhatikan aspek sosial dan ikut menjaga kelestarian lingkungan, yaitu dengan memperhatikan masalah buangan limbah hasil produksinya. Batas maksimal kandungan komponen berbahaya pada limbah harus diperhatikan dengan baik. Untuk itu penambahan fasilitas pengolahan limbah sangat diperlukan, sehingga buangan limbah tersebut tidak berbahaya bagi komunitas yang ada di sekitarnya.

Secara umum, garis besar tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa daerah:

#### **a. Daerah administrasi/perkantoran**

Daerah ini merupakan pusat kegiatan administrasi perusahaan yang mengatur kelancaran operasi dan kegiatan-kegiatan lainnya. Daerah ini ditempatkan di bagian depan pabrik agar kegiatan administrasi tidak mengganggu kegiatan dan keamanan pabrik serta harus terletak jauh dari areal proses yang berbahaya.



**b. Daerah Fasilitas Umum**

Daerah ini merupakan daerah penunjang segala aktivitas pabrik dalam pemenuhan kepentingan pekerja, seperti tempat parkir, tempat ibadah, kantin, dan pos keamanan.

**c. Daerah Proses**

Daerah ini merupakan daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan tempat proses berlangsung. Daerah proses ini terletak di bagian tengah pabrik yang lokasinya tidak mengganggu. Letak aliran proses direncanakan sedemikian rupa sehingga memudahkan pemindahan bahan baku dari tangki penyimpanan dan pengiriman produk ke daerah penyimpanan serta memudahkan pengawasan dan pemeliharaan terhadap alat-alat proses.

**d. Daerah Laboratorium dan Ruang Kontrol**

Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendali proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan dijual. Daerah laboratorium merupakan pusat kontrol kualitas bahan baku, produk dan limbah proses, sedangkan daerah ruang kontrol merupakan pusat kontrol berjalannya proses yang diinginkan. Laboratorium dan ruang kontrol ini diletakkan dekat daerah proses apabila terjadi sesuatu masalah di daerah proses dapat cepat teratasi.

**e. Daerah Pemeliharaan**

Daerah pemeliharaan merupakan tempat penyimpanan suku cadang alat proses dan untuk melakukan perbaikan, pemeliharaan atau perawatan semua peralatan yang dipakai dalam proses.

**f. Daerah Penyimpanan Bahan Baku dan Produk**



Daerah ini terdiri dari area tangki penyimpanan bahan baku dan produk yang terletak di lingkungan terbuka dan berada di dalam daerah yang dapat terjangkau oleh angkutan pembawa bahan baku dan produk. Daerah ini ditempatkan di dekat areal proses supaya suplai bahan baku proses dan penyimpanan produk lebih mudah.

#### **g. Daerah Utilitas**

Daerah ini merupakan daerah tempat penyediaan air, steam, listrik, bahan bakar, dan udara tekan. Daerah ini ditempatkan dekat dengan daerah proses agar sistem pemipaan lebih ekonomi, tetapi mengingat bahaya yang dapat ditimbulkan maka jarak antara areal utilitas dengan areal proses harus diatur.

#### **h. Daerah Pengolahan Limbah**

Daerah ini merupakan daerah pembuangan dan pengolahan limbah hasil proses produksi.

Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik adalah sebagai berikut:

Tabel 1.9 Luas Bangunan Pabrik

<b>Dalam Ruangan</b>		
No	Jenis Bangunan	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Pos keamanan	25
2	Kantin	100
3	Bengkel dan gudang alat	400
4	Gudang bahan kimia	200
5	Masjid	200
6	Area proses	4.000
7	Ruang Kontrol	100
8	Poliklinik	200
9	Laboratorium	150
11	Kantor dan perpustakaan	1.500
12	MCK	50
Total		6.925
<b>Luar Ruangan</b>		
No	Jenis Bangunan	Luas (m <sup>2</sup> )
1	<i>Fire station</i>	100

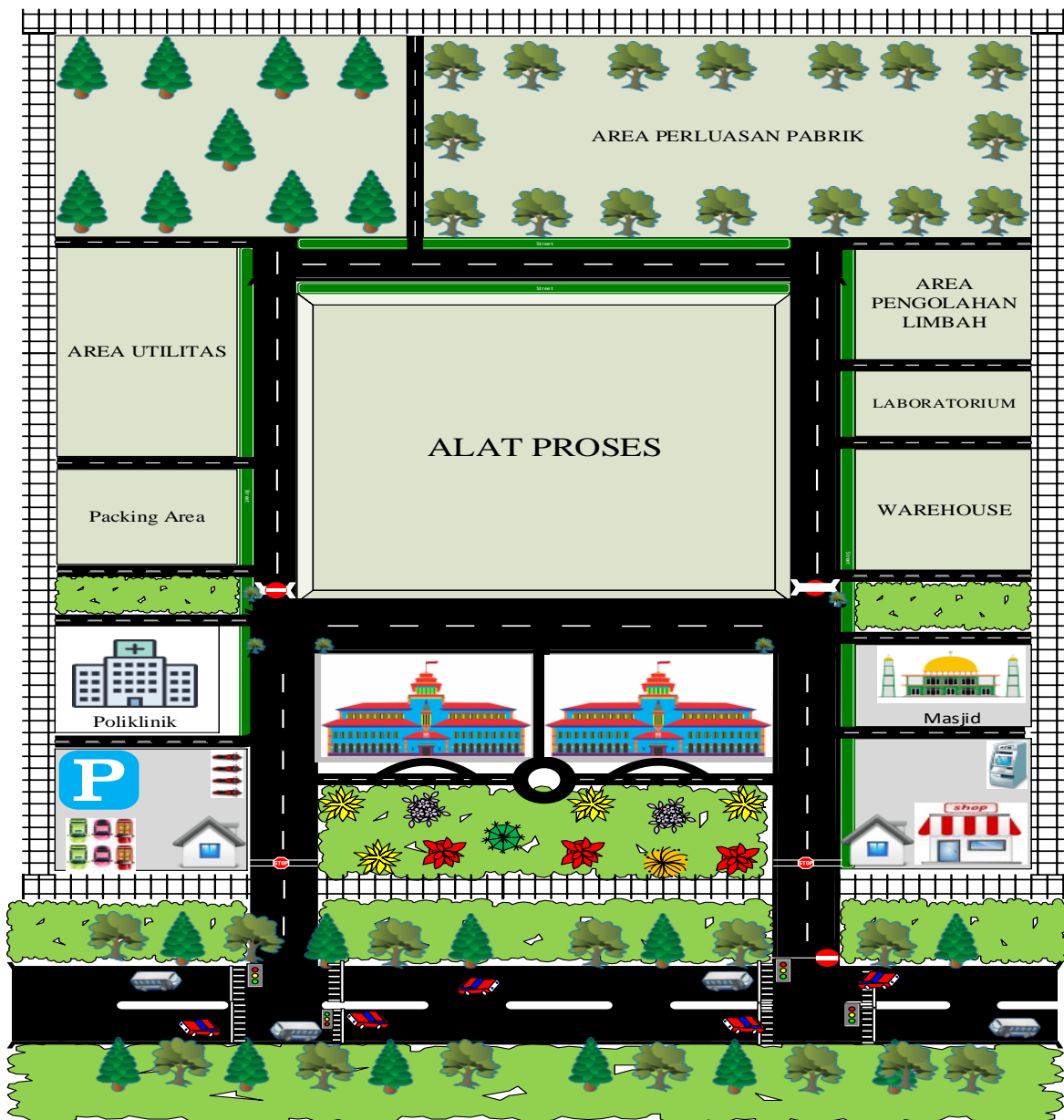




## BAB I PENDAHULUAN

2	Area perluasan pabrik	3.000
3	Area utilitas	1.000
4	Taman	400
5	Area parkir	800
6	Area UPL	700
Total		6.000

Dari perhitungan luas area diatas, direncanakan pengadaan tanah untuk pembangunan pabrik sekitar 17.000 m<sup>2</sup>. Susunan area-area bagian pabrik dapat dilihat pada Gambar1.5 berikut:





Gambar 1.5 Susunan Area-Area Bagian Pabrik

### 5.1. Tata Letak Alat Proses

Tata letak peralatan adalah tempat kedudukan alat-alat yang digunakan dalam proses produksi. Tata letak alat-alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga kelancaran produksi bisa terjamin dan karyawan akan mendapatkan kepuasan kerja sehingga semangat kerja bisa ditingkatkan demikian juga produktivitas kerja. Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan, yaitu :

#### 1. Aliran bahan baku dan produk

Aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar dan kelancaran serta keamanan produksi dapat terjamin. Elevasi pipa juga harus diperhatikan untuk pemipaan yang berada di permukaan tanah sehingga tidak mengganggu lalu lintas kerja.

#### 2. Aliran udara

Aliran udara didalam dan disekitar area proses perlu diperhatikan supaya lancar. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya *stagnasi* (pemampatan) udara pada suatu tempat yang dapat membahayakan keselamatan kerja. Disamping itu juga diperhatikan arah hembusan angin.

#### 3. Cahaya

Faktor cahaya pada seluruh area pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi perlu diberikan penerangan tambahan.

#### 4. Lalu lintas manusia

Perlu diperhatikan agar pekerja dapat menjangkau seluruh area proses dengan cepat dan mudah sehingga jika terjadi gangguan pada peralatan proses dapat segera diperbaiki. Selain itu keamanan seluruh pekerja harus diprioritaskan.

#### 5. Biaya operasi

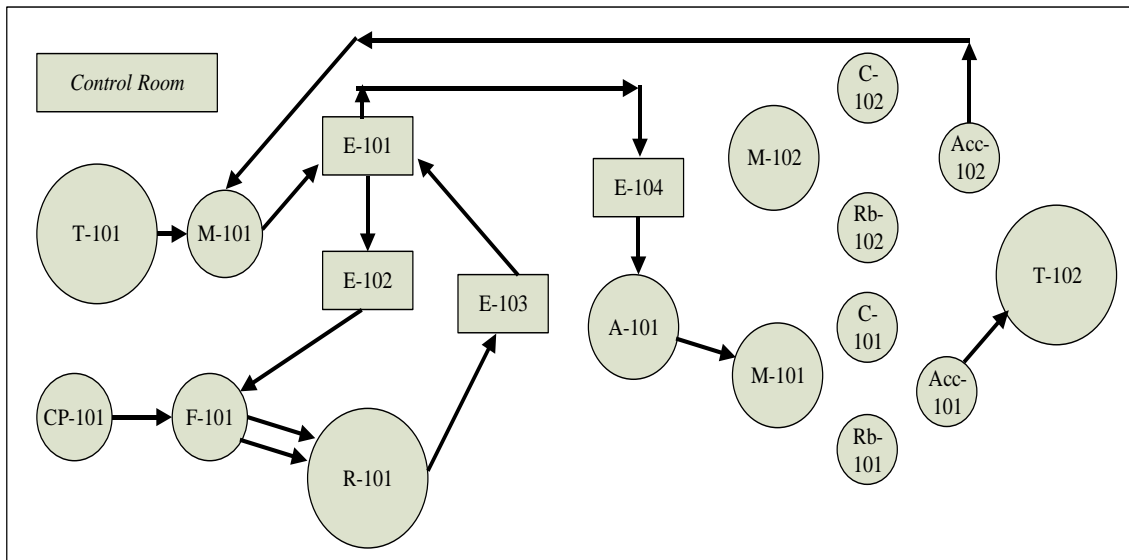
Dalam penempatan alat-alat proses pada pabrik agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran dan keamanan produksi sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.



6. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang memiliki tekanan dan suhu tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya sehingga jika terjadi ledakan atau kebakaran tidak membahayakan alat proses yang lain.

Berdasarkan beberapa pertimbangan tersebut, berikut adalah gambar tata letak peralatan yang ditunjukkan pada Gambar 1.6 :



Gambar 1.6 Tata Letak Alat Proses Pabrik Asetaldehid



**BAB II  
SELEKSI DAN URAIAN PROSES**

**II.1 Macam Proses**

**Proses Pembuatan Asetaldehid**

Berbagai metode telah dilakukan untuk memproduksi asetaldehid secara komersial yakni sebagai berikut:

1. Hidrasi Asetilen

Asetilen dengan kemurnian yang tinggi diumpankan ke dalam reaktor yang berisi katalis merkuri yang dilarutkan dalam asam sulfat, suhu reaksi dijaga 90-95°C dan tekanan 15 psi. Konversi per pass 50-60%.

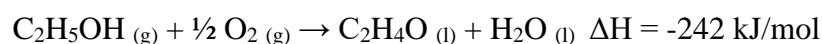


Asetilen yang tidak bereaksi dikompresi dan diserap untuk dipisahkan dengan asetaldehid sebelum di *recycle* ke dalam reaktor. Pemurnian asetaldehid dilakukan dengan cara distilasi. Proses ini dikenal dengan nama proses German (Eckert *et al.*, 2012).

2. Proses dari etanol

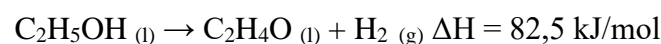
Proses pembuatan asetaldehid dari etanol dapat dilakukan melalui dua cara yakni menggunakan proses oksidasi etanol dan dehidrogenasi etanol.

a. Oksidasi etanol



Campuran gas etanol dan oksigen dari udara dimasukkan dalam *reaktor fixed bed multitube* yang berisi katalis silver pada suhu 500 – 650°C dan tekanan 1 – 3 atm. Konversi alkohol antara 50 – 70% dengan *yield* 97 – 99%. Asetaldehid dengan etanol dipisahkan menggunakan distilasi. Etanol yang tidak terkonversi di *recycle* kembali sebagai umpan reaktor. Hasil samping berupa asam asetat yang jumlahnya sangat kecil (Eckert *et al.*, 2012). Dalam proses ini asam asetat tidak terbentuk, karena proses pembentukan asam asetat dari asetaldehid dengan oksigen terbentuk pada kondisi operasi 60 – 80°C pada tekanan 0,3 – 4 Mpa, sehingga produk samping asam asetat tidak terbentuk (Eckert *et al.*, 2012).

b. Dehidrogenasi ethanol





## BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES

---

Uap etanol direaksikan dengan katalis khrom dan tembaga pada tekanan atmosfer dan suhu 260-290°C pada *tubular reaktor*. Konversi etanol menjadi produk adalah 25-50%. Gas hasil reaksi dikondensasi dan diserap untuk mengambil etanol. Pemurnian dilakukan dengan distilasi. Etanol yang tidak bereaksi di *recycle* ke dalam reaktor. *Yield* asetaldehid yang diperoleh adalah 90%. Hasil samping berupa *butyric acid*, *crotonaldehyde* dan *ethyl acetate* (Eckert *et al.*, 2012).

### 3. Oksidasi Etilen

Proses oksidasi etilen ini dapat berlangsung dalam satu tahap dan dua tahap:



#### a. Proses Satu Tahap

Oksigen dan Etilen diumpankan secara terpisah ke dalam reaktor *bubble* yang berisi larutan katalis. Kandungan oksigen dalam *recycle* gas dibatasi maksimal 9% mol. Reaktor beroperasi pada suhu 100-130°C dan tekanan sekitar 400 kPa dengan katalis PdCl<sub>2</sub> dan CuCl<sub>2</sub>. Panas reaksi dihilangkan dengan penguapan asetaldehid dan air dari larutan katalis.

Gas hasil diserap dengan air untuk mengkondensasi dan menyerap asetaldehid. *Recycle* gas digunakan untuk mengambil kembali etilen, tetapi pembuangan gas digunakan untuk menghilangkan gas inert dari sistem. Karena alasan ini maka dibutuhkan oksigen dan etilen dengan kemurnian yang tinggi untuk meminimumkan kehilangan etilen. Residu dari *scrubber* diumpankan ke dalam kolom distilasi. Pada kolom distilasi asetaldehid sebagai hasil atas dan residu kolom ini terdiri dari air dan asetaldehid. Produk samping yang dihasilkan berupa asam asetat, *crotonaldehydede* dan *chlorinated aceyaldheydes*. Kemurnian asetaldehid yang dihasilkan adalah 95%. Proses ini dikenal dengan nama proses *Hoechst* (Eckert *et al.*, 2012).

#### b. Proses Dua Tahap

Pada proses ini etilen dan oksigen dari udara direaksikan dalam dua reaktor yang terpisah. Reaktor yang digunakan adalah *Plug Flow Tubular Reactor*. Reaksi



## BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES

ini dilakukan pada suhu 105 - 110°C dan tekanan 900 – 1000 kPa dengan katalis PdCl<sub>2</sub> dan CuCl<sub>2</sub>. Asetaldehid yang terbentuk dari reaktor pertama dikeluarkan dengan cara *adiabatic flashing* dan memanfaatkan panas reaksi. Larutan katalis di *recycle* ke reaktor kedua atau reaktor oksidasi untuk mengoksidasi garam cupro menjadi cupri. Jumlah cairan yang di *recycle* dibutuhkan dalam jumlah besar karena kelarutan katalis logam rendah dan asetaldehid per pass dibatasi oleh konsentrasi garam cupri. Kemurnian asetaldehid yang dihasilkan adalah 95% dengan produk samping asam asetat, *chlorinated hydrocarbons* dan *chlorinated acetylaldehydes* (Eckert *et al.*, 2012).

### I.4.1 Pemilihan Proses

Dari berbagai uraian proses pembuatan asetaldehid di atas, dapat dibuat perbandingan proses pembuatan asetaldehid dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Proses Pembuatan Asetaldehid

Proses Pemanding	Hidrasi Asetilen	Dehidrogenasi Etanol	Oksidasi Etanol	Oksidasi Etilen
Bahan baku	Asetilen	Etanol	Etanol	Etilen
Reaktor	<i>Vertikal reaktor</i> <sup>a</sup>	<i>Tubular Reaktor</i> <sup>b</sup>	<i>Fixed bed multitube</i> <sup>a</sup>	One-step: <i>Vertikal Reaktor</i> Two-step: <i>Tubular Plug Flow Reactor</i> <sup>a</sup>
Katalis	Mercury (Hg <sup>2+</sup> ) <sup>a</sup>	Cu dan Cr <sup>b</sup>	Silver (Ag) <sup>b</sup>	PdCl <sub>2</sub> , CuCl <sub>2</sub> <sup>a</sup>
Kondisi Operasi	T: 90-95°C P: 103,4 kPa <sup>a</sup>	T: 260-290°C P: 101,32 kPa <sup>b</sup>	T: 500-650°C P: 1-3 atm <sup>a</sup>	One-step T: 100-130°C dan P: 400 kPa Two-step T: 105-110°C dan P: 900 kPa <sup>b</sup>
Konversi Produk samping	50-60% CO <sub>2</sub> , <i>crotonaldehid</i>	25-50% <sup>b</sup> <i>Butyric acid</i> , <i>crotonaldehid</i>	50-70% <sup>a</sup> -	60-90% <i>Crotonaldehid</i> , <i>chlorinated hydrocarbon</i> dan asam asetat
Yield	90-95%	90% <sup>b</sup>	97-99% <sup>b</sup>	95% <sup>b</sup>

<sup>a</sup> (Kirk-Orthmer, 1982), <sup>b</sup> (Eckert, 2012)

Untuk menentukan pemilihan proses yang tepat, perlu dipertimbangkan kelemahan dan kelebihan dari masing-masing proses agar diperoleh proses yang tepat. Kelemahan dan kelebihan masing-masing proses ditunjukkan pada Tabel 2.2.



## BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES

Tabel 2.2 Kelebihan dan Kelemahan Proses Pembuatan Asetaldehid

No	Nama Proses	Kelebihan	Kelemahan
1.	Hidrasi asetilen	a. Kondisi operasi pada tekanan rendah.	a. Pelarut asam sulfat merupakan komponen aktif dan korosif sehingga alat mudah korosi b. Merkuri harganya mahal dan beracun c. Asetilen bersifat reaktif
2.	Dehidrogenasi etanol	a. Bahan baku murah dan mudah diperoleh b. Beroperasi pada tekanan rendah	a. <i>Yieldnya</i> cukup rendah 90% b. Konversi rendah 30-50% c. Produk samping yang dihasilkan banyak
3.	Oksidasi etanol	a. Bahan baku murah dan mudah diperoleh b. Umur katalis panjang (Ag) c. Sistem <i>recovery</i> reaktan yang mudah d. <i>Yield</i> yang dihasilkan tinggi 99,5%. e. Konversi tinggi 50–70%	a. Suhu yang digunakan lebih tinggi
4.	Oksidasi Etilen	a. Konversi tinggi 60–90%	a. Katalis bersifat reaktif sehingga berbahaya b. Kondisi operasi pada tekanan tinggi c. Kemurnian yang dihasilkan rendah 95% d. Produk samping yang dihasilkan banyak

### II.2 Pemilihan Proses

Dari uraian pada Tabel 2.1 dan 2.2 dapat disimpulkan bahwa proses yang dipilih adalah proses oksidasi etanol dikarenakan:

1. Bahan baku etanol banyak terdapat di Indonesia dan produksinya dapat terjaga
2. Konversi yang dihasilkan cukup tinggi dengan *yield* yang sangat tinggi
3. Umur katalis *silver* relatif lama sehingga biaya proses regenerasi lebih murah



## **BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES**

---

4. Prosesnya sederhana dengan tekanan operasi yang rendah meskipun suhu operasi cukup tinggi.
5. Resiko korosif lebih rendah dibandingkan dengan proses lainnya, sehingga perawatan alat tidak begitu berat dan dapat menghemat investasi modal tetap untuk peralatan.