

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Glyoxal merupakan senyawa organik aldehida dengan rumus kimia $C_2H_2O_2$. Memiliki peran penting dalam berbagai sektor industri. Dalam beberapa dekade terakhir, glyoxal telah menjadi bahan kimia yang sangat dicari dan digunakan dalam produksi tekstil, kertas, dan produk farmasi. Keunikan sifat-sifat kimia glyoxal membuatnya menjadi bahan yang berkontribusi signifikan terhadap berbagai aplikasi teknologi. Ini adalah cairan berwarna kuning yang menguap memberikan gas berwarna hijau..

Glyoxal ($C_2H_2O_2$) merupakan senyawa organik yang memiliki nama IUPAC oxaldehyde atau Ethanedial. Glyoxal adalah senyawa organik yang memiliki peranan penting dalam berbagai bidang, termasuk kimia, industri tekstil, dan biologi. Senyawa ini pertama kali ditemukan pada abad ke-19 oleh ilmuwan Perancis, Alexandre L. Cahours, dan sejak itu, glyoxal telah menjadi subjek penelitian yang menarik untuk ilmuwan di berbagai disiplin ilmu.

Secara kimia, glyoxal dapat diidentifikasi sebagai aldehida yang memiliki rumus kimia $C_2H_2O_2$. Struktur molekulnya terdiri dari dua gugus karbonil yang berdekatan, menjadikannya representatif dari kelompok aldehida. Meskipun glyoxal ditemukan dalam bentuk cair pada suhu kamar, senyawa ini dapat terpolimerisasi menjadi senyawa yang lebih kompleks di bawah kondisi tertentu.

Dalam industri tekstil, glyoxal digunakan sebagai agen perata dan penyempurna serat. Kemampuannya untuk membentuk ikatan dengan serat selulosa membuatnya sangat berguna dalam proses perataan serat, meningkatkan kekuatan serat, serta meningkatkan daya serap warna pada kain. Selain itu, glyoxal juga digunakan dalam produksi resin dan pelapisan tekstil, memberikan sifat tahan air dan ketahanan terhadap kerut pada kain.

Di bidang kimia, glyoxal memiliki peran yang signifikan dalam sintesis

senyawa organik kompleks, termasuk senyawa obat dan bahan kimia yang digunakan dalam industri farmasi. Sifat reaktifnya terhadap berbagai kelompok fungsional memberikan fleksibilitas yang tinggi dalam penggunaannya sebagai bahan dasar sintesis organik.

Dalam konteks biologi, glyoxal menjadi topik penelitian utama karena peranannya dalam teori glikasi, di mana senyawa ini dapat berinteraksi dengan protein dan asam nukleat dalam tubuh manusia. Pembentukan produk glikasi seperti advanced glycation end-products (AGEs) dapat terjadi melalui reaksi antara glyoxal dan molekul biologis, dan hal ini telah dikaitkan dengan berbagai kondisi kesehatan, termasuk penyakit degeneratif dan penuaan. Namun, perlu dicatat bahwa meskipun glyoxal memiliki banyak aplikasi dan peran yang penting, penggunaannya juga memunculkan kekhawatiran terkait dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, penelitian terus dilakukan untuk memahami dengan lebih baik sifat dan dampak glyoxal, serta untuk mengembangkan metode produksi dan penggunaan yang lebih berkelanjutan.

Secara keseluruhan, glyoxal adalah senyawa yang sangat menarik dan penting dalam berbagai bidang ilmu dan industri. Penelitian lebih lanjut terkait sifat, aplikasi, dan dampaknya diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Glyoksal, bahan kimia penting dalam industri, diproduksi melalui oksidasi fase cair asetaldehida dengan asam nitrat atau melalui oksidasi fase uap etilen glikol dengan udara. Dalam makalah sebelumnya, pekerjaan yang dilakukan pada proses sebelumnya telah dilaporkan. Informasi yang tersedia mengenai proses terakhir sebagian besar ditemukan dalam literatur paten, dan sangat tidak memadai. Dalam makalah ini disajikan data kinetik dan data lain yang diperoleh pada oksidasi fase uap etilen glikol dengan udara menggunakan oksida tembaga sebagai katalis. Hal ini mungkin berguna dalam perancangan proses yang rasional (Chandalia & Hotanahalli S.S, 1974).

Glioksal dan metil glioksal adalah molekul organik kecil yang aktif secara biologis dan terdapat dalam cairan biologis. Konsentrasinya dilaporkan meningkat pada pasien diabetes. Glyoxal dan metil glioksal adalah agen glikasi kuat yang dibentuk oleh degradasi protein terglikasi, zat antara glikolitik dan peroksidasi lipid. Reaksi glikasi terjadi secara endogen di seluruh jaringan dan cairan tubuh dalam kondisi fisiologis dan juga selama pemrosesan makanan secara termal dimana pemanasan meningkatkan laju proses glikasi..(K.P. Mahar, M.Y. Khuhawar, T.G. Kazi, 2010)

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana melakukan evaluasi dan biaya efektif terhadap teknologi proses produksi glyoxal?.
2. Sejauh mana dampak lingkungan dari proses produksi glyoxal?.
3. Bagaimana ketersediaan dan ketergantungan pada bahan baku utama, seperti etilen glycol, mempengaruhi industry glyoxal?

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

1. Untuk melakukan evaluasi dan biaya efektif terhadap teknologi proses produksi glyoxal
2. Untuk mengetahui dampak lingkungan dari proses produksi glyoxal
3. Untuk ketersediaan dan ketergantungan pada bahan baku utama, seperti etilen glycol, mempengaruhi industry glyoxal

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perancangan ini hanya membatasi pada neraca massa, neraca energy, pembuatan flowsheet pada kondisi steady state, pemasangan alat control, spesifikasi alat, dan kapasitas pabrik yang dirancang serta kelayakan analisa ekonomi.

1.5 Kegunaan Produk

Adapun kegunaan glyoxal dapat kita lihat di bawah ini :

1. Sebagai agen finishing di industri tekstil
2. Sebagai pemutih/stabilisasi serta anti oksidan di industri kertas
3. Sebagai pengawet desinfektan
4. Sebagai bahan industry perawatn kosmetik

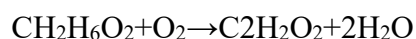
1.6 Uraian Proses

1.6.1 Tahap Persiapan

Bahan Baku Etilen Glikol yang berbentuk liquid dari Tangki etilen Glikol (V-100) diumpankan menuju Heater (E-100) dengan menggunakan pompa (P-100) untuk dinaikkan suhunya dari 30°C menjadi 450°C dengan tekanan 21 lb/sq Inch dimana keadaan yang sebelumnya liquid akan berubah menjadi Gas. Gas/uap etilen Glikol kemudia diumpankan menuju mixing (M-100). Oksigen dari tangki (V-101) unit utilitas udara pabrik diumpankan ke Heater (E-101) untuk menaikkan suhu yang awalnya 30°C menjadi 450°C dengan tekanan 21 lb/sq inch sebelum menuju Mixing (M-100) dengan menggunakan compressor (K-100)

1.6.2 Tahap reaksi

Setelah kedua bahan baku dicampur dimasukkan kedalam reactor (PFR - 100) dengan menggunakan compressor (K-101) dan terjadi reaksi berikut:



Proses ini dilakukan pada suhu 450oC dengan tekanan 1 atm menggunakan katalis Siler (Ag). Hasil reaksi ini berupa C₂H₂O₂ dan HO. setelah keluar dari reaktor kemudian produk tersebut di alirkan menuju heat exchanger (E-103) untuk didinginkan. Setelah didinginkan Produk tersebut dimasukkan kedalam separator (V-102) untuk dipisahkan antara produk dan bahan baku yang tersisa. Bagian atas separator berupa oksigen dan etilen glikol akan dialirkan kembali menuju reactor

(PFR-100) melalui compressor (K-102). Sedangkan bagian bawah separator merupakan glyoxal dan air akan dialirkan kedalam tangki produk. Umumnya glyoxal 40% yang dijual dipasaran (40% glyoxal 60% air). Namun untuk Anhydrous Glyoxal (glyoxal yang tidak mengandung air atau mengandung air yang sangat rendah). Proses akan dilanjutkan ke destilasi (T-100) untuk dilakukan pemurnian.

1.6.3. Tahap Pemurnian

Larutan hasil reaksi dari Separator (V-100) yang masih mengandung air akan dipisahkan didalam destilasi (T-100) yang dialirkan dengan pompa (P-101). Dalam kolom destilasi (T-100) air akan dipanaskan diatas titik didihnya, agar semua air menguap. Keluaran atas dari Destilasi (T-100) ini adalah uap air dan bagian bawah destilasi merupakan glyoxal.

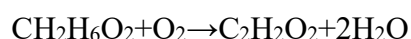
1.6.4. Tahap Penanganan Produk

Hasil bawah destiasi (T-100) yang mengadung $C_2H_2O_2$ (anhydrous glyoxal) akan dialirkan menuju tangki produk (V-103) melalui pompa (P-102). Melalui heat exchanger (E-104) dengan produk akhir mempunyai suhu sekitar $25^{\circ}C/30^{\circ}C$.

1.7 Seleksi Pemilihan Proses

1.7.1 Proses Oksidasi Etilen Glikol (the laporte process)

The Laporte Process, atau sering disebut juga sebagai "Laporte Oxidation," adalah proses industri yang digunakan untuk memproduksi glyoxal dari etilen glikol. Proses ini pertama kali diperkenalkan oleh perusahaan kimia Kanada, LaPorte Chemicals, yang kemudian menjadi bagian dari perusahaan kemikal besar lainnya. Berikut adalah ringkasan dari The Laporte Process untuk produksi glyoxal dari etilen glikol .



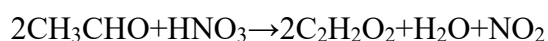
Bahan baku utama dalam proses ini adalah etilen glikol ($C_2H_6O_2$), suatu senyawa yang umumnya digunakan sebagai pelarut dan bahan kimia industri. Proses dimulai dengan oksidasi etilen glikol menggunakan oksigen (O_2) atmosfer pada suhu dan tekanan tertentu. Oksidasi ini menghasilkan senyawa intermediat

seperti glikolaldehid dan glyoxal. Glikolaldehid yang dihasilkan kemudian berinteraksi dengan oksigen dalam kondisi tertentu untuk membentuk glyoxal, yang merupakan produk akhir dari proses ini. Untuk meningkatkan efisiensi reaksi dan menghasilkan glyoxal dalam jumlah yang lebih besar, seringkali digunakan katalis tertentu. Katalis ini dapat meningkatkan laju reaksi dan mengoptimalkan kondisi reaksi. Setelah reaksi selesai, langkah pemisahan dan pemurnian dilakukan untuk memisahkan glyoxal dari senyawa-senyawa lainnya yang mungkin terbentuk selama proses. Pemurnian ini dapat melibatkan teknik destilasi atau metode pemisahan kimia lainnya. Produk akhir dari The Laporte Process adalah glyoxal ($C_2H_2O_2$), yang memiliki berbagai aplikasi industri, termasuk dalam produksi resin, industri tekstil, dan pembuatan produk kimia lainnya. Proses ini memanfaatkan oksidasi etilen glikol sebagai langkah kunci untuk menghasilkan glyoxal. Pemilihan kondisi reaksi dan penggunaan katalis dapat dimodifikasi untuk meningkatkan efisiensi dan kecepatan reaksi, yang pada gilirannya meningkatkan produksi glyoxal.

1.7.2 Proses liquid-phase oksidasi acetaldehyde dengan asam nitrat

Proses liquid-phase oksidasi acetaldehyde dengan asam nitrat adalah metode lain untuk menghasilkan glyoxal. Proses ini melibatkan beberapa langkah kunci yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

Langkah pertama melibatkan pembuatan asam nitrat (HNO_3), yang dapat dilakukan melalui reaksi amonia (NH_3) dengan oksigen (O_2) dan metode lainnya. Asam nitrat merupakan agen oksidasi yang kuat dan akan berperan dalam oksidasi acetaldehyde. Acetaldehyde (CH_3CHO) dapat dihasilkan dari etanol melalui proses dehidrogenasi atau proses oksidasi. Acetaldehyde ini merupakan senyawa utama yang akan dioksidasi menjadi glyoxal. Acetaldehyde kemudian dioksidasi dengan menggunakan asam nitrat dalam fase cair. Reaksi oksidasi ini menyebabkan acetaldehyde berubah menjadi glyoxal ($C_2H_2O_2$). Reaksi ini dapat dituliskan sebagai berikut:



Setelah reaksi oksidasi selesai, glyoxal yang dihasilkan kemudian harus dipisahkan dan dipurnakan dari campuran reaksi. Proses ini dapat melibatkan teknik pemisahan fisik dan kimia seperti destilasi atau ekstraksi. Penting untuk mempertimbangkan manajemen limbah yang dihasilkan selama proses ini, terutama karena adanya senyawa nitrogen dioksida yang merupakan produk samping dari reaksi. Limbah ini harus dikelola dengan aman dan sesuai dengan regulasi lingkungan.

Metode ini menunjukkan cara lain dalam produksi glyoxal, yang melibatkan oksidasi acetaldehyde menggunakan asam nitrat sebagai agen oksidasi. Glyoxal yang dihasilkan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi industri, termasuk dalam produksi resin, industri tekstil, dan berbagai produk kimia lainnya. Proses ini memerlukan pengaturan kondisi reaksi dan pemisahan yang efisien untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

1.7.3 Decarboxylate of dihydroxy-tartaric acid salts

Proses dekarboksilasi garam asam dihidroksitararat untuk menghasilkan glyoxal melibatkan serangkaian reaksi kimia yang kompleks. Berikut adalah representasi umum dari reaksi dekarboksilasi untuk menghasilkan glyoxal dari garam asam dihidroksitararat:

Langkah awal melibatkan persiapan garam asam dihidroksitararat. Garam ini dapat dihasilkan melalui reaksi antara asam dihidroksitararat (gugus hidroksil di kedua karbon asam tartarat tereduksi) dengan basa untuk membentuk garam natrium atau kalium. Garam asam dihidroksitararat kemudian menjalani reaksi dekarboksilasi, di mana gugus karboksil dioksidasi dan dilepaskan sebagai karbon dioksida (CO₂). Hasil akhir dari reaksi ini adalah glyoxal.



Dalam konteks ini, reaksi mungkin berhubungan dengan garam asam dihidroksitararat, dan salah satu representasi mungkin adalah sebagai berikut:



Setelah reaksi dekarboksilasi selesai, campuran reaksi dipisahkan dan

glyoxal dipisahkan dari bahan samping atau produk samping lainnya. Proses pemurnian seperti destilasi atau metode pemisahan kimia lainnya dapat digunakan untuk mendapatkan glyoxal yang murni..Sebagai bagian dari proses produksi, manajemen limbah yang dihasilkan selama proses ini harus diperhatikan dan diatur dengan baik. Glyoxal yang dihasilkan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi industri, termasuk dalam produksi resin, industri tekstil, dan berbagai produk kimia lainnya. Proses dekarboksilasi garam asam dihidroksitararat adalah salah satu cara alternatif untuk menghasilkan glyoxal dan dapat memberikan jalur produksi yang bervariasi tergantung pada kebutuhan spesifik dan kondisi reaksi yang diinginkan. Sebagai catatan, parameter reaksi dan katalis yang digunakan dapat bervariasi dalam implementasi praktis proses ini.

Tabel 1.7 Perbandingan Proses

No.	Kriteria	Proses Pembuatan Glyoxal		
		Laporte	Asetaldehyde	Dekarbonasi
1	Bahan Baku	- Etilen Glikol - Udara	- Asetaldehyde - Asam Nitrat	Garam asam dihidroksitararat
2	Reaktor	PFR	CSTR	PFR
3	Temperatur	350 – 800	300 – 800	
4	Tekanan	1,2 atm	1,2 atm	2 atm
5	Katalis	Logam/platina/ palladium/	Logam/platina/ Enzim/	-

6	Produk Samping	Air (H ₂ O)	Nitrogen Dioksida (NO ₂) Air (H ₂ O)	Karbon Dioksida CO ₂
---	----------------	------------------------	---	------------------------------------

Berdasarkan tabel diatas proses yang dipilih adalah the laporte proses atau fasa gas oksidasi dari etilen glycol. dikarenakan pertimbangan sebagai berikut:

1. Efisiensi

Proses laporte dapat dianggap efisien dalam menghasilkan glyoxal dengan tingkat konversi yang baik dari etilen glikol. Hal ini dapat mengurangi limbah dan meningkatkan rendemen produk

2. Selektifitas

Proses ini dapat memberikan selektivitas yang tinggi terhadap pembentukan glyoxal, yang diinginkan dalam produksi kimia.

3. Katalisasi dan Oksidasi

Proses ini menggunakan oksigen sebagai agen oksidasi. Oksigen merupakan sumber oksidasi yang umum dan mudah diakses.

Proses ini menggunakan katalis Ag(silver). Berdasarkan uji paten united states terhadap persiapan glyoxal yang menyatakan bahwa “dalam pembuatan glyoxal secara kontinyu melalui oksidasi etilen glikol dimana etilen glikol dan oksigen dilewatkan pada suhu 450°C – 800°C melalui katalis silver merupakan hasil yang menguntungkan karena persiapan katalis yang sangat sederhana, umur katalis yang lama”. (Prepared glyoxal us patent)

4. Kemurnian Produk

Proses ini memberikan produk glyoxal yang cukup murni dan sesuai dengan standar industry.

5. Skala industry

Proses laporte telah dikembangkan dan dioptimalkan untuk skala industry,

yang membuatnya sesuai untuk produksi besar besaran.

6. Ketahanan Terhadap variasi bahan baku

Proses ini dapat cukup toleran terhadap variasi kualitas bahan baku, seperti etilen glikol yang dapat berasal dari berbagai sumber.

1.8 Kapasitas Perancangan Pabrik

Dalam menentukan kapasitas prarancangan pabrik glyoxal perlu dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1.8.1 Data Kebutuhan Glyoxal di Indonesia

Jenis industri	Kebutuhan (Ton/Tahun)
Tekstil	5.211
Pulp & Paper	6.814
Desinfektan	5.662
Otomotif	2.425
Resin	5.021
Kimia	9.249
Tinta	2.198
Farmasi	4.398
TOTAL	40.978

1.8.2 Data Impor glyoxal

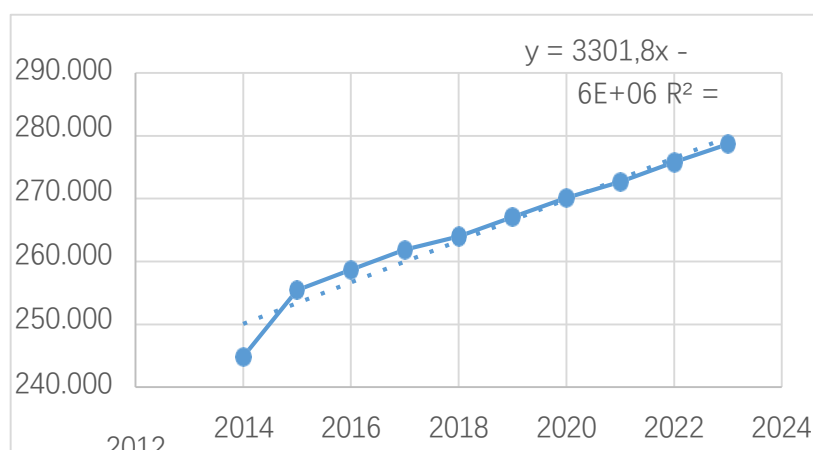
Impor glyoxal di Indonesia cenderung meningkat setiap tahunnya, ditunjukkan pada data impor glyoxal yang dapat dilihat pada Tabel 1.8

1.8 Tabel Data Impor Glyoxal di Indonesia

	Konsumsi (ton/tahun)
2014	244.814
2015	255.461
2016	258.705

2017	261.890
2018	264,015
2019	267.074
2020	270.131
2021	272.682
2022	275.773
2023	278.696

Sumber : Badan Pusat Statistik 2015 - 2020



Berdasarkan grafik kebutuhan glyoxal di Indonesia didapatkan persamaan garis lurus $y = 3301,8x - 6399661$ dengan x sebagai fungsi tahun dan nilai $R^2 = 0,9548$ Maka dari persamaan tersebut dapat dihitung kebutuhan etilen oksida dalam negeri pada tahun 2028 mendatang.

$$Y = 3301,8x - 6399661$$

$$Y = 3301,8(2028) - 6399661$$

$$Y = 296.389,4 \text{ Ton/Tahun.}$$

Dari hasil perhitungan dapat diperkirakan kebutuhan glyoxal di Indonesia pada tahun 2028 adalah sebesar 296.389,4 ton/tahun, sehingga hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada Tabel 1.8

Tabel 1.8 Data Ekstrapolasi Kebutuhan Glyoxal di Indonesia

Tahun	Impor
-------	-------

2020	270.131
2021	272.682
2022	275.773
2023	278.696
2024	283.182,2
2025	286.484
2026	289.785,8
2027	293.087,6
2028	296.389,4

1.9 Pemilihan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik adalah hal yang penting karena dapat mempengaruhi posisi dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup dari perusahaan. Berikut adalah faktor – faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi pabrik:

1.9.1 Faktor – Faktor Utama

1. Pemasaran

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan lokasi pemasaran. Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai pemasaran:

- Daerah pemasaran produk
- Jumlah pesaing (competitor) yang ada dan pengaruhnya
- Kemampuan dari daya serap pasar
- Jarak pemasaran dari lokasi pabrik
- Sistem pemasaran yang digunakan
- Kemungkinan pengadaan tenaga listrik dan bahan bakar di lokasi pabrik untuk sekarang dan masa yang akan datang.
- Harga bahan bakar yang akan digunakan

2. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku glyoxal merupakan komponen penting dalam industri kimia dan manufaktur. Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan produksi suatu pabrik sehingga penyediaan bahan baku sangat di prioritaskan. Bahan baku glyoxal direncanakan diperoleh dari PT. Foton Prima Perkasa yang terletak dikawasan industri Tangerang, Provinsi Banten Dengan letak antara pabrik dengan bahan baku yang dekat, maka diharapkan penyediaan bahan baku dapat tercukupi dengan lancar.

3. Kondisi Iklim

Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai kondisi iklim:

- Keadaan lingkungan alam yang sulit akan menambah biaya konstruksi pembangunan pabrik
- Kecepatan dan arah angin
- Kemungkinan terjadinya gempa bumi
- Pengaruh alam sekitar terhadap perluasan pada masa mendatang
- Sumber air Air merupakan suatu komponen yang sangat penting pada suatu kimia. Air digunakan sebagai media pendingin, air umpan boiler, air sanitasi dan kebutuhan lainnya.
- Instalasi penyediaan air

Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan dalam penyediaan air :

- a. Kapasitas dari sumber air
 - b. Kualitas dari sumber air
- Jarak sumber air dari lokasi pabrik
 - Pengaruh musim terhadap kemampuan sumber air untuk menyediakan air sesuai dengan kebutuhan rutin pabrik
 - Polusi air tidak boleh melebihi ambang batas yang ditetapkan

1.9.2 Sumber Listrik

Dalam pendirian suatu pabrik tenaga listrik dan bahan bakar merupakan faktor penunjang yang sangat penting. Berikut adalah hal – hal yang harus diperhatikan dalam pengadaan tenaga listrik dan bahan bakar suatu pabrik



Gambar 1.2 Lokasi Pembangunan Pabrik di area Khawasan industry Medan

1.9 Uji Ekonomi Awal

Uji ekonomi awal merupakan perhitungan jumlah dari harga bahan baku dan harga produk yang akan dijual sebagai penentu apakah pabrik yang akan dirancang dapat memberikan keuntungan atau memberikan kerugian. Meskipun secara teori semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lain yaitu harga bahan baku dan produk.

Adapun analisa biaya ekonomi awal pada pembuatan glyoxal dengan proses the laporte dari oksidasi etilen glikol dapat dilihat pada tabel 1.10

Tabel 1.10 Glyoxal dengan *Proses The Laporte*

Bahan yang digunakan	BM (gr/mol)	Harga Rp/Tahun
Bahan Baku		
Etilen Glikol	62,07	85.000
Oksigen	16.00	25.000

Katalis		
Silver (Ag)		144.260/ 4 tahun
Produk		
Glyoxal	58,04	15.000.000

Bahan Baku

- Etilen glikol = $62,07 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg}/1000 \text{ gr} \times \text{Rp. } 85.000$

= Rp.5.276

- Oksigen = $16,00 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg}/1000 \text{ gr} \times \text{Rp. } 25.000$

= Rp. 400

Total bahan baku = Rp.5.276 + Rp. 400

= Rp. 5.676

Katalis

- Silver (Ag) = Rp. 144.260 / 4 tahun

Produk

- Glyoxal = $58,04 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ kg}/1000 \text{ gr} \times \text{Rp } 15.000.000$

= Rp. 870.600

Keuntungan

- Laba = Produk – (Bahan Baku+ Katalis)

= Rp. 870.600 - Rp. 41.741

= Rp. 828.259

