

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Gliserol ($C_3H_8O_3$) juga dikenal sebagai IUPAC propana-1,2,3-triol ialah konstituen terpenting dari seluruh produk minyak serta lemak, dalam wujud ester yang dikenal sebagai gliserida. Suatu molekul trigliserida ditambahkan dengan tiga molekul asam lemak secara tersusun. Gliserol digunakan antara lain dalam industri kosmetik, farmasi, dan industri kimia. Selain itu, gliserol juga digunakan sebagai bahan anti beku dan sebagai bahan baku kerajinan resin, cat, kayu, dan jerami. (Palemsa dan Alberta, 2019).

Saat ini, industri kimia di tanah air mengalami pertumbuhan yang sangat pesat. Tujuan pertumbuhan industri ini ialah untuk menaikkan kemampuan nasional dalam memenuhi kebutuhan aneka macam bahan baku kimia di seluruh tanah air dan melawan tekanan proses keperluan produk kimia di pasar global.

Disisi lain, sektor industri juga dianggap sebagai jalur utama perkembangan ekonomi karena mampu menyerahkan nilai yang sangat besar serta mendorong tingkat produktivitas pekerja yang cukup tinggi. Bahan organik seperti gliserol adalah salah satu jenis produk nutrisi penting yang memiliki potensi optimal.

Setiap tahunnya, jumlah kebutuhan gliserol diperkirakan akan meningkat secara signifikan. Kebutuhan akan gliserol di Indonesia dari tahun 2017, 2018, 2019, 2020, dan 2021 berturut-turut sebesar 33.505 ton/tahun, 34.809,3 ton/tahun, 36.144,6 ton/tahun, 37.417,9 ton/tahun, dan 40.414,0 ton/tahun (BPS,2021). Peningkatan kebutuhan gliserol ini wajib diimbangi menggunakan pertumbuhan produksi gliserol menjadi produk yang sangat diharapkan baik oleh industri dalam ataupun luar negeri. Oleh sebab itu, guna mengurangi dampak serta menaikkan kualitas industri kimia serta produk kimia yang ada di Indonesia serta untuk mempersiapkan pasar dunia terhadap semakin meningkatnya permintaan produk kimia, maka perlu dilakukan peningkatan kuantitas serta kualitas produk melalui proses dan metode manufaktur baru. Dalam mendirikan pabrik baru gliserol di Indonesia menggunakan beberapa pertimbangan menjadi berikut:

1. Mencukupi kebutuhan gliserol di dalam negeri.
2. Meningkatkan kegiatan ekspor hingga menaikkan devisa nasional.
3. Membantu mengembangkan industri kimia lainnya yang memakai bahan baku gliserol.
4. Mengurangi dampak permasalahan ketenagakerjaan dengan menciptakan lapangan kerja baru.

I.2. Kapasitas Perancangan Pabrik

Dalam menetapkan rencana kapasitas pabrik yang akan digunakan harus sesuai dengan kapasitas yang paling sedikit atau sama dengan kapasitas pabrik yang sedang beroperasi. Disisi lain, penurunan jumlah penduduk yang direncanakan dapat mengurangi kebutuhan nasional. Berikut beberapa faktor-faktor yang perlu diperhatikan lebih lanjut dalam menetapkan jumlah kapasitas produksi adalah sebagai berikut:

I.2.1 Data Kebutuhan Gliserol di Indonesia

Tabel I. 1. Informasi Data Kebutuhan Gliserol di Indonesia

Tahun	Kapasitas (Ton/Tahun)
2017	33.505
2018	34.808,3
2019	36.144,6
2020	37.417,9
2021	40.414

(BPS, 2021)

I.2.2 Data Ekspor Impor Gliserol

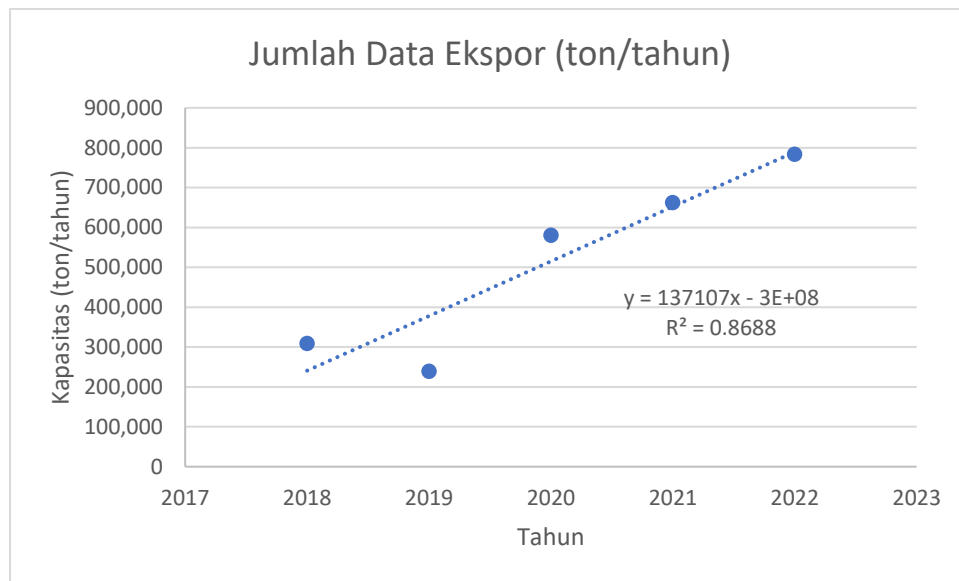
Berdasarkan dari beberapa faktor, seperti ketersediaan bahan baku, kebutuhan produk, data ekspor dan impor, dan faktor ekonomi, menentukan kapasitas pabrik ini. Tabel I.2 menunjukkan data ekspor gliserol Indonesia.

Tabel I. 2. Informasi Data Ekspor Giserol di Indonesia

Tahun	Kapasitas (Ton/Tahun)
2018	309.508

2019	239.283
2020	580.631
2021	662.417
2022	783.474

(Sumber : BPS,2023)



Gambar I. 1. Grafik Data Ekspor Gliserol Indonesia (Ton/Tahun)

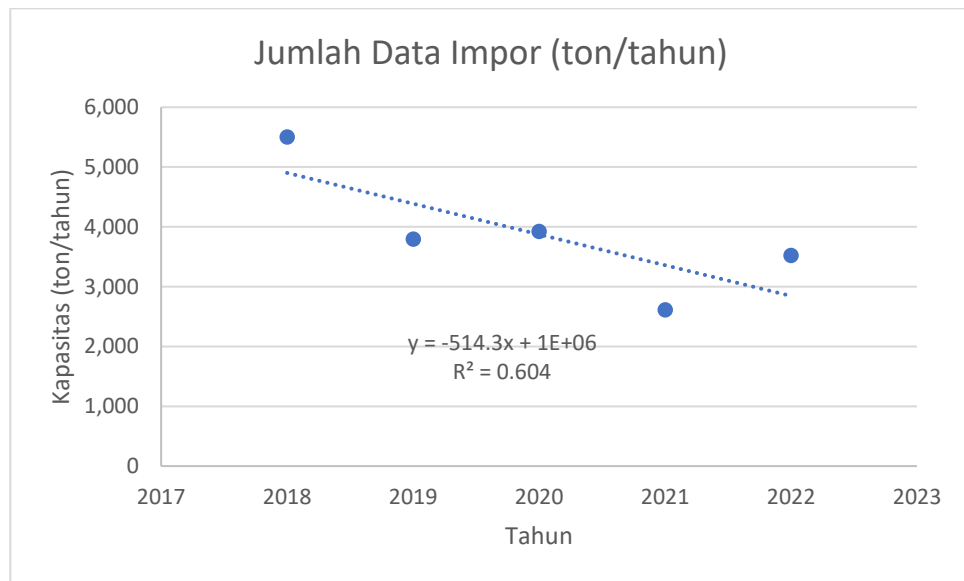
Kemudian dapat dilihat data impor gliserol Indonesia pada tabel I.3 berikut ini.

Tabel I. 3. Informasi Data Impor Gliserol di Indonesia

Tahun	Kapasitas (Ton/Tahun)
2018	5.506
2019	3.796
2020	3.925
2021	2.615
2022	3.525

(Sumber : BPS, 2023)

Untuk menghitung persamaan garis, data keperluan gliserol di Indonesia dari 2018 hingga 2022 dapat dipakai untuk membuat grafik, seperti yang ditunjukkan pada gambar yang ada di bawah ini:



Gambar I. 2. Grafik Data Impor Gliserol di Indonesia (Ton/Tahun)

Lembaga Badan Pusat Statistik (BPS) memperkirakan jumlah kapasitas produksi berdasarkan data statistika yang diperoleh mengenai data konsumsi gliserol di Indonesia. Guna memperkirakan jumlah yang diperlukan gliserol di negara Indonesia di tahun 2028, dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$F = F_0(1+i)^n$$

Dimana:

- F = Perkiraan kebutuhan Gliserol pada tahun 2028
- F_0 = Kebutuhan Gliserol pada tahun terakhir (2022)
- i = Perkembangan rata-rata
- n = Selisih waktu

$$\begin{aligned}
 F &= F_0(1+i)^n \\
 &= 3.525 (1+0,0050)^{2028-2022} \\
 &= 3.525 (1,0050)^6 \\
 &= 3.632 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Tabel I. 4. Data Impor Gliserol oleh Indonesia

No	X (Tahun)	Y (volume, ton)	X ²	XY
1	2018	5.506	4.072.324	11.111.108
2	2019	3.796	4.076.361	7.664.124
3	2020	3.925	4.080.400	7.928.500
4	2021	2.615	4.084.441	5.284.915
5	2022	3.525	4.088.484	7.127.550
Total	10.100	19.367	20.402.010	39.116.197

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{(5 \times 39.116.197) - (10.100 \times 19.367)}{(5 \times 20.402.010) - (10.100 \times 10.100)} \\
 &= -514,3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B &= \frac{\sum y - (A \times \sum x)}{n} \\
 &= \frac{19.367 - (-514,3 \times 10.100)}{5} \\
 &= 1.042.759
 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh persamaan linier $y = Ax + B$ sebagai berikut :

$$y = -514,3x + 1.042.759$$

Dengan menggunakan persamaan garis lurus $y = Ax + B$ diperoleh kebutuhan gliserol tahun 2028 yaitu :

$$y = y = -514,3x + 1.042.759 \text{ ton/tahun}$$

$$y = -514,3 (2028) + 1.042.759 \text{ ton/tahun}$$

$$y = -1.043.000 + 1.042.759 \text{ ton/tahun}$$

$$y = -241 \text{ ton/tahun}$$

I.2.3 Kapasitas Pabrik yang Sudah Berdiri

Dalam menetapkan kapasitas produksi yang paling sedikit, perlu juga mempertimbangkan jumlah fasilitas produksi yang berada di Indonesia. Hal ini terjadi dikarenakan pabrik yang sudah berdiri dan mempunyai analisa ekonomi dapat memperoleh keuntungan dari kapasitas produksi yang dicapai. Berikut ini ialah statistik pabrik kimia gliserol di Indonesia yang ditunjukkan pada Tabel I.4.

Tabel I. 5. Data Produsen Gliserol Dalam Negeri

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Sinar Oleochemical Int	Medan	12.250
PT. Unilever	Surabaya	8.450
PT. Cisadane Raya Chemical	Tangerang	5.500
PT. Flora Sawita	Medan	5.400
PT. Sayap Mas Utama	Bekasi	4.000
PT. Sumi Asih	Bekasi	3.500
PT. Wings Surya	Semarang	3.500
PT. Bukit Perak	Semarang	1.440

(Sumber : Direktorat Jenderal Industri Argo dan Kimia, 2014)

Terlihat susunan data pada Tabel I.4 menyatakan jumlah kapasitas produksi minimum gliserol di Indonesia adalah 1.440 ton per tahun. Dari hasil tersebut, diperkirakan kapasitas perancangan pabrik gliserol yang akan diproduksi pada tahun 2028 adalah sekitar 10.000 ton per tahun. Dengan struktur yang ada saat ini, pabrik gliserol memungkinkan peningkatan pemasukan devisa nasional dengan gliserol serta mencukupi keperluan gliserol di Indonesia

Untuk data kapasitas produksi dan juga produsen gliserol di luar negeri dapat dilihat pada Tabel I.5. sebagai berikut:

Tabel I. 6. Data Produsen Gliserol Luar Negeri

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
Procter & Gamble	Ivorydale, Ohio	72.727
Emery Olechemicals	Cincinnati, Ohio	29.545
Vantage Oleochemicals	Chicago, Illinois	27.273
Cargill	Lowa Falls, Iowa	17.045
PMC Biogenix	Kansas City, Missouri	13.636
VVF	Memphis, Tennessee	13.636
Twin Rivers Technologies	Quincy, Massachusetts	13.636
Evonik	Mapleton, Illinois	9.091

(Sumber: Icis Chemical Business Americas, 2012)

Berdasarkan hasil perhitungan pertumbuhan rata-rata dan pertimbangan kapasitas pabrik yang sudah berdiri diatas, kebutuhan gliserol di Indonesia pada tahun 2028 yaitu sebesar 3.632 ton/tahun sedangkan pada gambar 1.1 dapat dikatakan bahwa permintaan gliserol sedang naik dan turun, namun kebutuhan impor masih relative tinggi. Hal ini melatar belakangi Indonesia masih bergantung pada negara lain. Oleh karena itu, kami mengambil 0,8% dari kebutuhan luar negeri yang dapat dilihat dari data ekspor Indonesia pada tahun 2022 yaitu sekitar 6.268 ton/tahun. Sehingga dari kapasitas kebutuhan dalam negeri dan kebutuhan luar negeri, maka pada pra-rancangan ini pabrik akan memproduksi gliserol sebanyak 10.000 ton/tahun.

I.2.4 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama pabrik Gliserol adalah Alil Alkohol, didatangkan dari negara Jepang (*Daicel Chemical Industries*), dengan jumlah kapasitas produksi sekitar 300.000 ton/tahun. Untuk bahan baku hidrogen peroksida diperoleh dari PT. Peroksida Indonesia Pratama yang berada di Cikampek, Jawa Barat dengan kapasitas 24.800 ton/tahun dan PT. Evonik Degussa Peroxide Indonesia yang berlokasi di Cikarang, Bekasi dan memiliki jumlah kapasitas produksi sekitar 48.000 ton/tahun. Sedangkan katalis H_2WO_4 di impor dari Anchor Chemical Industry di India.

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat diperkirakan kebutuhan gliserol pada tahun 2028 di Indonesia sebesar 3.632 Ton/tahun. Dengan didirikannya pabrik gliserol ditahun 2028 dengan kapasitas produksi 10.000 Ton/tahun.

I.3. Tinjauan Pustaka

Gliserol atau propanetriol merupakan senyawa yang berwujud cair dalam kondisi ruang, tidak berwarna, dan rasanya manis. Gliserol merupakan senyawa murni sedangkan gliserin merupakan istilah yang digunakan untuk hasil pemurnian secara komersial. Gliserol terdapat secara alami pada minyak dan lemak. Selain itu gliserol juga dapat disintesis dari propilen.

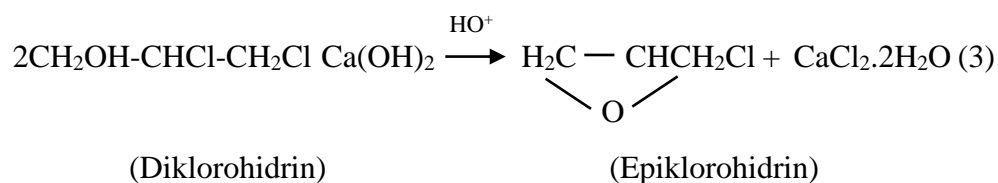
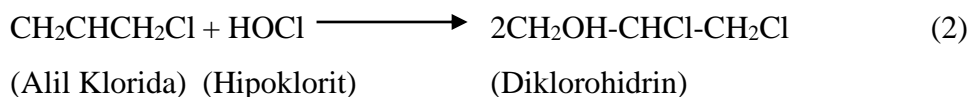
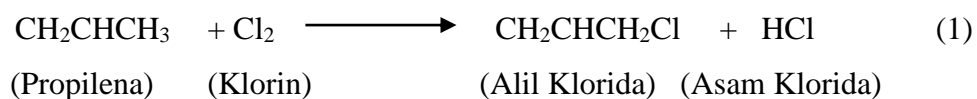
I.4. Pemilihan Proses

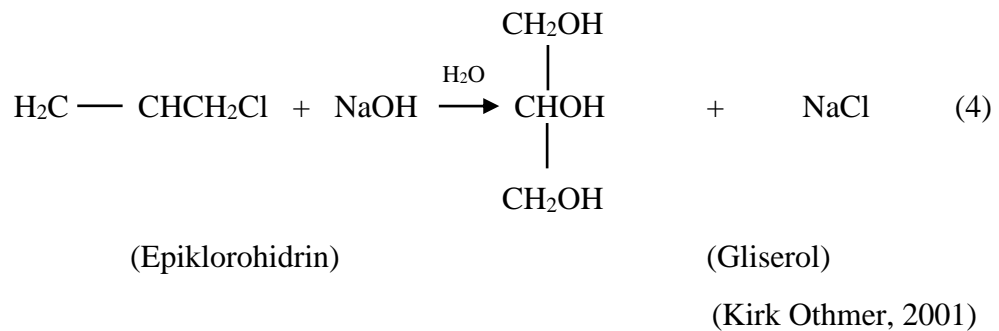
I.4.1. Pemilihan Proses

Pembuatan gliserol menggunakan berbagai teknik, baik yang sejenis maupun yang berbeda. Berikut adalah beberapa contohnya:

A. Gliserol sintetis dari propilen melalui alil klorida

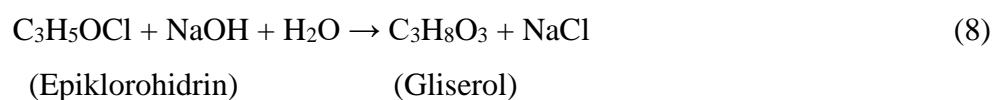
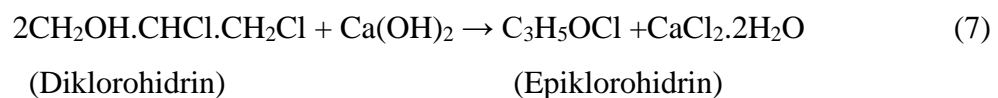
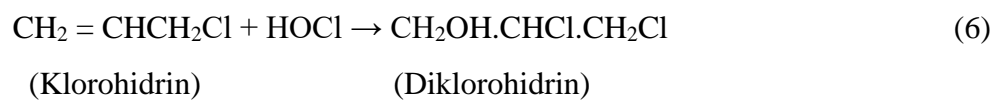
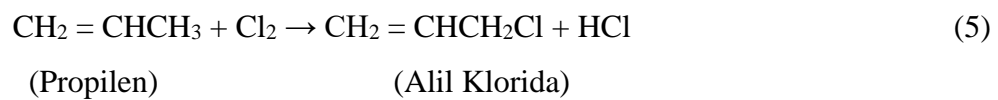
Klorinasi kontinyu dari propilena pada suhu tinggi mencapai 400 °C dan tekanan 1,02 atm (yang diperoleh dari proses petroleum cracking) menghasilkan alil klorida yang kemudian direaksikan dengan bahan asam hidroklorus menjadi diklorohidrin dan direaksikan kembali dengan susu kapur menghasilkan epiklorohidrin yang bereaksi menjadi gliserol melalui hidrolisa dengan larutan natrium hidroksida. Didapatkan hasil yield dari proses ini kurang lebih 75% sampai 80%.





B. Gliserol sintetik dari propilen melalui acrolein

Propilen direaksikan menjadi akrolein dengan oksida katalitik fase uap. Acrolein dioksidasi menjadi gliseroldehid dengan hidrogen peroksida (dari oksidasi isopropyl alkohol) pada suhu 350 °C dan tekanan 2 atm. Gliseroldehid kemudian dihidrogenasi menjadi gliserol.

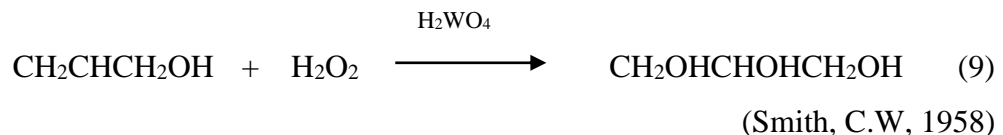


(Faith and Keyes, 1955)

C. Gliserol sintetik dari hidroksilasi alil alkohol

Alil alkohol sebagai bahan baku utama dilarutkan dalam air dan hidrogen peroksida pada suhu 50°C serta tekanan 1 atm. Jumlah perbandingan mol air terhadap alil alkohol serta hidrogen peroksida yaitu 82:2:1. Agar

memaksimalkan waktu reaksi, campuran reaksi ditambahkan bahan baku bantuan katalis yang mengandung uji tungstat (H_2WO_4), yang berarti diperlukan waktu dua jam untuk reaksi. Memakai katalis (H_2WO_4) sekitar 5,98% mol didasarkan pada bahan baku utama alil alkohol. Tingkat konversi akhir hidrogen peroksida menjadi gliserol adalah 88,4%.



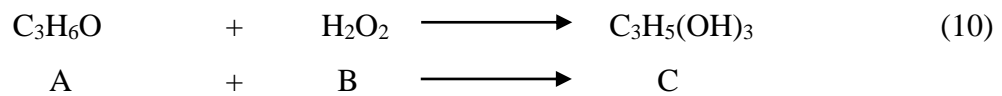
Tabel I.6 berikut membandingkan berbagai proses produksi gliserol yang disebutkan di atas:

Tabel I. 7. Spesifikasi Produksi Gliserol

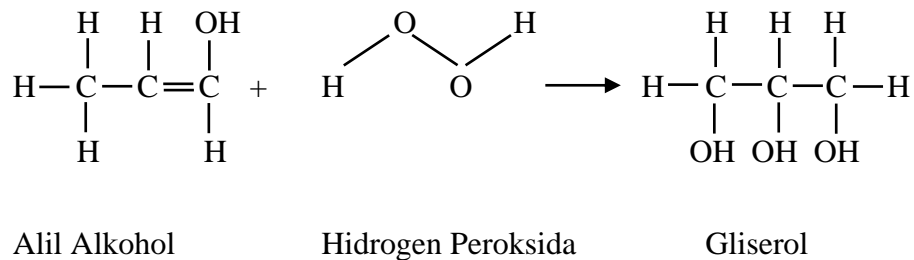
Faktor Pembeding	Gliserol sintetik dari propilen melalui alil klorida	Gliserol sintetik dari propilen melalui acrolein	Gliserol sintetik dari hidroksilasi alil alkohol
Fase Reaksi	Cair-cair	Cair-Uap	Cair-cair
Tekanan Operasi	1,02 atm	2 atm	1 atm
Suhu Operasi	400°C	350°C	50°C
Konversi	-	-	88,4%
Yield	75-80%	80-90%	-
Katalis	Tidak memakai katalis	Katalis <i>copper oxide</i>	Katalis asam tungstat
Sifat Bahan	Adanya bahan yang beracun	Bahannya dianggap aman karena tidak beracun dan tidak korosif.	Bahannya dianggap aman karena tidak beracun dan tidak korosif.

Dari ketiga proses diatas, untuk memperoleh gliserol sintetis maka dipilih proses hidrosilasi alil alkohol dengan katalis asam tungstat (H_2WO_4). Karena penggunaan suhu dan tekanan rendah, proses ini memiliki risiko kegagalan yang lebih rendah dibandingkan proses lainnya. Hal ini didasarkan pada kondisi operasi produksi yang sedang berlangsung. Proses yang dijalankan juga lebih sederhana. Bahan baku yang digunakan tergolong lebih aman dari proses yang lain, konversi yang diperoleh cukup tinggi yaitu 88,4%.

Reaksi:



Mekanisme reaksi:



1.4.1. Kegunaan Produk

Gliserol merupakan bahan yang diperlukan dalam berbagai industri. Kegunaan paling umum yakni dalam obat-obatan serta produk perawatan mulut seperti pasta gigi dan obat kumur. Disisi lain, gliserol juga dipakai dalam proses pengolahan tembakau dan busa uretra. Penggunaannya dalam makanan serta kosmetik masih terus berkembang. Berikut ini menjelaskan bagaimana gliserol digunakan dalam industri:

1. Kosmetik

Dalam industri kosmetik, gliserol digunakan sebagai pelarut, humektan, agen tubuh, dan emolien. Selain itu digunakan dalam banyak krim dan *lotion* untuk menjaga kelembutan kulit dan menggantikan kelembapan kulit, *shampoo and hair conditioners*, sabun dan *detergent*.

2. Peledak

Gliserol digunakan dalam bahan peledak untuk menghasilkan nitrogliserin, yang digunakan sebagai bahan peledak utama.

3. Industri minuman dan makanan

Gliserol dipakai sebagai *solvent, emulsifier, conditioner, freeze, preventer and coating*. Gliserol merupakan makanan yang mudah dicerna dan tidak menyebabkan gangguan lambung. Metabolismenya mirip dengan karbohidrat, meskipun merupakan kombinasi semua bentuk lemak dan protein. Gliserol digunakan sebagai bahan pengisi pada produk penyedap dan pewarna karena viskositasnya yang baik. Gliserol digunakan sebagai pelumas pada mesin yang dipakai untuk mengolah makanan serta mengemas produk, serta sebagai media penggerak panas yang bersentuhan langsung dengan makanan dalam pembekuan cepat, karena menghambat kristalisasi gula. Gliserol juga dipakai sebagai pelarut, pelembab, sirup, permen, dan lapisan. Poligliserol dan poligliserol ester semakin banyak dipakai dalam industri makanan, terutama dalam produk mentega dan margarin.

4. Industri Logam

Dipergunakan untuk galvanisasi, pelapisan listrik, pengawetan, pendinginan, pengupasan, dan sebagainya.

5. Industri Farmasi

Digunakan dalam produksi produk kapsul dan antibiotik. Dalam obat-obatan gliserol digunakan dalam bentuk jeli dan kapsul. Gliserol digunakan dalam anestesi dan obat batuk, seperti larutan gliserol-fenol, untuk penyembuhan luka bakteri dan seluler. Turunannya dipakai dalam obat penenang, serta nitrogliserin adalah vasodilator pada kejang koroner.

6. Bahan Pembungkus dan Pengemas

Kertas minyak, kaca, serta lainnya memerlukan pembuat elastis untuk kelenturan serta ketangguhan produk. Dengan cara ini, gliserol yang sesuai dengan bahan dasar yang dipakai diserap olehnya, serta tidak mengkristal atau larut dengan baik.

7. Pelumas

Gliserol dapat dipakai sebagai pelumas di daerah di mana oli akan rusak pada akhirnya. Karena memiliki opasitas yang lebih tinggi dibandingkan oli mineral, disarankan untuk digunakan dengan kompresor oksigen. Hal ini juga dapat dipakai untuk melumasi pompa serta bantalan yang dituangkan ke dalam wadah, seperti bensin dan benzena; ini akan menghentikan olivin dari melumas. Gliserol dapat digunakan untuk mengurangi alkohol dalam makanan, obat-obatan, dan sediaan kosmetik dalam kasus konflik pelumas.

Gliserol sering digunakan sebagai pelumas karena viskositasnya yang tinggi dan kemampuannya menaikkan suhu suatu zat tanpa mengubah sifat-sifatnya. Grafit yang ada di bagian belakang benda pelumas dapat disebarkan di dalamnya untuk meningkatkan kapasitas pelumasannya. Dengan menambah air, alkohol, atau glikol, viskositasnya dapat dikurangi, dan kualitasnya dapat ditingkatkan dengan polimerisasi atau dicampur dengan pasta. Pasta yang dihasilkan dari kombinasi ini dapat digunakan dalam pengemasan pipa, dalam saluran gas, atau dalam aplikasi lainnya. Sabun ditambahkan ke gliserol dan pengukur tekanan tinggi dan katup untuk meningkatkan viskositas dan pelumasan. Untuk melumas logam pengepresan, campuran gliserin dan glukosa digunakan. Industri tekstil sering menggunakan gliserol bersama dengan "minyak tekstil" untuk proses seperti pemintalan, perajutan, dan sebagainya.

8. Produk Gasket dan Gabus

Agar mereka lentur dan juga tangguh, plasticizer yang memiliki beberapa aksi humektan terhadap seprai dan gasket yang dibuat dengan gabus dan lem yang telah dihancurkan. Gliserol digunakan karena mempunyai titik leleh yang tinggi, mudah meleleh oleh air dan es, serta kompatibel dengan sebagian besar bahan. Hal ini mengurangi non-toksisitas tambahan persyaratan dengan adanya penutup mahkota serta sumbat gabus yang menyentuh makanan.

(Kirk & Othmer, 2001)

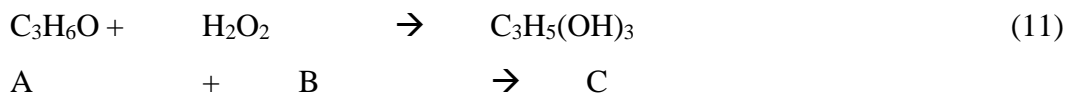
1.4.2. Tinjauan Kinetika

Didasarkan pada deskripsi kinetika yang menentukan jumlah pernyataan konsentrasi yang diperlukan untuk menghasilkan ekspresi laju reaksi, reaksi dapat diklasifikasikan menurut ordennya. Terdapat perbedaan pada reaksi orde pertama

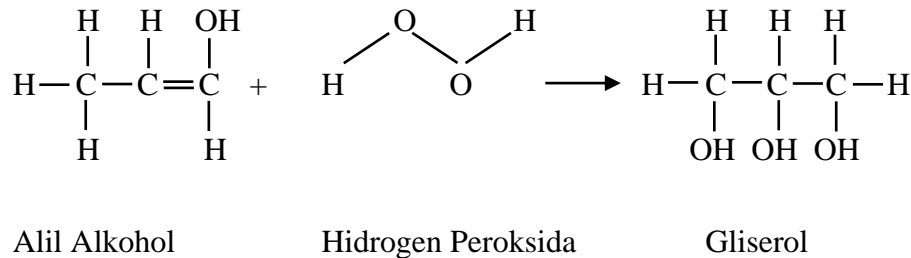
dan reaksi orde kedua. Dimana reaksi pada orde pertama laju tersebut setara dengan satu konsentrasi, namun reaksi pada orde kedua produk setara dengan dua konsentrasi. Langkah-langkah selanjutnya tetap sama.

(Bowden A. C, 2012)

Reaksi :



Mekanisme reaksi:



Akibatnya, reaksi terhadap A dan B dianggap berorde 2.

$$(-r_A) = k \cdot C_A \cdot C_B$$

Dimana :

- (-r_A) : Kecepatan berkurangnya A (gmol/L.menit)
- C_A : Konsentrasi C₃H₆O (gmol/L)
- C_B : Konsentrasi H₂O₂ (gmol/L)

Jumlah perbandingan mol air terhadap alil alkohol serta hidrogen peroksida yaitu 82:2:1. Memakai katalis (H₂WO₄) sekitar 5,98% mol didasarkan pada bahan baku utama alil alkohol.

Dengan data :

1. Konversi sebesar : 0,884
2. Suhu : 50 °C

3. Tekanan : 1 atm
4. Waktu reaksi : 2 jam

(Smith, C.W, 1958)

Menurut Tabel I.7, campuran koloid akan dihasilkan oleh larutan:

Tabel I. 8. Asumsi Tinjauan Kinetika

Aspek	Koloid
Bentuk disperse	Dispersi padatan
Bentuk campuran	Heterogen
Fase	Homogen
Ukuran partikel	1-100 nm

Berdasarkan perbandingan sifat bahan dalam campuran, diasumsikan bahwa reaksi pembentukan gliserol ekuivalen dengan reaksi homogen. Oleh karena itu, kinetika reaksi himogen dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 (-r_A) &= k \cdot C_A \cdot C_B \\
 C_A &= C_{A0} (1 - X_A) \\
 C_B &= C_{B0} - C_{A0} \cdot X_A \\
 &= C_{A0} \left(\frac{C_{B0}}{C_{A0}} - X_A \right) \\
 \frac{C_{B0}}{C_{A0}} &= M \\
 C_B &= C_{A0} (M - X_A)
 \end{aligned}$$

(Levenspiel, 1999)

Input	-	Output	+	Reaksi	=	Akumulasi
$Fv \cdot C_{A0}$		$Fv \cdot C_A$		$(-r_A) \cdot V$		0
$Fv \cdot C_{A0}$		$Fv \cdot C_{A0} (1 - X_A)$		$(-r_A) \cdot V$		0
$Fv \cdot C_{A0}$		$Fv \cdot C_{A0} - Fv \cdot C_{A0} \cdot X_A$		$(-r_A) \cdot V$		0
				$Fv \cdot C_{A0} \cdot X_A$		$(-r_A) \cdot V$
				$(F/V) \cdot C_{A0} \cdot X_A$		$(-r_A)$
			t =	$C_{A0} \cdot X_A$		$(-r_A)$
				T		$\frac{C_{A0} \cdot X_A}{(-r_A)}$

$$C_{A0} \cdot X_A / k \cdot C_A \cdot C_B$$

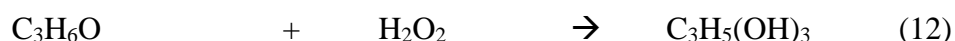
$$C_{A0} \cdot X_A / k \cdot C_{A0} (1 - X_A) \cdot C_{A0} (M - X_A)$$

$$k = \frac{X_A}{t \cdot C_{A0} (1 - X_A) \cdot (M - X_A)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai $k = 0,7869 \text{ m}^3/\text{kmol} \cdot \text{jam}$

1.4.3. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika digunakan untuk mengetahui apakah tinjauan termodinamika bersifat eksotermis atau endotermis. Tinjauan analisis termodinamika dari reaksi dalam produksi Gliserol ditinjau dari persamaan reaksi, yaitu:



A. Menghitung ΔH reaksi standar pada suhu 298,15 K

Besar kecilnya nilai pada ΔH menyatakan bahwa jumlah energi yang diperlukan lebih besar dari jumlah yang dihasilkan. Tanda positif (+) pada ΔH menunjukkan bahwa proses reaksi dapat berlangsung dengan bantuan energi atau panas. Dengan meningkatnya ΔH , energi panas yang dibutuhkan juga meningkat. Sebaliknya, ΔH yang bertanda negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi yang dimaksud disertai dengan panas selama proses reaksi berlangsung.

Tabel I.8 menyajikan simpangan baku entalpi data pada suhu 298,15 K untuk masing-masing subjek sebagai berikut.:

Tabel I. 9. Data Entalpi Standar Pembentukan (298,15 K)

Senyawa	ΔH_f° (kJ/mol)
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	-132,01
H_2O_2	-136,30
$\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$	-582,80

(Yaws, 1999)

$$\begin{aligned} \Delta H_r^\circ &= \sum \Delta H_{\text{produk}} - \sum \Delta H_{\text{reaktan}} \\ &= [\Delta H_f^\circ (\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3)] - [\Delta H_f^\circ (\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) + \Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O}_2)] \text{ kJ/mol} \\ &= [-582,80 - (-132,01 + (-136,30))] \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$= -314,49 \text{ kJ/mol}$$

Nilai pada ΔH_r^0 yang negatif (-) memperlihatkan bahwa reaksi yang terjadi adalah jenis reaksi eksotermis, atau merupakan reaksi yang dapat menimbulkan panas pada saat proses berlangsung.

B. Menghitung energi Gibbs (ΔG reaksi)

Nilai pada ΔG menunjukkan reaksi spontan atau involunter. Nilai pada ΔG yang positif (+) menyatakan bahwa reaksi tersebut terjadi secara non-spontan, sehingga diperlukannya energi tambahan dari luar agar dapat terus bereaksi. Sebaliknya, nilai pada ΔG yang negatif (-) menyatakan bahwa reaksi terjadi secara spontan serta hanya memerlukan sedikit energi.

Tabel I.9 menunjukkan data entalpi energi standar Gibbs untuk masing-masing individu pada suhu 298,15 K:

Tabel I. 10. Data Standar Entalpi Energi Gibbs Standar (298,15 K)

Senyawa	ΔG (kJ/mol)
C_3H_6O	-71,25
H_2O_2	-105,60
$C_3H_5(OH)_3$	-448,49

(Yaws, 1999)

Menghasilkan nilai pada ΔG^0_{298}

$$\begin{aligned} \Delta G^0_{298} &= G^0_{\text{produk}} - G^0_{\text{reaktan}} \\ &= [\Delta G (C_3H_5(OH)_3)] - [\Delta G (C_3H_6O) + \Delta G (H_2O_2)] \text{ kJ/mol} \\ &= [-448,49 - (-71,25 + (-105,60))] \text{ kJ/mol} \\ &= -271,64 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Menghasilkan nilai pada K_{298} dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \ln K &= -\frac{\Delta G}{RT} && ; R = 0,008314 \text{ kJ/mol} \\ T &= 298,15 \text{ K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_{298} &= \exp -\frac{\Delta G_{298}}{RT} \\
 K_{298} &= \exp -\frac{-271,64 \text{ kJ/mol}}{0,008314 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \times 298,15 \text{ K}} \\
 K_{298} &= 3,9077 \times 10^{47}
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan Van't Hoff, nilai K dapat dihitung pada suhu 50oC, atau 323,15 K:

$$\begin{aligned}
 \ln \frac{K_{323}}{K_{298}} &= -\frac{\Delta H_r}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right) \\
 \ln \frac{K_{323}}{1,0097 \times 10^{45}} &= -\frac{314,49 \text{ kJ/mol}}{0,008314 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}} \left(\frac{1}{323,15} - \frac{1}{298} \right) \\
 \ln \frac{K_{323}}{1,0097 \times 10^{45}} &= -9,87903185 \\
 \frac{K_{323}}{1,0097 \times 10^{45}} &= \exp (-8,01686186) \\
 K_{323} &= 5,1735 \times 10^{40}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan kondisi operasional, nilai K_{323} adalah $5,1735 \times 10^{40}$. Reaksi pembentukan gliserol ini berlangsung ke arah kanan (irreversible) karena nilai K lebih besar dari 1.