

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang sering memiliki sumber daya alam. Upaya untuk mengelola sumber daya alam ini adalah untuk membangun berbagai industri dan produksi yang dapat menghasilkan produk berkualitas tinggi, membuatnya tersedia secara optimal untuk memenuhi kebutuhan pemerintah daerah di negara ini. Industri kimia adalah salah satu sektor industri yang meningkatkan pengembangan karena perlu untuk menyediakan industri lain dan kebutuhan kimia manajemen industri.

Asetaldehid ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) adalah senyawa aldehid dengan cairan yang mudah terbakar dan tidak berwarna, yang dapat dilarutkan dalam air. Asetaldehid adalah bahan yang jauh lebih banyak digunakan dalam bahan kimia daripada di industri kimia sebagai bahan untuk memproduksi bahan kimia lainnya, sebagai bahan baku pembuatan asam asetat, *n-butanol*, *2-hexyl ethanol*, *pentaerythritol*, *trimethylolpropane*, *pyridine*, *peracetic acid*, *cratonaldehyde*, *asetat anhidrid*, *chloral*, *1,3-buthylene glycol*, asam laktat (Mc. Ketta, 1977).

Selain itu bahan baku industri kimia organik lainnya juga digunakan untuk bahan pengkondensasi produk fenol, sebagai bahan sintesis rubber, sebagai bahan desinfektan, sebagai pembentukan *silver* pada kaca cermin, untuk proses *hardening dry* gelatin film pada fotografi, sebagai bahan pencampur parfum, sebagai obat bius, resin sintesis dan komposisi bahan bakar motor. (Sitting 1985, Gosselin et al. 1984).

Jika bahan baku dan bahan pendukung dapat dibuat di dalam negeri, ini tentu menghemat biaya valuta asing, mengembangkan kejuaraan teknologi, dan memiliki pekerjaan terbuka. Pondasi pabrik ini akan memungkinkan untuk pembentukan pabrik lain yang menggunakan produk pabrik. Selain itu, keunggulan lain, yaitu opsi terbuka untuk pekerjaan, dapat memberikan jumlah pengangguran dan kemiskinan, karena kebutuhan bagi para profesional terbentuk ketika memasang pabrik untuk meningkatkan pendapatan lokal.

Sejauh ini, kebutuhan asetaldehida Indonesia telah dipenuhi terutama oleh

produsen asing, dengan sisanya dipenuhi oleh satu -satunya pabrik asetaldehida di Indonesia, yaitu PT. Indo Acidatama, yang memiliki kapasitas 20.000 ton per tahun. Berdasarkan data dari Badan Statistik Pusat (BPS) 2021, diketahui bahwa kebutuhan akan asetaldehida di Indonesia meningkat setiap tahunnya. Untuk memenuhi kebutuhan negara yang meningkat, industri asetaldehida Indonesia harus ditentukan.

Pembentukan industri asetaldehid diharapkan untuk memberikan , , keuntungan antara lain :

1. Dapat menghemat devisa negara, dengan adanya pabrik asetaldehid didalam negeri maka impor dapat dikurangi dan jika berlebih dapat di ekspor.
2. Pendirian pabrik ini akan membuka lapangan kerja baru, sehingga dapat mengurangi masalah pengangguran.
3. Selain mendirikan pabrik asetaldehid juga akan memicu pertumbuhan industri di Indonesia khususnya pada industri parfum, bahan sintesis, dan sebagainya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Kebutuhan asetaldehid di Indonesia yang meningkat setiap tahunnya dan produksi asetaldehid di Indonesia yang tidak mencukupi, maka dari itu pabrik pembuatan asetaldehid sangat berpotensi didirikan di Indonesia.

## **1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik**

Tujuannya adalah untuk menerapkan ilmu disiplin teknik kimia khususnya dibidang rancangan, proses, dan operasi teknik kimia sehingga akan memberikan gambaran kelayakan prarancangan pendirian suatu pabrik asetaldehid dengan proses oksidasi etilen.

## **1.4 Manfaat**

Manfaat yang didapat ialah membuka lapangan kerja dan mendorong rakyat untuk meningkatkan produksi dalam negeri dan pada meningkatkan kesejahteraan

rakyat. Selain itu juga untuk memanfaatkan sumber daya alam dan memberikan nilai ekonomis pada bahan baku agar menjadi produk yang lebih bermanfaat.

### 1.5 Batasan Masalah

Prarancangan pabrik asetaldehid ini, dibatasi dengan bahan baku utama yaitu etilen dan oksigen menggunakan Proses Oksidasi Langsung (*Direct Oxidation Process*). Adapun pembuatan *flowsheet* prarancangan pabrik ini dibatasi menggunakan *software Aspen HYSYS*.

### 1.6 Kapasitas Pabrik

Kapasitas pabrik memengaruhi perhitungan teknis dan nilai laba yang dihasilkan di pabrik. Membangun kemampuan spesifik bertujuan untuk memenuhi kebutuhan domestik, antara lain, mendukung pengembangan industri lain yang menggunakan produk ini.

**Tabel 1.1** Data Pabrik Penghasil Asetaldehid di Dunia

<b>Pabrik</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
Hoechst Celanese, Bay City, Texas	217.000
Celanese, Bishop, Texas	108.960
Celanese, Clear Lake City, Texas	227.000
Celanese, Pompa, Texas	4.400
Eastmen, Longview, Texas	226.000
Unio Carbide, Texas	295.100
PT. Indo Acidatama, Surakarta	20.000

Sumber: (Mc. Ketta,1976)

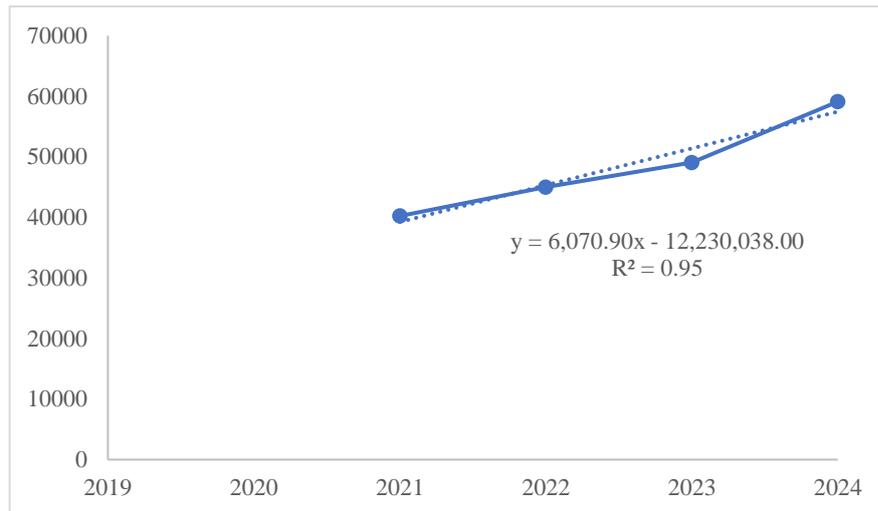
**Tabel 1.2** Data Kapasitas Impor Asetaldehida di Indonesia

<b>Tahun</b>	<b>Kapasitas ( Ton/ Tahun)</b>
2020	40.235
2021	45.000
2022	49.084

2023	54.097
2024	59.110

**Sumber:** (Badan Pusat Statistik, 2024)

Berdasarkan Tabel 1.3 maka dapat dibuat suatu persamaan linier agar dapat memperkirakan kebutuhan asetaldehid pada tahun 2029 seperti pada Gambar 1.1.



**Gambar 1.1** Grafik Kebutuhan Impor Asetaldehid di Indonesia

Pada Gambar 1.1 disimpulkan bahwa grafik kebutuhan konsumen akan asetaldehid terus meningkat tiap tahunnya. Hal ini tentu menyebabkan kebutuhan akan asetaldehid pada masa yang akan datang juga akan terus meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan industri yang menggunakan asetaldehid sebagai bahan bakunya. Untuk menghitung kebutuhan akan asetaldehid pada tahun berikutnya maka dapat menggunakan metode ekstrapolasi. Kebutuhan akan asetaldehid dapat diketahui dengan persamaan:

$$y = a(x) + b \dots \dots \dots (1.1)$$

$$y = 6,070.90x - 12,230,038.00$$

$$y = 6,070.90(2029) - 12,230,038.00$$

$$y = 87.818,1 \text{ Ton}$$

Dari hasil perhitungan dapat diperkirakan kebutuhan asetaldehid di Indonesia pada tahun 2029 adalah sebesar 87.818,1 ton/tahun, sehingga hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada Tabel 1.3.

**Tabel 1.3** Data Ekstrapolasi Asetaldehida Kebutuhan Impor di Indonesia

<b>Tahun</b>	<b>Kapasitas ( Ton/ Tahun)</b>
2025	63.535,5
2026	69.605,4
2027	75.676,3
2028	81.747,2
2029	87.818,1

Berdasarkan data hasil ekstrapolasi prediksi kebutuhan asetaldehid pada tahun 2029 yaitu 87.818,1 ton/tahun, maka pabrik asetaldehid direncanakan akan beroperasi dengan memenuhi kebutuhan asetaldehid di Indonesia sebanyak 60% yaitu sebesar 87.818,1 ton/tahun dimana kapasitas pabrik yang akan direncanakan beroperasi adalah 150.000 ton/tahun sehingga 62.181,9 ton sisanya akan diekspor ke negara Jerman dengan data kebutuhan 48.044.840,01 ton/tahun (UN Comtrade, 2024). Penentuan banyaknya kapasitas pabrik ini juga dipengaruhi oleh adanya pabrik asetaldehid yang sudah berdiri di Indonesia dan beroperasi dengan kapasitas 40.000 ton/tahun di PT Indo Acidatama Tbk di Sragen, Jawa Tengah.

Kapasitas perancangan pabrik asetaldehid ini ditetapkan sebesar 150.000 ton/tahun dengan harapan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan asetaldehid yang terus meningkat setiap tahun didalam negeri.
2. Dapat memberikan kesempatan bagi berdirinya industri-industri lain yang menggunakan asetaldehid sebagai bahan baku
3. Dapat diharapkan memberi dampak positif dengan bertambahnya peluang tenaga kerja dan mengurangi angka pengangguran di Indonesia.
4. Dapat menghemat devisa negara yang cukup besar karena berkurangnya impor asetaldehid.
5. Dapat memenuhi sebagian kebututuhan asetaldehid di Asia Tenggara.

### **1.7 Pemilihan Proses**

Macam-macam proses pembuatan asetaldehid antara lain:

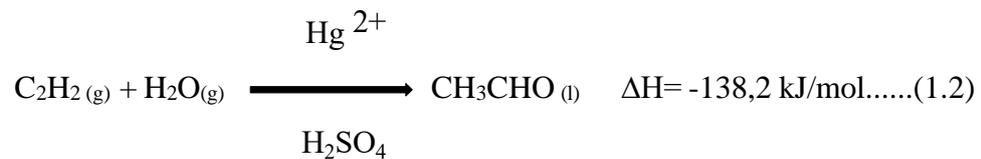
1. Proses Hidrasi (*Hydration Process*)

2. Proses Dehidrogenasi (*Dehydrogenation Process*)
3. Proses Oksidasi Langsung (*Direct Oxidation Process*)

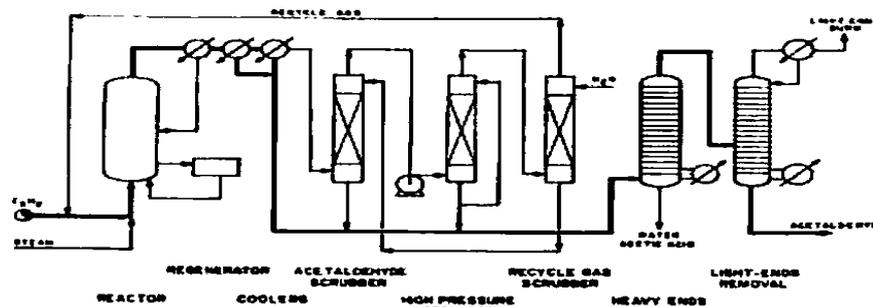
### 1.7.1 Proses Hidrasi (*Hydrotation Process*)

Asetilen dengan kemurnian yang tinggi diumpankan ke dalam reaktor yang berisi katalis merkuri yang dilarutkan dalam asam sulfat, suhu reaksi dijaga 70-100°C dengan tekanan 15 psi. Konversi per pass 50-60%.

Reaksinya :



Asetilen yang tidak bereaksi dikompresi dan diserap untuk dipisahkan dengan asetaldehida sebelum di *recycle* ke dalam reaktor. Pemurnian asetaldehida dilakukan dengan cara distilasi. Proses ini dikenal dengan nama proses *German*.



Gambar 1.2 Proses Hidrasi (*Hydration Process*)

Sumber: Mc Ketta, 1976

#### 1.7.1.1 Uji Ekonomi Awal

Analisa ekonomi awal dilakukan untuk mengetahui apakah layak atau tidaknya berdiri suatu pabrik menggunakan perhitungan yang sederhana dengan mengurangi harga produk dengan bahan baku. Adapun informasi berat molekul dan harga bahan diperlihatkan pada Tabel 1.4

Tabel 1.4 Uji Ekonomi Awal Proses Hidrasi

Bahan	Berat Molekul	Harga (Rp/Kg)
Asetilen	26,04	350.000
Merkuri	200,59	28.000

Air	18	0
Asam Sulfat	98,08	35.000
Asetaldehid	44,05	47.000

(Sumber: *Chemical Book*, 2024)

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

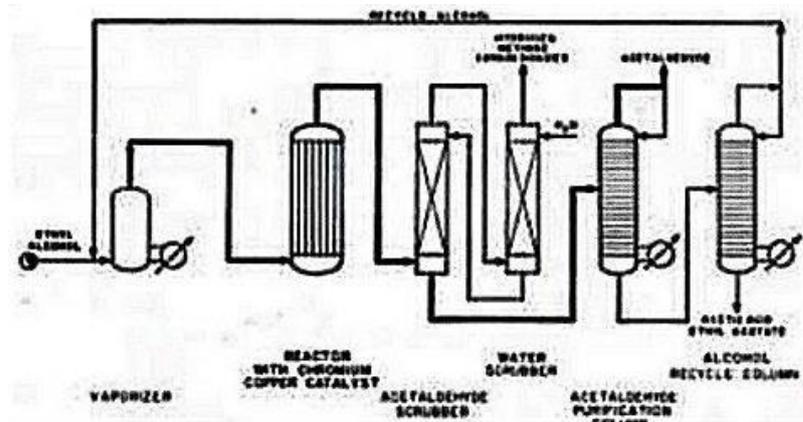
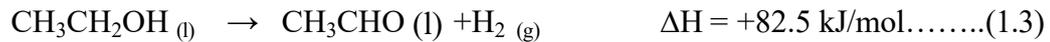
$$PE = (BM \text{ Asetaldehid} \times \text{Harga Asetaldehid}) - (BM \text{ Asetilen} \times \text{Harga Asetilen}) + (BM \text{ Merkuri} \times \text{Harga Merkuri}) + (BM \text{ Asam Sulfat} \times \text{Harga Asam Sulfat})$$

$$\begin{aligned}
 &= (44,05 \times 47.000) - ((26,04 \times 350.000) + (200,59 \times 28.000) + (98,08 \times 1.371)) \\
 &= (2.070.350 - (9.114.000 + 5.616.520 + 134.467,68)) \\
 &= (2.070.350 - 14.864.987,7) \\
 &= \text{Rp}12.794.637,7 / \text{kg}
 \end{aligned}$$

### 1.7.2 Proses Dehidrogenasi (*Dehydrogenation Process*)

Proses pembuatan asetaldehid dengan dehidrogenasi dari dimulai dengan etanol menguap dan bereaksi dengan katalis kromium dan tembaga pada tekanan atmosfer dan pada suhu 270-290°C. Alkohol terkonversi 30-50% tergantung pada temperatur reaksi dan laju alir alkohol. *Recovery* dan pemurnian pada dasarnya sama seperti proses oksidasi etanol, gas produk reaktor pada kondisi dingin dan discrub dengan alkohol, dan gas keluar discrub dengan air dingin. Pada proses ini hidrogen diproduksi dari pembuatan asetaldehid. Oleh karena itu, udara mengandung banyak hidrogen dengan kandungan karbon dioksida dan metana yang kecil. Aliran produk samping yang kaya akan hidrogen sesuai dengan reaksi hidrogenasi dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk mensuplai panas yang dibutuhkan selama reaksinya adalah endotermis.

Asetaldehid *direcovery* pada *overhead* kolom distilasi dari residu *scrubber*, dan etanol yang tidak bereaksi *direcovery* pada *overhead* untuk *recycle* menuju reaktor pada kolom distilasi kedua. Pembuangan *liquid* dari distilasi akhir adalah air, asam asetat, dan etil asetat, yang dapat di *treatment* secara biologis, Reaksinya:



Gambar 1.3 Proses Dehidrogenasi (*Dehydrogenation Process*)

Sumber: Mc Ketta, 1976

### 1.7.2.1 Uji Ekonomi Awal

Analisa ekonomi awal dilakukan untuk mengetahui apakah layak atau tidaknya berdiri suatu pabrik menggunakan perhitungan yang sederhana dengan mengurangi harga produk dengan bahan baku. Adapun informasi berat molekul dan harga bahan diperlihatkan pada Tabel 1.5

Tabel 1.5 Uji Ekonomi Awal Proses Dehidrogenasi

Bahan	Berat Molekul	Harga (Rp/Kg)
Etanol	46	60.000
Cu – Cr	63,55	80.000
Air	16	0
Asetaldehid	44,05	47.000

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2024

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

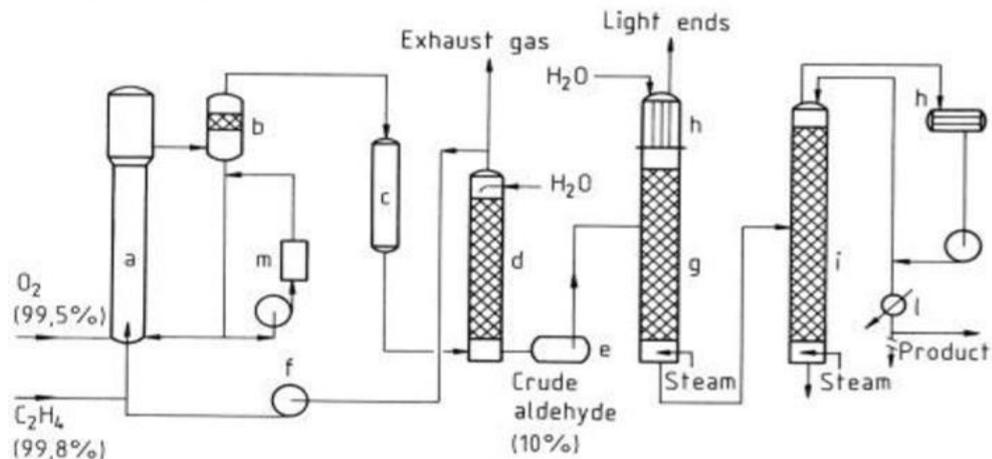
$$\begin{aligned}
 PE &= (\text{BM Asetaldehid} \times \text{Harga Asetaldehid}) - (\text{BM Etanol} \times \text{Harga Etanol}) \\
 &+ (\text{BM Cu} \times \text{Harga Cu}) + (\text{BM Air} \times \text{Harga Air}) \\
 &= (44,05 \times 47.000) - (46 \times 60.000) + (63,55 \times 80.000) + (16 \times 0) \\
 &= 2.070.350 - 2.760.000 + 5.084.000 + 0 \\
 &= \text{Rp } 9.914.350 / \text{kg}
 \end{aligned}$$

### 1.7.3 Proses Oksidasi Langsung (*Direct Oxidation Process*)

Produksi asetaldehid dari etilen dan oksigen merupakan sumber produksi yang ada setelah proses dehidrogenasi dan lebih berkembang di Eropa. Reaksi *direct oxidation process* merupakan reaksi yang diharapkan menjadi sumber alternatif produksi asetaldehid. Pembuatan asetaldehid dengan proses oksidasi langsung mengikuti persamaan reaksi berikut :



Reaksi terjadi dengan menggunakan katalis  $\text{PdCl}_2$  dan beroperasi pada suhu 100-130°C, yang selanjutnya dilakukan pemurnian untuk memisahkan kadar asetaldehid dan  $\text{O}_2$ . Pembentukan asetaldehid dari reaksi oksidasi langsung cukup menguntungkan dengan nilai konversi reaksi mencapai 95% pada tekanan 8 atm.



**Gambar 1.4** Proses Oksidasi Langsung (*Direct Oxidation Process*)

Sumber: Ullman, 1985

#### 1.7.3.1 Uji Ekonomi Awal

Analisa ekonomi awal dilakukan untuk mengetahui apakah layak atau tidaknya berdiri suatu pabrik menggunakan perhitungan yang sederhana dengan mengurangi harga produk dengan bahan baku. Adapun informasi berat molekul dan harga bahan diperlihatkan pada Tabel 1.6

**Tabel 1.6** Uji Ekonomi Awal Proses Oksidasi Langsung

Bahan	Berat Molekul	Harga (Rp/Kg)
Etilen	28	20.000
Oksigen	32	17.000
Asam Asetat	60,05	7.500
Asetaldehid	44,05	47.000

**Sumber:** Badan Pusat Statistik, 2024

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

$$\begin{aligned}
 PE &= (BM \text{ Asetaldehid} \times \text{Harga Asetaldehid}) - (BM \text{ Etilen} \times \text{Harga Etilen}) + \\
 & (BM \text{ Oksigen} \times \text{Harga Oksigen}) + (BM \text{ Asam Asetat} \times \text{Harga Asam Asetat}) \\
 &= (44,05 \times 47.000) - ((28 \times 20.000) + (32 \times 17.000) + (60,05 \times 7.500)) \\
 &= 2.070.350 - (560.000 + 544.000 + 450.375 + 118.279.110) \\
 &= \text{Rp } 3.120.725/ \text{ kg}
 \end{aligned}$$

## 1.8 Perbandingan Proses

Perbandingan beberapa proses pembuatan asetaldehid dapat dilihat dalam Tabel 1.7

**Tabel 1.7** Perbandingan beberapa Proses Pembuatan Asetaldehida

Parameter	Proses		
	Proses Hidrasi	Proses Dehidrogenasi	Proses Oksidasi Langsung
Suhu Reaksi (°C)	70-100	225-285	100-130
Tekanan Reaksi	1 atm	1 atm	4 atm
Katalis	Merkuri	Cu-Cr	Palladium
Yield	93-98%	90%	99,5%
Konversi	50-60%	30-50%	95%
Ekonomi Awal	Rp12.794.637,7/ kg	Rp 9.914.350/ kg	Rp 3.120.725/ kg

Berdasarkan beberapa proses, maka dapat dibandingkan dari segi bahan baku maupun kondisi operasi yang digunakan berhubungan dengan proses pembuatan asetaldehid tersebut, maka dipilih proses pembuatan asetaldehid dengan proses oksidasi langsung dengan pertimbangan sebagai berikut:

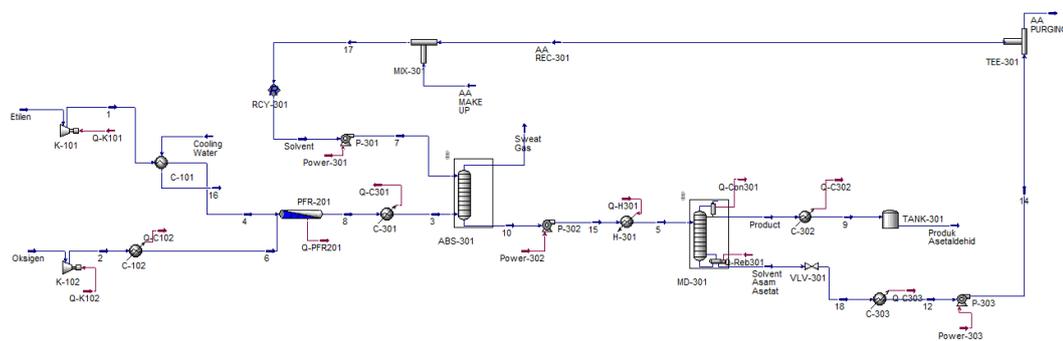
1. Bahan baku mudah didapat di Indonesia sehingga kontinuitasnya dapat terjaga.
2. Proses sederhana dengan tekanan operasi dan suhu yang relatif rendah.
3. Umur katalis panjang.
4. Proses yang digunakan lebih sederhana dan lebih cepat.
5. Yield produk yang dihasilkan cukup besar yaitu mencapai 95%

### 1.9 Uraian Proses

Pembuatan asetaldehid dengan proses oksidasi langsung (*Direct Oxidation Proses*) menggunakan reaksi fase gas. Proses tersebut terjadi didalam reaktor *fixed bed multitube*, dengan etilen dan oksigen sebagai bahan baku berupa gas dengan bantuan katalis paladium klorida berupa padatan yang dimasukkan secara bersamaan yang sudah berada dalam reaktor tersebut.

Pada pembuatan asetaldehid ini dapat dibagi menjadi tiga tahap :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan asetaldehid
3. Tahap pemurnian asetaldehid



**Gambar 1.5** Flowsheet Proses Oksidasi Langsung Asetaldehid

### 1.9.1 Tahapan Persiapan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku etilen didapat dari PT. Chandra Asri Petrochemical dan bahan baku oksigen didapat dari PT. Air Liquid Indonesia. Etilen dengan komposisi 99,8% berat etilen, 0,2% berat etana pada kondisi 30°C dengan tekanan 1 atm dialirkan dari pipa menuju ke kompresor (K-101) untuk menaikkan tekanan dari 1 atm menjadi 4 atm. Selama proses di (K-101) etilen juga mengalami kenaikan suhu menjadi 137,8°C. Setelah tekanan naik etilen kemudian dialirkan ke *Cooler* (C-101) untuk turunkan suhu dari 137,8°C menjadi 100°C untuk masuk ke Reaktor(PFR-201)

Bahan baku oksigen yang didapat dari PT. Air Liquid Indonesia langsung ke kompresor (K-102) untuk menaikkan tekanan dari 1 atm menjadi 4 atm. Selama proses di (K-102) etilen juga mengalami kenaikan suhu menjadi 216,8°C. Setelah tekanan naik dialirkan ke *Cooler* (C-102) untuk menurunkan suhu dari 216,8°C menjadi 100°C. Setelah suhu dan tekanan sesuai dengan kondisi operasi, oksigen dan etilen kemudian dialirkan secara bersamaan menuju reaktor (PFR-201).

### 1.9.2 Tahap Pembentukan Asetaldehid

Pada tahap pembentukan asetaldehid gas etilen dan oksigen dialirkan ke reaktor tipe *fixed bed multitube* dengan menambahkan katalis paladium klorida . Reaksi dalam reaktor adalah sebagai berikut :



Bahan baku yang masuk ke dalam reaktor beraksi dengan bantuan katalis paladium klorida padat sehingga menghasilkan keluaran yang terdiri dari beberapa komponen. Komponen-komponen tersebut adalah etilen, etana, oksigen, nitrogen dan asetaldehid dengan kondisi 130°C dan tekanan 4 atm dengan fase gas. Dan didapat hasil produk utama berupa asetaldehid dengan konversi maksimal 95%. Dan hasil dari keluaran reaktor dialirkan menuju *cooler* (C-301) untuk menurunkan suhu dari 130°C menjadi 60°C untuk mengubah fasa asetaldehid dari gas ke cair.

### 1.9.3 Pemurnian Asetaldehid

Kemudian keluaran dari *cooler* (C-301) dengan tekanan 4 atm dan suhu 60°C yang berupa asetaldehid dan campuran sisa bahan baku kemudian alirkan

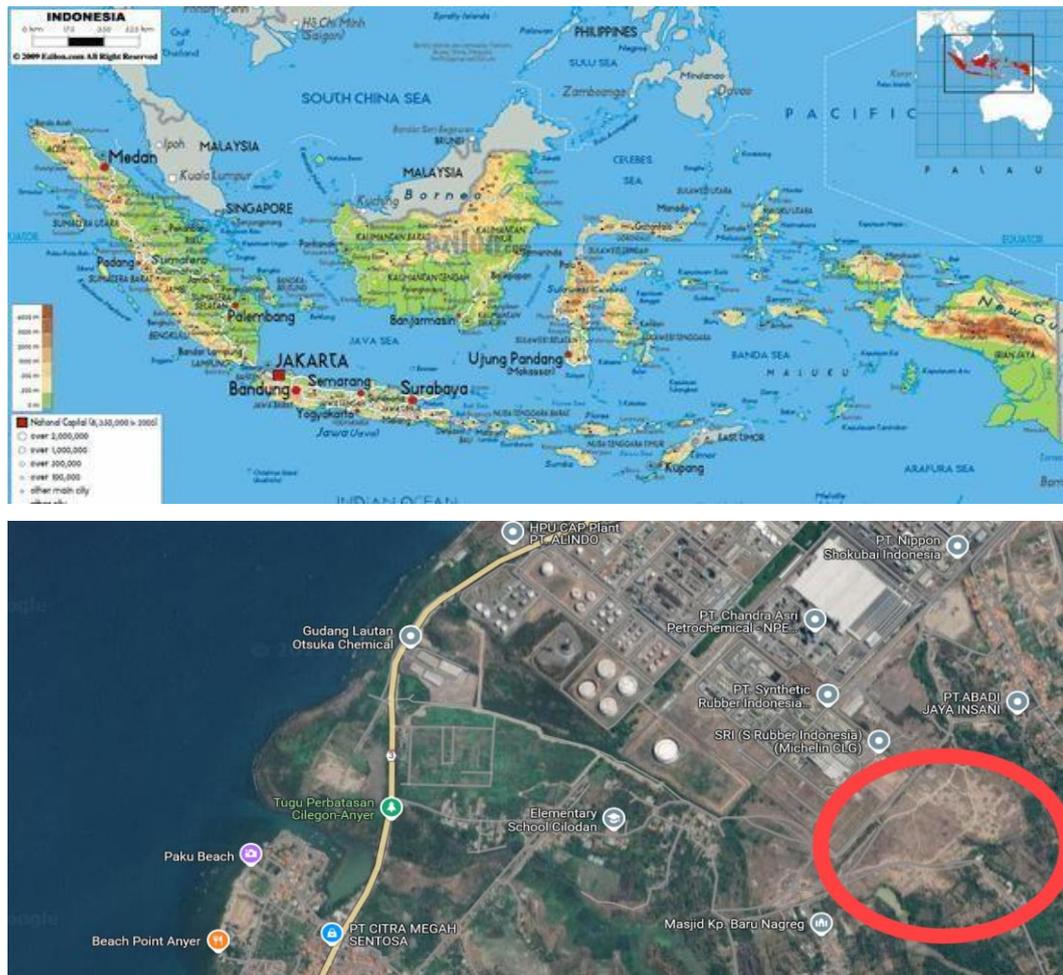
menuju absorber (ABS-301) untuk memisahkan produk asetaldehid dan bahan sisa dengan bantuan asam asetat sebagai media penyerap(pelarut). Pada proses pemisahan pertama di absorber ini produk berupa *liquid* akan bercampur dengan asam asetat dan mengalir melalui bagian bawah absorber sedangkan bahan sisa dalam bentuk gas akan keluar melalui bagian atas absorber berupa *sweet gas*. Keluaran bawah absorber kemudian dialirkan menuju *Heater*(H-301) untuk menaikkan suhu dari 102 °C ke 155 °C. Kemudian dialirkan ke menara destilasi (MD-301) untuk dilakukan pemisahan antara asetaldehid dan *solvent*.

Pada pemisahan kedua ini bertujuan untuk memisahkan produk berupa asetaldehid dengan *solvent* berdasarkan perbedaan titik didih. Produk berupa asetaldehid yang memiliki titik didih lebih rendah akan keluar melalui bagian atas distilasi (MD-301), sedangkan *solvent* akan keluar melalui bagian bawah distilasi (MD-301). Pada proses pemisahan ini menghasilkan produk asetaldehid dengan kemurnian sebesar 99,5%. Produk kemudian didinginkan di *cooler* (C-302) dan dialirkan menuju tangki penyimpanan produk(TANK-301). Untuk *solvent* keluaran bawah distilasi (MD-301) dialirkan dengan *valve*(VLV-301) yang mengalami penurunan suhu dari 168 °C ke 117 °C dan kemudian didinginkan menuju *cooler* (C-303) dari suhu 117 °C ke 30 °C kemudian di recycle ke absorber(ABS-301) untuk digunakan kembali lagi dan diinject dengan solvent yang baru.

### **1.10 Pemilihan Lokasi Pabrik**

Pemilihan lokasi suatu pabrik akan berpengaruh dalam penentuan kelangsungan produksi serta keberhasilan pabrik. Lokasi pabrik yang tepat, ekonomis dan menguntungkan akan menentukan harga jual produk yang dapat memberikan keuntungan dalam jangka panjang. Sehingga jika pabrik mendapatkan keuntungan secara terus-menerus, maka dapat memperluas pabrik untuk peningkatan kapasitas produksi.

Rencana pembangunan pabrik asetaldehid didirikan di Cilegon, Banten. Pemilihan lokasi ini bertujuan agar mendapat keuntungan dari segi teknis maupun ekonomis. Ada dua faktor pemilihan lokasi pabrik di Cilegon meliputi:



Gambar 1.6 Peta Lokasi Pabrik