

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi disertai dengan sektor industri menuntut semua negara ke arah industrial. Sampai saat ini pembangunan industri di Indonesia terus mengalami peningkatan terutama pembangunan industri kimia. Adanya pembangunan industri kimia dapat mengurangi ketergantungan Indonesia pada industri luar negeri, sehingga pada akhirnya akan memberikan keuntungan dalam perekonomian Indonesia. Selain itu, pembangunan industri juga dapat memperluas kesempatan kerja dan meningkatkan produksi dalam negeri.

Sektor industri berperan sebagai faktor penggerak dalam perekonomian nasional. Salah satu jenis industri kimia yang amat besar pengaruhnya terhadap industri kimia di Indonesia adalah Asam Asetat. Hal ini dikarenakan asam asetat sebagai bahan dasar dalam industri kimia memiliki pasar yang luas. Asam asetat banyak diaplikasikan dalam industri cat, karet, plastik, farmasi, industri *Purified Terephthalic Acid* (PTA), dan lain sebagainya (Fitri & Isnaeni, 2022) dalam (Wardhani dkk., 2023). Asam asetat merupakan senyawa organik cair yang bersifat asam dan tidak berwarna, memiliki nama lain *acetic acid* atau *acidum aceticum* dan secara sistematis dikenal sebagai asam etanoa. Pada umumnya di kalangan masyarakat asam asetat biasa disebut dengan cuka atau asam cuka (Chang, R, 2003).

Permintaan asam asetat di Indonesia terus meningkat seiring berkembangnya sektor industri yang menggunakannya, namun hingga kini produksi asam asetat dalam negeri masih sangat terbatas. PT. Indo Acidatama merupakan produsen satu-satunya yang ada di Indonesia namun belum mampu memenuhi semua kebutuhan asam asetat dalam negeri. Industri-industri yang menggunakan asam asetat sebagai bahan baku masih memerlukan impor dari negara lain (Kementerian Perindustrian, 2022). Untuk mengurangi jumlah impor asam asetat yang akan terus meningkat, maka sangat perlu membangun pabrik asam asetat di dalam negeri. Keterbatasan jumlah pabrik ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain skala pasar domestik yang sebelumnya dianggap belum cukup

besar, tingginya biaya investasi dan teknologi proses produksi, serta ketergantungan pada bahan baku impor seperti metanol (Badan Koordinasi Penanaman Modal, 2021). Selain itu, kuatnya persaingan dari produk impor dengan harga yang lebih kompetitif turut menghambat pertumbuhan industri asam asetat dalam negeri. Ketergantungan impor dalam jangka panjang berpotensi menimbulkan ketidakstabilan pasokan dan kerugian ekonomi nasional (Nasution dan Pratama, 2023).

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistika kebutuhan impor asam asetat di Indonesia pada tahun 2024 mencapai 73414 ton/tahunnya dan diperkirakan akan terus meningkat. Dari berbagai pertimbangan di atas dapat disimpulkan bahwa pendirian pabrik asam asetat di Indonesia sangat diperlukan. Pendirian pabrik ini juga didasarkan untuk memajukan sektor ekonomi Indonesia. Ketersediaan asam asetat dalam negeri akan mendorong berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang berbahan baku asam asetat.

Prarancangan pabrik asam asetat dari metanol dan karbon monoksida dengan menggunakan proses karbonilasi katalitik metanol proses karbonilasi katalitik metanol yang menghasilkan asam asetat dari metanol dan karbon monoksida dengan konversi dan selektivitas tinggi dengan menggunakan katalis iridium. Pada proses ini dapat membentuk produk metanol dan air sebagai produk sampingnya. Pabrik asam asetat ini direncanakan untuk tahun 2030 dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri serta dapat mengekspor produk ke luar negeri. Dengan memanfaatkan proses ini, pembangunan pabrik asam asetat dalam skala besar menjadi lebih ekonomis dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada prarancangan ini yaitu sebagai berikut :

1. Apakah pembangunan pabrik asam asetat dengan proses karbonilasi katalitik metanol dapat memenuhi kebutuhan asam asetat di Indonesia?
2. Apakah pembangunan pabrik asam asetat dengan kapastias 75.000 ton/tahun layak atau tidak untuk didirikan?

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

Tujuan prarancangan pabrik pembuatan asam asetat :

1. Untuk memenuhi kebutuhan asam asetat di Indonesia, sehingga mengurangi ketergantungan pada impor dan menghemat devisa negara.
2. Untuk mengkaji kelayakan pabrik tersebut untuk didirikan
3. Menciptakan lapangan pekerjaan baru dalam sektor industri kimia, serta meningkatkan keterampilan dan kemampuan teknologi tenaga kerja lokal

1.4 Manfaat Prarancangan Pabrik

Manfaat dari prarancangan pabrik asam asetat ini juga didasarkan pada hal-hal berikut :

1. Dapat memenuhi kebutuhan asam asetat dalam negeri dan menurunkan ketergantungan impor.
2. Terciptanya lapangan kerja di Indonesia.
3. Memacu pertumbuhan sektor industri yang menggunakan asam asetat
4. Menghemat devisa karena asam asetat diperoleh dari industri lokal.

1.5 Batasan Masalah

Pada penyusunan pabrik asam asetat, penyusun membatasi pada pemilihan bahan baku utama yaitu metanol dan CO menggunakan proses katalitik etanol dengan katalis Iridium, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan yang diperlukan untuk proses produksi, kapasitas prarancangan pabrik, analisa ekonomi, aspen hysys, autodesk P&ID.

1.6 Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam menentukan kapasitas prarancangan pabrik asam asetat perlu beberapa pertimbangan sebagai berikut :

1.6.1 Pabrik Asam Asetat di Dunia

Asam asetat merupakan bahan kimia yang banyak digunakan dalam sektor industri makanan, industri kimia, tekstil dan medis. Berikut ini merupakan negara-negara penghasil asam asetat di dunia ditunjukkan pada Tabel 1.1

Tabel 1.1 Pabrik Asam Asetat di Dunia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
BP Chemicals	UK	675.000
Acetex, Paradies	Prancis	400.000
Showa Denko	Japan	250.000
Chang Chun Petrochemical	Taiwan	60.000
BASF	Germany	50.000
Indo Acidatama	Indonesia	36.600
Lonza	Swiss	30.000
Svensk Etanolkemi AB	Swedia	20.000

(Sumber : Kirk-Othmer, 1983)

Dari tabel 1.1 berikut, dapat dilihat bahwa pabrik penghasil asam asetat di Indonesia hanya PT. Indo Acidatama. Perusahaan ini menghasilkan Asam Asetat 36.600 ton/tahun. Dengan asumsi bahwa tidak ada pabrik baru hingga tahun 2030. Hanya ada satu pabrik asam asetat di Indonesia dikarenakan permintaan pasar dengan spesifikasi yang tinggi sehingga memberatkan dalam biaya produksi dan memberikan keuntungan yang kecil. Pabrik asam asetat di Indonesia saat ini hanya satu karena membangun pabrik membutuhkan investasi besar, waktu lama, dan risiko bisnis yang tinggi. Banyak perusahaan lebih memilih mengimpor asam asetat karena lebih fleksibel, praktis, tidak perlu mengeluarkan modal besar di awal, risiko lebih kecil, dan tidak membutuhkan komitmen modal jangka panjang. Jika kebutuhan berubah atau harga pasar berfluktuasi, perusahaan bisa dengan mudah menyesuaikan volume impor tanpa terikat aset fisik yang nilainya bisa turun atau tidak produktif. Namun, membangun pabrik asam asetat sangat relevan dan penting untuk mengurangi ketergantungan impor, menghemat devisa, mendukung industri hilir, dan membuka peluang ekonomi nasional (Rahmawati & Pratama, 2023).

1.6.2 Kebutuhan Asam Asetat di Indonesia

Menentukan besar kecilnya kapasitas suatu pabrik yang akan dirancang, kita harus mengetahui kapasitas pabrik yang sudah beroperasi dengan tujuan dapat mengetahui kebutuhan pasar, sehingga dapat memperkirakan jumlah kapasitas optimal yang akan dirancang beberapa tahun kedepan. Kebutuhan asam asetat di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan data yang didapat dari

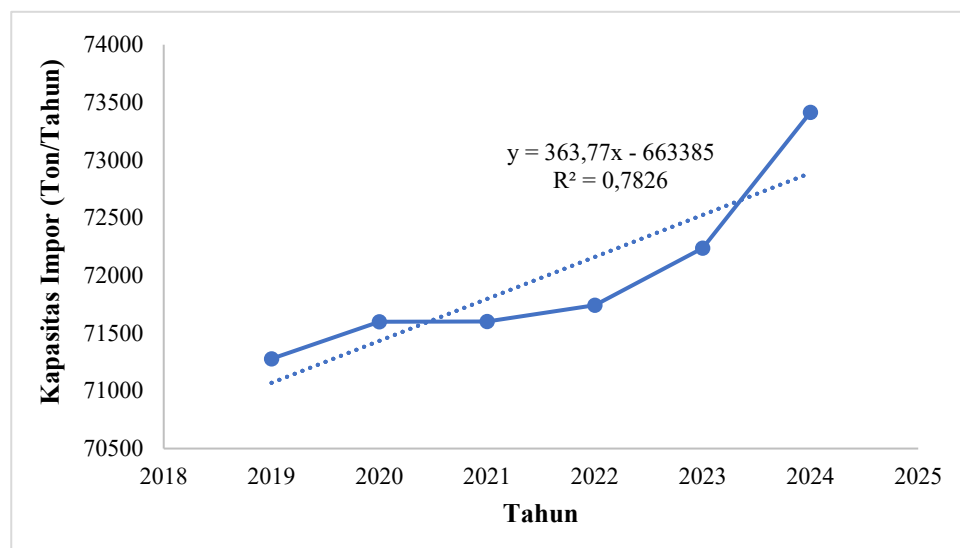
Badan Pusat Statistik (2024), mengenai impor asam asetat di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Impor Asam Asetat di Indonesia

Tahun	Total (Ton/Tahun)
2019	71278
2020	71599
2021	71602
2022	71743
2023	72236
2024	73414

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2024

Berdasarkan Tabel 1.2 maka dapat dibuat suatu persamaan linear agar dapat memperkirakan kebutuhan impor asam asetat di Indonesia pada tahun 2025 – 2030 dapat diproyeksikan sebagaimana dinyatakan dalam Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik Kebutuhan Impor Asam Asetat Indonesia

Dari Gambar 1.1 didapatkan persamaan garis lurus $y = 363.77x - 663385$ dan $R^2 = 0.7826$. Maka dari persamaan tersebut dapat dihitung kebutuhan asam asetat dalam negeri pada tahun 2030 mendatang adalah sebagai berikut:

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

$$y = 363.77x - 663385$$

$$y = 363.77(2030) - 663385$$

$$y = 738.453 - 663385$$

$$y = 75068$$

Perhitungan diatas merupakan perhitungan menentukan kapasitas pabrik asam asetat yang akan didirikan pada tahun 2030 dengan kapasitas 75.000 ton/tahun. Pada kapasitas 75.000 ton/tahun sudah dapat memenuhi kebutuhan asam asetat didalam negeri. Pabrik asam asetat akan didirikan ini juga diharapkan untuk mendongkrak perekonomian Indonesia, sehingga untuk ekstrapolasi pada tahun selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data Ekstrapolasi Kebutuhan Asam Asetat di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2025	73.249
2026	73.613
2027	73.976
2028	74.340
2029	74.704
2030	75.068

(Sumber: Ekstrapolasi 2025-2029)

Dari hasil prediksi kebutuhan asam asetat di Indonesia pada tahun 2030 adalah 75.068 ton/tahun. Dengan prediksi kebutuhan asam asetat, maka dalam perancangan pabrik ini dipilih kapasitas 75.000 ton/ tahun .

Jika dilihat dari kebutuhan dalam negeri di Indonesia masih kurang, dapat dilihat dari data BPS bahwa kebutuhan asam asetat semakin meningkat setiap tahunnya. Kebutuhan asam asetat untuk tahun 2030 sebesar 75.068 ton/tahun yang diperoleh dari hasil persamaan $y = 363.77x - 663385$. Oleh karena itu, Prarancangan pabrik asam asetat direncanakan akan memproduksi dengan kapasitas 75.000 ton/tahun. Pada kapasitas 75.000 ton/tahun sudah dapat memenuhi kebutuhan asam asetat didalam negeri. Pabrik asam asetat akan didirikan ini juga diharapkan untuk mendongkrak perekonomian Indonesia.

1.7 Macam-macam Proses

Proses produksi asam asetat skala komersial dilakukan sejak lama dan mengalami perkembangan teknologi yang cukup signifikan. Proses pembuatan asam asetat di industri dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu:

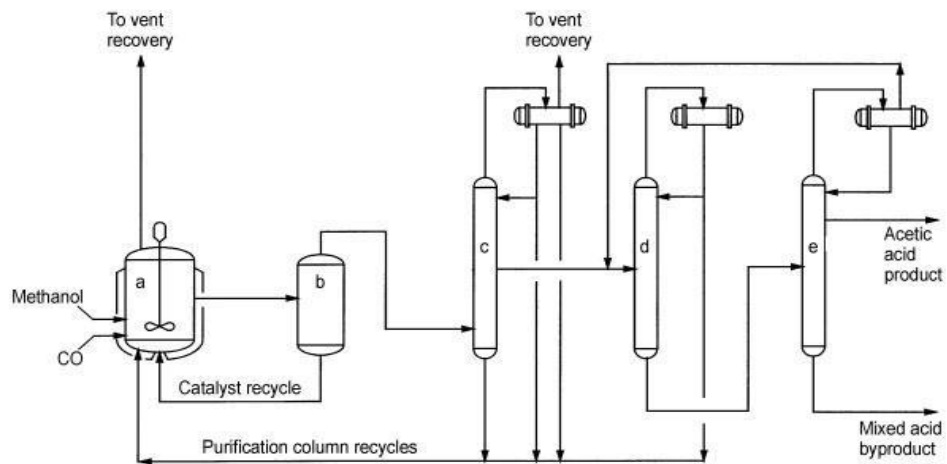
1.7.1 Karbonilasi Metanol

Karbonilasi metanol merupakan teknik yang umum digunakan dalam produksi asam asetat dan menjadi teknik penghasil asam asetat dari kapasitas global. Asam asetat yang diproduksi oleh industri kimia, 75% diantaranya diproduksi melalui karbonilasi metanol. Karbonilasi metanol merupakan metode paling menjanjikan dalam produksi asam asetat karena baik metanol maupun karbon monoksida merupakan bahan mentah komoditi.

Pada proses karbonilasi metanol terbagi menjadi dua macam, yaitu proses BASF dan proses Monsanto atau proses katalitik metanol. Proses katalitik metanol yang merupakan bagian dari proses karbonilasi metanol merupakan proses yang mempunyai keunggulan lebih efisien, ramah lingkungan, dan memerlukan lebih sedikit air sehingga menghasilkan lebih sedikit produk samping. Oleh karena itu proses katalitik metanol lebih modern dan telah banyak menggantikan proses Monsanto dalam produksi asam asetat. Asam asetat dapat dibuat dengan cara karbonilasi langsung terhadap methanol dengan reaksi sebagai berikut:



Pada tahun 1968, ditemukan katalis kompleks Rhodium yang dapat beroperasi dengan optimal pada tekanan rendah tanpa produk sampingan. Pabrik pertama yang menggunakan katalis tersebut adalah perusahaan kimia AS Monsanto pada tahun 1970 dan metode karbonilasi metanol berkatalis Rhodium dinamakan proses karbonilasi katalik metanol dan menjadi metode produksi asam asetat paling dominan. Proses karbonilasi katalik metanol berlangsung pada fase cair dengan tekanan 30 atm dan temperatur 160-190°C dengan bantuan katalis Iridium dan aktivator *Iodine*. Katalis ini lebih efektif membantu menurunkan tekanan reaksi dan temperatur daripada katalis *cobalt*. Proses ini memberikan selektivitas yang lebih besar yaitu 99%. Hasil samping yang terbentuk dari proses ini adalah sisa metanol dan air.



Gambar 1.2 Flowsheet Dasar proses Karbonilasi Katalik Metanol

Sumber: Ullman, 2011

Adapun analisa ekonomi awal pada Proses Karbonilasi Katalitik Metanol dapat dilihat pada Tabel 1.4 berikut.

Tabel 1.4 Analisa Ekonomi Proses Karbonilasi Katalitik Metanol

Parameter	Bahan Baku		Produk
	Metanol	Karbon Monoksida	Asam Asetat
Berat Molekul	32,042	28,01	60,053
Harga per kg	Rp. 16.000,-	Rp. 56.230,-	Rp. 80.648,-
Kebutuhan	1 mol x 32,042 gr/mol = 32,042 gr = 0,032042kg	1 mol x 28,01 gr/mol = 28,01 gr = 0,02801 kg	1 mol x 60,053 gr/mol = 60,053 gr = 0,060053 kg
Harga Total	Rp. 512,672	Rp. 1.575,00	Rp. 4.843,15
Ekonomi Awal	= Harga Produk – Harga Total Bahan Baku = (Rp. 4.843,15) – (Rp.512,672 + Rp. 1.575,00) = Rp. 4.843,15 – Rp. 2.087,672 = Rp. 2.755		

Berdasarkan analisa ekonomi awal maka persentase keuntungan diperoleh sebagai berikut:

$$\% \text{ Keuntungan} = \frac{\text{Rp. 2.755}}{\text{Rp. 2.087}}$$

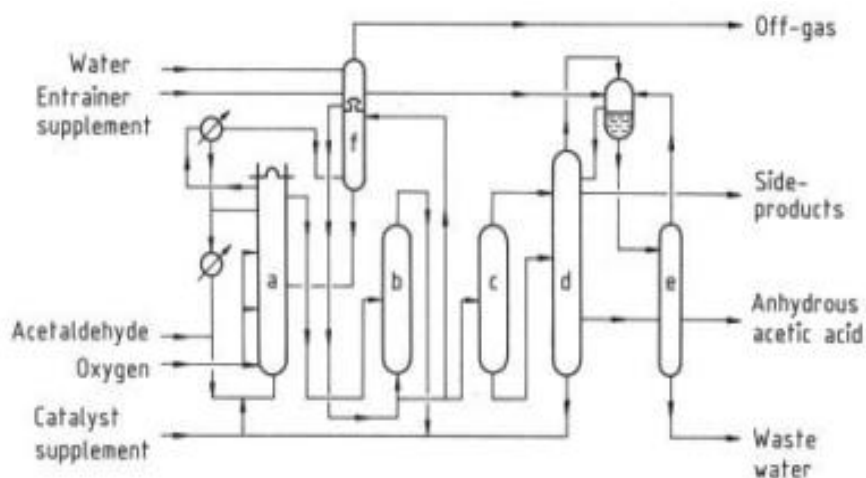
$$= 1,320\%$$

Maka persen keuntungan yang didapat dari analisa ekonomi awal sebesar 1,320% dari produksi.

1.7.2 Oksidasi Asetaldehid

Asam asetat dapat diperoleh dengan cara mengoksidasikan asetaldehid pada fase cair. Asetaldehid direaksikan dengan oksigen dari udara dengan perbandingan 4 mol udara yang masuk untuk setiap 1 mol asetaldehid. Proses ini melibatkan asetaldehida yang berasal dari stok minyak bumi dioksidasi untuk menghasilkan asam asetat dengan adanya katalis mangan atau kobalt asetat heterogen. Penggunaan katalis organomercuri menimbulkan dampak lingkungan yang sangat besar karena toksisitas bahan ini, sehingga membatasi penggunaan katalis lain (Pal dan Nayak, 2017).

Oksidasi asetaldehida menjadi asam asetat berlangsung melalui rantai radikal bebas yang menghasilkan asam perasetat sebagai zat antara. Asam perasetat bereaksi dengan asetaldehida untuk menghasilkan asetaldehida monoperasetat. Asetaldehida monoperasetat terdekomposisi secara efisien menjadi asam asetat melalui pergeseran hidrida dalam reaksi Baeyer – Villiger. Migrasi metil mengarah ke produk sampingan metil format. Pembuatan asam asetat melalui oksidasi asetaldehid memiliki persamaan reaksi sebagai berikut :



Gambar 1.3 *Flowsheet* Dasar Oksidasi Asetaldehid

Sumber: Ullman, 2011

Adapun analisa ekonomi awal pada Proses Asetaldehid dapat dilihat pada Tabel 1.5 berikut.

Tabel 1.5 Analisa Ekonomi Proses Asetaldehid

Parameter	Bahan Baku		Produk
	Asetaldehid	Oksigen	Asam Asetat
Berat Molekul	44,05	28,96	60,053
Harga per kg	Rp. 21.450	Rp. 58.000	Rp. 80.648
Kebutuhan	1 mol x 44,05gr/mol = 44,05 gr = 0,04405kg	1 mol x 28,96 gr/mol = 28,96 gr = 0,02896 kg	1 mol x 60,053 gr/mol = 60,053 gr = 0,060053 kg
Harga Total	Rp. 944,87	Rp. 1.679,68	Rp. 4.843,15
Ekonomi Awal	= Harga Produk – Harga Total Bahan Baku = (Rp. 4.843,15) – (Rp.944,87+ Rp.1.679,68) = Rp. 4.843,15 – Rp. 2.624,85 = Rp. 2.218		

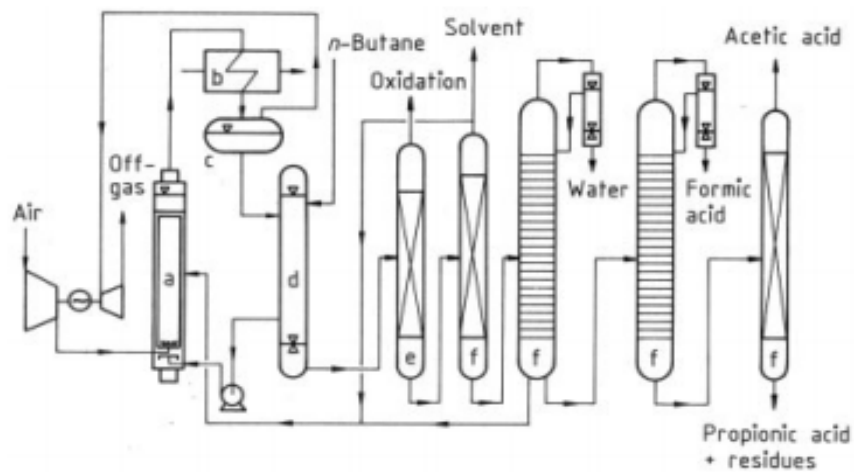
Berdasarkan analisa ekonomi awal maka persentase keuntungan diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\% \text{ Keuntungan} &= \frac{\text{Rp. 2.624,85}}{\text{Rp. 2.218}} \\ &= 1.183\%\end{aligned}$$

Maka persen keuntungan yang didapat dari analisa ekonomi awal sebesar 1.183% dari produksi.

1.7.3 Oksidasi n-Butana

Pembuatan asam asetat dengan proses oksidasi n-Butana dilakukan dalam fase cair dan menggunakan katalis cobalt atau mangan asetat tetrahidrat untuk mempercepat terjadinya reaksi. Hidrokarbon yang berupa butana cair akan dioksidasi dengan oksigen dalam sebuah reaktor dengan tekanan 45 atm dan suhu 350-400°C. Adapun hasil samping dari reaksi ini adalah n-Butana, air, CO, CO₂, H₂ dan asam formiat.



Gambar 1. 4 Flowsheet Dasar Oksidasi n-Butana

Sumber: Ullman, 1914

Adapun analisa ekonomi awal pada Proses n-Butana dapat dilihat pada Tabel 1.6 berikut.

Tabel 1.6 Analisa Ekonomi Awal Proses n-Butana

Parameter	Bahan Baku			Produk
	n-Butana	Oksigen	Air	Asam Asetat
Berat Molekul	58,12	28,96	18,02	60,053
Harga per kg	Rp. 48.000	Rp. 58.000	Rp.0	Rp. 80.648
Kebutuhan	1 mol x 58,12 gr/mol = 58,12 gr = 0,05812 kg	1 mol x 28,96 gr/mol = 28,96 gr = 0,02896 kg	1 mol x 18,02 gr/mol = 0,01802 kg	1 mol x 60,053 gr/mol = 60,053 gr = 0,060053 kg
Harga Total	Rp. 2.789,76	Rp. 1.679,68	Rp. 0	Rp. 4.843,15
Ekonomi Awal	= Harga Produk – Harga Total Bahan Baku = (Rp. 4.843,15) – (Rp.2.789,76+ Rp.1.679,68 + Rp.0) = Rp. 4.843,15 – Rp. 4.469,44 = Rp. 373,71			

Berdasarkan analisa ekonomi awal maka persentase keuntungan diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\% \text{Keuntungan} &= \frac{\text{Rp. } 4.469,44}{\text{Rp. } 373,71} \\ &= 1,185\%\end{aligned}$$

Maka persen keuntungan yang didapat yaitu sebesar 1,185% dari produksi.

1.8 Perbandingan Proses

Adapun perbandingan beberapa jenis proses pembuatan asam asetat dapat dilihat pada Tabel 1.7 berikut ini:

Tabel 1.7 Macam-Macam Proses Pembuatan Asam Asetat

No.	Pertimbangan	Proses		
		Karbonilasi Katalik Methanol	Oksidasi Asetaldehid	Oksidasi n-Butana
1.	Bahan Baku	Metanol dan CO	Asetaldehid	n-Butana
2.	Kondisi Operasi	160-190°C, 30 atm	50-80°C, 8-10 atm	160-180°C, 45 atm
3.	Katalis	Ir	Co / Mn	Co / Mn
4.	Yield	90-99%	90-94%	70-80%
5.	Konversi	98%	90%	80%
6.	Produk Samping	Methanol dan air	Asetilaldehid, metil asetat, aseton, CO ₂ , air	n-Butana, air, CO, CO ₂ , H ₂ , asam formiat

(Sumber: Ullman, 1914)

Dari beberapa proses pembuatan asam asetat di atas, maka dipilih pembuatan asam asetat dengan proses Karbonilasi Katalitik Methanol dengan alasan sebagai berikut :

1. Yield reaksi yang tinggi 90-99% dan hasil samping yang rendah.
2. Bahan baku yang mudah diperoleh dari dalam negeri dengan harga lebih murah.
3. Reaktor bekerja pada tekanan yang tidak terlalu tinggi (30 atm) sehingga mudah dicapai.

1.9 Uraian Proses

Pembuatan asam asetat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap produksi asam asetat
3. Tahap pemurnian asam asetat

1.9.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku metanol berwujud cair dengan kemurnian 99% disimpan dalam tangki penyimpanan (V-101) berbentuk silinder vertikal dengan atap berbentuk kerucut pada kondisi cair dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Penutupan tangki dengan maksud untuk menghindari kontaminasi dari luar dan mengurangi penguapan. Volume tangki direncanakan untuk kebutuhan selama 14 hari. Selanjutnya bahan baku metanol disesuaikan tekanannya menggunakan pompa (P-101) menjadi 30 atm dan dialirkan menuju vaporizer (E-103) untuk disesuaikan fasanya menjadi gas dan suhu keluaran menjadi 194°C, kemudian tekanan disesuaikan menggunakan kompresor menjadi 30 atm sebelum masuk reaktor (PFR-100).

Bahan baku CO yang berfase gas dialirkan melalui pipa distribusi dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm menuju kompresor (K-100) untuk disesuaikan tekanannya menjadi 30 atm, sehingga suhu keluaran dari kompresor (K-100) berubah menjadi 655,1°C. Selanjutnya untuk menyesuaikan suhu reaksi sebelum masuk reaktor (PFR-100) digunakan *heat exchanger* (HE-100) dengan media pendinginan yaitu *dowtherm* untuk menurunkan suhunya menjadi 194°C, dari keluaran *heat exchanger* (HE-100) terjadi penurunan tekanan menjadi 29,98 atm sehingga digunakan kompresor (K-101) untuk menaikkan tekanannya menjadi 30 atm. Keluaran *compressor* (K-101) selanjutnya dialirkan menuju reaktor (PFR-101).

1.9.2 Tahap Produksi Asam Asetat

Bahan baku berupa metanol dan karbon monoksida (CO) yang sudah sesuai kondisi operasinya dialirkan menuju reaktor (PFR-100). Reaktor (PFR-100) yang digunakan dalam reaksi ini adalah reaktor *fix bed multitube*. Reaktor (PFR-100) ini

bekerja secara kontinyu pada suhu 300°C dan tekanan 30 atm menggunakan katalis Iridium. Reaksi yang berlangsung dalam reaktor (PFR-100) adalah reaksi eksotermis, dengan penyerapan panas dengan menggunakan air pendingin bersuhu 30°C yang masuk di dalam jaket pendingin. Metanol dan karbon monoksida direaksikan dalam fase gas-gas.

Hasil reaksi berupa asam asetat yang masih mengandung metanol dan karbon monoksida (CO) dengan suhu 300°C dan tekanan 30 atm dalam fase gas. Suhu keluaran reaktor (PFR-100) diturunkan menggunakan kondensor (E-102) menjadi 88°C dan tekanannya diturunkan menjadi 8 atm kemudian dengan menggunakan valve (V-100), sehingga suhu keluaran valve (V-100) menjadi 81,26°C 1 atm untuk dialirkan menuju menara distilasi (T-100).

1.9.3 Tahap Pemurnian Asam Asetat

Hasil keluaran bawah menara distilasi (T-100) berisi asam asetat 99% dan air 1%, didinginkan menggunakan *cooler* (E-104) menjadi 30°C dan ditampung dalam tangki penyimpanan produk (V-102) asam asetat. Keluaran atas dari distilasi (T-100) berupa metanol, karbon monoksida, air, dan hidrogen di ubah untuk mengubah fasa menggunakan kondensor (E-105)

Keluaran metanol 99% dan air 1% yang akan di *Recycle* dan dimasukan kedalam *Mixer* untuk digunakan kembali dengan suhu dan tekanan yang sama pada saat umpan segar masuk yaitu, 30°C dan 1,5 Atm. Hasilnya berupa karbon monoksida dan hidrogen dan sedikit metanol yang akan dibuang ke unit pengolahan limbah yang mana akan dibakar.

1.10 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi yaitu eksotermis atau endotermis dan arah reaksi *reversible* atau *irreversible*. Untuk menentukan reaksi eksotermis atau endotermis panas reaksi dapat dihitung dengan perhitungan pembentukan standart (ΔH_f°) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 25^\circ\text{C}$ (Yaws, 1999). Harga ΔH_f° dan ΔH_G° masing masing komponen dapat dilihat pada Tabel 1.8.

Tabel 1.8 Harga ΔH_f° dan ΔH_G° Masing-Masing Komponen

Komponen	ΔH_f° , kJ/mol	ΔH_G° , kJ/mol
Metanol (CH ₃ OH)	-201.17	-162.51
Karbon Monoksida (CO)	-110.54	-137.28
Asam Asetat (CH ₃ COOH)	-434.82	376.69

(Sumber : Yaws, 1999)

$$\Delta H_f^\circ \text{ CH}_3\text{OH} = -201.17 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ CO} = -110.54 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ CH}_3\text{COOH} = -434.83 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{\text{reaksi}} &= \sum \Delta f \text{ produk} - \sum \Delta f \text{ reaktan} \\ &= (-434.82 \text{ kJ/mol}) - (-201.17 + (-110.54)) \text{ kJ/mol} \\ &= -123.11 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dari perhitungan Δf° reaksi diatas, maka dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan asam asetat bersifat eksotermis.

Tabel 1.9 Energi Bebas Gibbs Entropi Standar 25°C

Substance	S° (J/K mol)	Substance	S° (J/K mol)
C (diamond)	2.37	HBr (g)	198.59
C (graphite)	5.69	HCl (g)	186.80
CaO (s)	39.75	HF (g)	193.67
CaCO ₃ (s)	92.9	HI (g)	206.33
C ₂ H ₂ (g)	200.82	H ₂ O (l)	69.91
C ₂ H ₄ (g)	219.4	H ₂ O (g)	188.72
C ₂ H ₆ (g)	229.5	NaCl (s)	72.12
CH ₃ OH (l)	127	O ₂ (g)	205.03
CH ₃ OH (g)	238	SO ₂ (g)	248.12
CO (g)	197.91	SO ₃ (g)	256.72

(Sumber : Yaws, 1999)

Dari tabel energi Gibbs pembentukan gas pada T = 25°C, diketahui (Yaws, 1999) :

$$\Delta H_G^\circ \text{ CH}_3\text{OH} = -162.51 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_G^\circ \text{ CO} = -137.28 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_G^\circ \text{ CH}_3\text{COOH} = -376.69 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_G^\circ \text{ reaksi} &= \sum \Delta H_G^\circ \text{ produk} - \sum \Delta H_G^\circ \text{ reaktan} \\ &= (-376.69 \text{ kJ/mol}) - (-137.28 + (-162.51)) \text{ kJ/mol} \\ &= -76.9 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

$$\ln K = -\frac{\Delta G^\circ_f}{RT}$$

$$\begin{aligned}\ln K &= \frac{-76.9 \text{ (kJ/mol)}}{8.314 \cdot 10^{-3} \text{ (kJ/mol K)} \times 298 \text{ K}} \\ &= 31.038\end{aligned}$$

$$K = 3.018 \times 10^{13}$$

Untuk mengetahui apakah $T_{\text{operasi}} = 448.15 \text{ K} = 175^\circ\text{C}$ berjalan secara atau *Irreversible*, dapat dihitung menggunakan persamaan *Van't Hoff*:

$$\ln \frac{K_{\text{operasi}}}{K_{298}} = -\frac{\Delta H}{R} \times \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}$$

$$\ln \frac{K_{\text{operasi}}}{3.018 \times 10^{13}} = -\frac{-123.11}{8.314} \times \frac{1}{448.15} - \frac{1}{298}$$

$$\ln \frac{K_{\text{operasi}}}{3.018 \times 10^{13}} = -0.01664$$

$$\frac{K_{\text{operasi}}}{3.018 \times 10^{13}} = 0.9835$$

$$K_{\text{operasi}} = 2.97 \times 10^{13}$$

Karena konstanta kesetimbangan (K) > 1 , hal ini berarti reaksi berjalan *Irreversible* (searah).

1.11 Pemilihan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan dan kelangsungan dari industri, baik pada masa sekarang maupun pada masa yang akan datang, karena hal ini berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Pabrik Asam Asetat ini direncanakan berdiri di daerah Bontang, Provinsi Kalimantan Timur. Di kota ini berdiri tiga perusahaan besar dibidang yang berbeda-beda, PT. Badak NGL, PT. Pupuk Kaltim, PT. Kaltim Metanol industri serta memiliki kawasan industri petrokimia yang bernama Kaltim *Industrial Estate*.

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2015 Tentang Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional, Peraturan Pemerintah Nomer 142 Tahun 2015 Tentang Kawasan Industri, Peraturan Pemerintah Nomer 28 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Bidang Perindustrian. Oleh karena itu pemilihan lokasi pabrik harus tepat berdasarkan perhitungan biaya produksi dan distribusi yang seminimal mungkin serta pertimbangan sosiologi dan budaya masyarakat disekitar lokasi pabrik. Peraturan Menteri Perindustrian No. 49 Tahun 2019 tentang Lembaga Penilaian Kesesuaian Dalam Rangka Pemberlakuan Dan Pengawasan Standar Nasional Indonesia Indonesia Bahan Dan Produk Kimia Secara Wajib. Maka dari itu pemilihan dan penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pendirian pabrik.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka ditentukan rencana pendirian pabrik Asam Asetat ini berlokasi di KIE, Jl. Pupuk Raya Kawasan Industri Bontang, Guntung, Kec. Bontang Utara, Kota Bontang, Kalimantan Timur 75314, ini mengacu pada Peraturan Daerah Kota Bontang Nomer 13 Tahun 2019 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bontang.

Penentuan lokasi pabrik perlu memperhatikan beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhinya antara lain:

1. Penyediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor penting yang menentukan demi kelangsungan produksi dimana metanol dan karbon monoksida didapatkan dari dalam negeri. Bahan baku metanol diperoleh dari PT. Kaltim Metanol Industri dengan kapasitas 660.000 ton/tahun dan karbon monoksida (CO) diperoleh dari PT. Pupuk Kaltim di Bontang dengan Kapasitas 200.000 ton/tahun sedangkan katalis Rhodium (Rh) diekspor dari Negara China. Kedua bahan baku yang diperoleh dari dalam negeri dapat melalui jalur darat sehingga memudahkan transportasi begitu juga dengan katalisator yang diperoleh dari China dapat menggunakan jalur laut dan udara.

2. Utilitas

Utilitas merupakan unit pendukung suatu proses dalam pabrik. Tanpa adanya utilitas dapat dilakukan pabrik tidak dapat beroperasi. Utilitas berperan sebagai

penyuplai bahan bakar, air, *steam* hingga listrik. Kebutuhan air dalam rancangan pabrik asam asetat ini didapatkan dari air sungai Guntung yang memiliki debit aliran 3.281,63 liter/detik. yang berada dikawasan industri Bontang, Kalimantan timur yang akan diproses oleh pabrik menjadi air proses, air domestik dan air umpan *boiler*, sedangkan kebutuhan listrik akan dipenuhi menggunakan generator.

3. Transportasi

Transportasi sangat diperlukan untuk proses penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Dengan adanya fasilitas jalan raya, Pelabuhan laut dan udara yang memadai, maka pemilihan lokasi di Bontang sangat tepat.

4. Tenaga Kerja

Penyediaan tenaga kerja tidak sulit karena dari tahun ketahun angka tenaga kerja selalu bertambah. Tersediannya tenaga kerja yang terampil diperlukan untuk menjalankan mesin-mesin produksi. Tenaga kerja dapat direkrut dari daerah Kalimantan Timur, Kalimantan Barat dan sekitarnya. Diharapkan juga dengan adanya pabrik ini, dapat mengurangi pengangguran yang ada di Indonesia.

5. Sarana dan Prasarana

Pendirian pabrik didaerah dengan mempertimbangkan bahwa didaerah tersebut telah memiliki sarana dan prasarana yang meliputi jalan, bank, jaringan telekomunikasi, sarana Pendidikan dan hiburan sehingga dapat meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan.

6. Pemasaran Produk

Daerah pemasaran sebagian besar berada di luar Kalimantan sehingga harus ditempuh terutama lewat jalur laut. Hal ini tidak menjadi masalah karena asam asetat adalah bahan baku yang sangat dibutuhkan bagi banyak industri terutama di Pulau Jawa yang selama ini penyediaannya sangat tergantung pada impor.

7. Perizinan dan Kebijakan Pemerintah

Pendirian pabrik perlu mempertimbangkan faktor kepentingan pemerintah yang terkait didalamnya kebijakan pengembangan industri dan hubungan dengan pemerataan kesempatan kerja dan hasil pembangunan. Disamping itu, pabrik yang didirikan juga harus berwawasan lingkungan, artinya keberadaan pabrik tersebut tidak boleh mengganggu dan merusak lingkungan sekitar.

8. Perluasan Pabrik

Faktor ini berkaitan dengan pengembangan pabrik lebih lanjut. Bontang merupakan kawasan industri sehingga lahan di daerah tersebut telah disiapkan untuk pendirian dan pengembangan suatu pabrik. Luas dari pabrik tersebut 15 Ha ini sesuai dengan Peraturan Pemerintah tahun 2015 tentang kawasan industri.

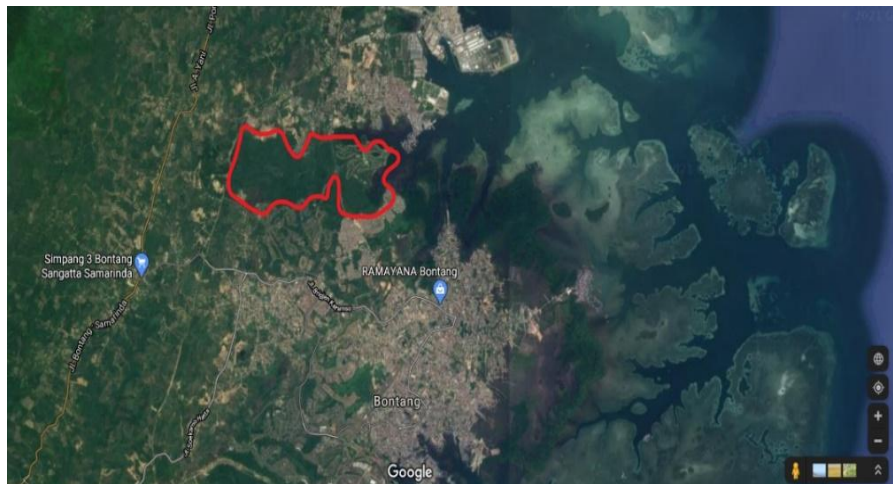
9. Kondisi Daerah Lokasi/Iklim

Kondisi alam (Iklim) dari suatu area yang akan dibangun pabrik haruslah mendukung, dalam arti kondisinya tidak terlalu mengganggu jalannya operasi pabrik. Keadaan sekitar lahan pabrik haruslah diamati dan dimengerti, dengan maksud agar pada saat pabrik telah berdiri tidak ada masalah yang akan berkembang.

10. Bahaya Banjir dan Kesehatan

Pabrik yang akan didirikan harus memperhatikan keselamatannya. Kalimantan tidak termasuk daerah rawan banjir dan di kawasan ini memiliki keselamatan terpadu untuk menjaga dari hal-hal yang berbahaya.

Berikut ini peta lokasi prarancangan pabrik asam asetat dapat dilihat pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Lokasi Prarancangan Pabrik Asam Asetat