

**DESAIN PABRIK PRODUKSI MONOPROPILEN GLIKOL MELALUI REAKSI
HIDRASI PROPILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN KATALIS METIL FORMAT
KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi dan Seminar
Skripsi pada Jurusan S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri,
Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro**

Disusun oleh:

Aulia Diana Safirah NIM 40040121650081

PRODI S.Tr. TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2025

**DESAIN PABRIK PRODUKSI MONOPROPILEN GLIKOL MELALUI REAKSI
HIDRASI PROPILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN KATALIS METIL FORMAT
KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi dan Seminar
Skripsi pada Jurusan S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri,**

Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Disusun oleh:

Aulia Diana Safirah NIM 40040121650081

PRODI S.Tr. TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2025

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Monopropilen glikol (MPG) merupakan salah satu bahan kimia penting yang banyak digunakan dalam berbagai industri, seperti industri makanan, farmasi, kosmetik, serta bahan baku untuk pembuatan resin poliester dan poliuretan. Di bidang farmasi dan kosmetik, MPG dimanfaatkan sebagai pelarut yang aman karena memiliki tingkat toksisitas yang rendah. Sedangkan dalam industri makanan, senyawa ini digunakan sebagai bahan tambahan makanan yang telah disetujui oleh lembaga pengawas seperti FDA (Setyani, 2010).

Seiring meningkatnya kebutuhan dari berbagai sektor tersebut, permintaan global terhadap MPG juga terus mengalami pertumbuhan setiap tahunnya. Pasar global MPG diperkirakan tumbuh dengan laju sekitar 6,1% per tahun hingga tahun 2030. Di Indonesia sendiri, kebutuhan akan MPG masih sangat bergantung pada impor. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2023), impor produk kimia organik, termasuk MPG, terus meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini menunjukkan bahwa peluang untuk membangun industri MPG dalam negeri cukup besar, baik dari sisi pasar maupun dari upaya substitusi impor.

Salah satu metode produksi MPG yang cukup umum digunakan adalah melalui reaksi hidrasi propilen oksida dengan air. Terdapat dua jalur utama yang bisa digunakan, yaitu reaksi hidrasi langsung tanpa katalis dan reaksi hidrasi dengan bantuan katalis dalam pelarut. Dalam prarancangan ini, digunakan proses hidrasi katalitik dengan menggunakan metil format sebagai katalis dan pelarut. Penggunaan metil format terbukti dapat meningkatkan selektivitas reaksi terhadap pembentukan MPG, mengurangi pembentukan produk samping seperti dipropilen glikol, serta dapat didaur ulang dalam proses sehingga lebih efisien dan ramah lingkungan.

1.2 Kapasitas Rancangan

Pabrik monopropilen glikol yang dirancang akan mulai didirikan pada tahun 2025 dan direncanakan sudah beroperasi pada tahun 2030. Dalam menentukan kapasitas rancangan pabrik monopropilen glikol ini, ada tiga pertimbangan yaitu:

- a. Prediksi kebutuhan monopropilen glikol di Indonesia
- b. Ketersediaan bahan baku
- c. Proses yang digunakan

1.2.1 Kebutuhan Monopropilen Glikol di Indonesia

Kebutuhan monopropilen glikol di Indonesia menunjukkan peningkatan dari waktu ke waktu. Pada saat ini, pemenuhan kebutuhan monopropilen glikol dalam negeri masih dilakukan melalui impor dari beberapa negara seperti Kanada, Korea, Cina, India, Italia, Jepang, dan beberapa negara lainnya (Badan Pusat Statistik, 2024). Kondisi ini terjadi karena di Indonesia belum terdapat pabrik monopropilen glikol yang mampu memenuhi kebutuhan propilen glikol dalam negeri.

1.2.2 Aspek Bahan Baku

Propilen glikol diproduksi dari bahan baku utama berupa propilen oksida dan air. Namun, hingga kini Indonesia belum memiliki pabrik yang memproduksi propilen oksida, sehingga bahan baku tersebut harus diimpor. Tabel 1.1 berikut menyajikan daftar pabrik propilen oksida yang tersebar di berbagai negara.

Tabel 1.1. Daftar Pabrik Penghasil Propilen Oksida di Berbagai Negara (Setiawan, 2022).

Pabrik	Lokasi	Kapasitas
Dow chem	Thailand	390.000
Sumitomo	Jepang	380.000
BASF	Ludwigshafen, Germany	125.000
BASF/DOW	Antwerp, Belgium	300.000
Dow Chemical	Stade, Germany	590.000
Lyondell Bayer	Maasvlakte, the Netherlands	305.000
Lyondell Basell	Botlek, the Netherlands	250.000
Nizhnekamskneftekhim	Nizhnekamsk, Russia	50.000
PCC Rokita	Brzeg Dolny, Poland	25.000
Repsol YPF	Puertollano, Spain	70.000
SKC Chemicals	Ulsan, South Korea	170.000

1.2.3 Perkiraan Kebutuhan Monopropilen Glikol

Kebutuhan monopropilen glikol di Indonesia menunjukkan peningkatan dari waktu ke waktu. Pada saat ini, pemenuhan kebutuhan monopropilen glikol dalam negeri masih dilakukan melalui impor dari beberapa negara seperti Kanada, Korea, Cina, India, Italia, Jepang, dan beberapa negara lainnya (Badan Pusat Statistik, 2024). Kondisi ini terjadi karena di Indonesia

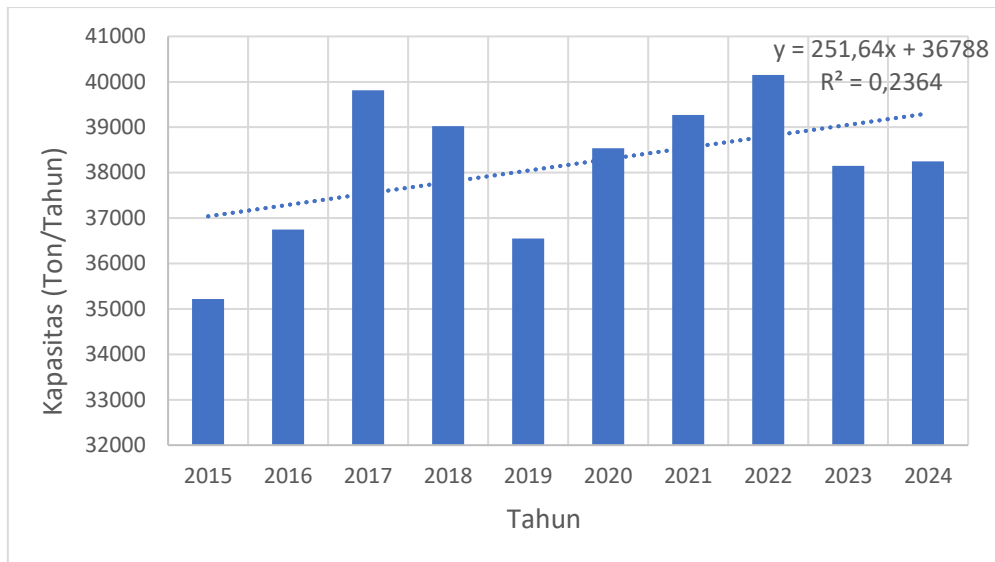
belum terdapat pabrik monopropilen glikol yang mampu memenuhi kebutuhan propilen glikol dalam negeri.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Indonesia, kebutuhan monopropilen glikol di Indonesia terus meningkat. Data impor dan ekspor monopropilen glikol di Indonesia dari tahun 2015 sampai 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.2

Tabel 1.2. Data Impor dan Ekspor Monopropilen Glikol di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2024)

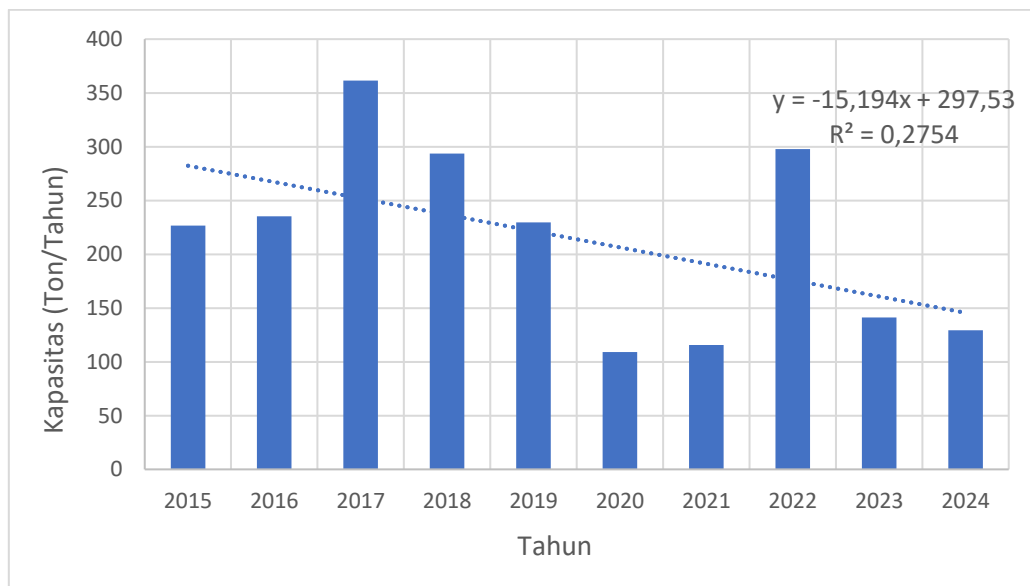
Tahun	Impor (Ton)	Ekspor (Ton)
2015	35.217,807	226,561
2016	36.748,374	235,191
2017	39.816,224	361,485
2018	39.023,767	293,743
2019	36.547,542	229,543
2020	38.536,024	109,187
2021	39.273,933	115,608
2022	40.151,939	297,915
2023	38.150,862	141,152
2024	38.249,46	129,209

Dari Tabel 1.2 tersebut, didapatkan grafik kebutuhan monopropilen glikol di Indonesia tiap tahunnya mengalami kenaikan dengan persamaan garis lurus $y = 251,64x + 36788$, dimana y merupakan kebutuhan monopropilen glikol pada tahun tertentu sedangkan x adalah tahun yang dihitung dari tahun 2015 sampai tahun 2024.



Gambar 1.1. Grafik Impor Monopropilen Glikol di Indonesia

Dapat dilihat dari Gambar 1.1 diatas, setiap tahunnya Indonesia melakukan impor dengan jumlah yang besar untuk memenuhi kebutuhan pasar. Kebutuhan impor di Indonesia terbilang besar dikarenakan belum adanya pabrik didalam negeri yang mampu memenuhi kebutuhan tersebut.



Gambar 1.2. Grafik Ekspor Monopropilen Glikol di Indonesia

Gambar 1.2 menunjukkan bahwa volume ekspor monopropilen glikol dari Indonesia relatif rendah. Kondisi ini disebabkan oleh belum adanya pabrik monopropilen glikol di dalam negeri, sehingga sebagian besar kebutuhan domestik harus dipenuhi melalui impor dari

negara lain. Berdasarkan analisis data, didapatkan nilai $y = -15,194x + 297,53$ dengan koefisien korelasi R sebesar 0,2754.

Tabel 1.3. Data Impor dan Ekspor Monopropilen Glikol

Tahun	Jumlah		% Prediksi	
	Impor	Ekspor	Impor	Ekspor
2015	35.217,807	226,561	-	-
2016	36.748,374	235,191	4,35%	3,81%
2017	39.816,224	361,485	8,35%	53,70%
2018	39.023,767	293,743	-1,99%	-18,74%
2019	36.547,542	229,543	-6,35%	-21,86%
2020	38.536,024	109,187	5,44%	-52,43%
2021	39.273,933	115,608	1,91%	5,88%
2022	40.151,939	297,915	2,24%	157,69%
2023	38.150,862	141,152	-4,98%	-52,62%
2024	38.249,46	129,209	0,26%	-8,46%
Total (%P)			9,22%	66,97%
i			1,02%	7,44%

Dilakukan perhitungan dengan metode *discounted* menggunakan data impor dan ekspor untuk mengetahui pertumbuhan rata-rata monopropilen glikol setiap tahunnya. Didapatkan total persen prediksi kebutuhan impor monopropilen glikol sebesar 9,22% dan total persen prediksi kebutuhan ekspor sebesar 66,97%. Pertumbuhan rata-rata impor pertahun sebesar 1,02% dengan pertumbuhan rata-rata ekspor 7,44%.

Dari Tabel 1.3 diatas, dapat dihitung perkiraan impor dan ekspor monopropilen glikol pada tahun 2030 adalah sebagai berikut:

$$M = P(1 + i)^n$$

Dimana:

M = Jumlah produk akhir tahun

P = Jumlah produk pada tahun 2024

i = Pertumbuhan rata-rata impor pertahun

n = Selisih tahun yang diperhitungkan (6 tahun)

Maka impor tahun 2030:

$$\begin{aligned} M5 &= 38.249,46(1 + 1,02)^6 \\ &= 35.956,70 \text{ Ton/tahun} \end{aligned}$$

Maka ekspor tahun 2030:

$$\begin{aligned} M4 &= 38.249,46(1 + 7,44)^6 \\ &= 81,24 \text{ Ton/tahun} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai M4 dan M5, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan kapasitas pabrik yang akan didirikan. Perhitungan kapasitas pabrik monopropilen glikol sebagai berikut:

$$M1 + M2 + M3 = M4 + M5$$

$$M3 = (M4 + M5) - (M1 + M2)$$

Dimana:

M1 = Impor

M2 = Kapasitas pabrik lama

M3 = Kapasitas pabrik baru

M4 = Ekspor

M5 = Konsumsi dalam negeri

Maka didapat nilai M3 pada tahun 2030:

$$\begin{aligned} M3 &= 81,24 + 35.956,70 \\ &= 36.037,04 \text{ Ton/tahun} \end{aligned}$$

Dikarenakan pabrik yang akan didirikan belum pernah ada didalam negeri, maka peluang kapasitas dikali 2%

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Produksi} &= 2 \times \text{Peluang Kapasitas} \\ &= 2 \times 36.037,04 \text{ Ton/tahun} \\ &= 72.075,90 \text{ Ton/tahun} \rightarrow 75.000 \text{ Ton/tahun} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, prediksi impor pada tahun 2030 sebesar 36.037,04 Ton/tahun,

prediksi ekspor sebesar 81,24 Ton/tahun dan kebutuhan monopropilen glikol di Indonesia pada tahun 2030 sebesar 75.000 Ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dengan kelebihan produksinya diperuntukan untuk ekspor. Proyeksi kebutuhan monopropilen glikol di Indonesia sebagai berikut:

Tabel 1.4. Proyeksi Kebutuhan Monopropilen Glikol di Indonesia

Tahun	Kebutuhan	Produksi (Ton/tahun)	Pemenuhan Kebutuhan (%)
2030	36.037,04	75.000	48%
2031	41.065,48	75.000	55%
2032	41.484,34	75.000	55%
2033	41.907,48	75.000	56%
2034	42.334,94	75.000	56%
2035	42.766,76	75.000	57%
2036	43.202,98	75.000	58%
2037	43.643,65	75.000	58%
2038	44.088,81	75.000	59%
2039	44.538,52	75.000	59%

Dari Tabel 1.4 terlihat bahwa pada tahun 2030 – 2039 kebutuhan monopropilen glikol di Indonesia terus meningkat. Maka diharapkan pada tahun 2030 pabrik monopropilen glikol sudah mulai beroperasi dengan kapasitas 75.000 ton/tahun

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

1.3.1 Faktor Penentuan Lokasi

Menurut (Wijana, 2018), pemilihan lokasi pabrik memiliki beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan. Faktor-faktor untuk penentuan lokasi pabrik dibagi menjadi dua yaitu faktor primer dan faktor sekunder. Faktor-faktor penentuan lokasi pabrik secara primer dan sekunder sebagai berikut:

a. Faktor Primer

- **Letak Pasar**

Penentuan lokasi pabrik dapat dipengaruhi oleh kedekatannya dengan pasar atau konsumen akhir. Karena monopropilen glikol merupakan zat cair yang mudah terbakar, maka proses distribusinya memerlukan biaya tambahan

untuk memastikan mutu produk tetap terjaga selama pengiriman.

- **Bahan Baku**

Penentuan lokasi sumber bahan baku juga menjadi faktor penting dalam penentuan lokasi pabrik, apakah berada dekat atau jauh dari fasilitas produksi. Mengingat propilen oksida adalah senyawa yang sangat reaktif dan mudah menguap, maka pembangunan pabrik monopropilen glikol sebaiknya dilakukan di dekat area konsumen guna meminimalkan risiko kerusakan produk selama distribusi.

- **Sarana Transportasi**

Ketersediaan dan efisiensi sarana transportasi merupakan aspek krusial dalam menentukan lokasi pabrik. Jika lokasi pabrik jauh dari sumber bahan baku, maka harus diperhitungkan biaya transportasi, ketersediaan bahan baku, serta jarak tempuh ke pasar konsumen.

b. **Faktor Sekunder**

- **Utilitas**

Fasilitas pendukung seperti listrik, air, dan jaringan telekomunikasi merupakan aspek penting yang harus dipenuhi agar proses produksi dapat berjalan secara optimal. Mengingat pabrik membutuhkan pasokan air dalam jumlah besar, lokasi idealnya berada di dekat sumber air seperti laut, sungai, atau waduk. Kedekatan dengan sumber air juga dapat dimanfaatkan untuk menunjang kebutuhan listrik melalui penggunaan generator.

- **Tenaga Kerja**

Pabrik akan membutuhkan tenaga kerja yang terampil dan memiliki keahlian sesuai bidangnya. Sumber daya manusia ini dapat direkrut dari masyarakat sekitar maupun dari wilayah lain, tergantung pada kebutuhan operasional. Selain mendukung kelangsungan produksi, pembangunan pabrik ini diharapkan mampu berkontribusi dalam menurunkan tingkat pengangguran di Indonesia.

- **Kebijakan Pemerintah**

Pemerintah menetapkan regulasi terkait pengembangan industri, termasuk penentuan kawasan industri sebagai lokasi pembangunan pabrik. Dalam hal ini, pemerintah menyediakan kemudahan seperti perizinan dan insentif pajak, yang dapat menjadi faktor penarik bagi investor, termasuk investor asing.

- **Sarana Prasarana Pendukung**

Ketersediaan lahan yang memadai, sistem pengelolaan limbah yang baik, serta fasilitas keselamatan dan kesehatan kerja merupakan elemen penting yang harus dipertimbangkan guna mendukung keberlangsungan operasional pabrik.

1.3.2 Metode Pemilihan Pabrik

a. Metode *Factor Rating*

- Mengidentifikasi dan mengurutkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penentuan lokasi pabrik.
- Setiap faktor diberikan bobot berdasarkan tingkat kepentingannya terhadap kebutuhan operasional pabrik, dengan total bobot keseluruhan sebesar 100%.
- Lokasi alternatif untuk pendirian pabrik kemudian dibandingkan dengan lokasi utama berdasarkan bobot nilai masing-masing faktor.
- Lokasi dengan bobot total tertinggi dianggap sebagai pilihan terbaik untuk pendirian pabrik.

b. Metode Analisis Ekonomi

Dalam menentukan lokasi, Metode ini digunakan untuk mengevaluasi lokasi pabrik berdasarkan perbandingan berbagai komponen biaya. Penilaian dilakukan dengan mempertimbangkan biaya tenaga kerja, biaya lahan, dan biaya transportasi. Tujuan dari metode ini adalah memilih lokasi yang paling efisien secara ekonomi untuk mendirikan pabrik.

c. Metode Pusat Grafiti

Metode ini menggunakan pendekatan geografis dalam menentukan lokasi pabrik. Berikut langkah-langkah pada metode pusat grafiti:

- Menentukan target pasar yang akan dituju dan tentukan nilai kebutuhan pasar yang akan dituju
- Menentukan koordinat lokasi pasar berdasarkan peta geografis
- Masukkan kebutuhan dan koordinat pasar yang dituju dengan rumus sebagai berikut:

$$X = \sum \frac{X_i \cdot V_i}{V_i}$$

$$Y = \sum \frac{Y_i \cdot V_i}{V_i}$$

Dimana:

- Vi : Kebutuhan Produk disuatu Lokasi
- Xi : Koordinat Suatu Tempat pada Sumbu X
- Yi : Koordinat Suatu Tempat pada Sumbu Y

d. Metode Analisa Transportasi

Metode analisis transportasi digunakan untuk merancang pola distribusi yang optimal dari lokasi pabrik ke pasar sasaran. Metode ini mempertimbangkan struktur biaya transportasi yang terkait dengan lokasi pasar. Meskipun metode ini tergolong sederhana dan mudah diterapkan, tingkat akurasi masih terbatas karena tidak dapat menjamin hasil yang sepenuhnya mencerminkan kondisi nyata.

1.3.3 Penentuan Lokasi Pendirian Pabrik Monopropilen Glikol

Pada penentuan lokasi pabrik monopropilen glikol, digunakan metode factor rating untuk menentukan lokasi pabrik yang sesuai dengan kebutuhan pabrik saat mulai beroperasi. Berikut tabel parameter penentuan lokasi pendirian pabrik monopropilen glikol:

Tabel 1.5. Parameter Penentuan Lokasi Pendirian Pabrik

Faktor	Bobot	Lokasi MIE (Gresik)		Lokasi KIEC (Cilegon)		Lokasi JIPE (gresik)	
		Nilai	B x N	Nilai	B x N	Nilai	B x N
Pasar	25	5	125	3	75	4	100
Bahan Baku	25	4	100	5	125	4	100
Tenaga Kerja	20	5	100	4	80	5	100
Transportasi	20	4	80	4	80	4	80
Perluasan	10	4	40	4	40	5	50
Jumlah	100		445		400		430

Berdasarkan Tabel 1.5 diatas, lokasi utama pabrik akan didirikan di Maspion Industrial Estate (MIE). Pendirian lokasi pabrik memiliki alternatif pertama akan didirikan di Java Integrated Industrial and Port Estate (JIPE) dan alternatif kedua di Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC).

1.4 Tinjauan Proses

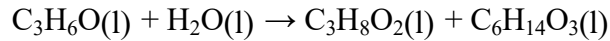
1.4.1 Macam-Macam Proses

Proses pembuatan monopropilen glikol menurut Setyani (2010), dapat dilakukan menggunakan lima proses, yaitu:

a. Hidrasi Propilen Oksida tanpa katalis

Proses ini dilakukan dengan cara mencampurkan monopropilen oksida dengan air, kemudian disimpan dalam *feed tank* dan dipompa ke reaktor.

Reaksi:

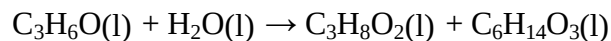


Pada reaktor berlangsung dalam fase cair pada suhu antara 120 hingga 190°C dengan tekanan sebesar 2170 kPa, dan menggunakan etanol sebagai pelarut. Produk utama dari reaksi ini adalah monopropilen glikol, dengan sedikit terbentuk dipropilen glikol serta sisa air dari reaksi. Pada prosesnya, pemisahan awal dilakukan menggunakan separator untuk memisahkan air sisa reaksi. Selanjutnya, campuran yang mengandung monopropilen glikol dimurnikan melalui proses distilasi.

b. Hidrasi Propilen Oksida dengan Katalis Asam

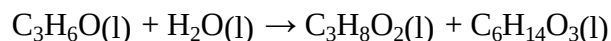
Proses ini melibatkan pencampuran propilen oksida dan air, dengan penambahan katalis asam seperti H_2SO_4 atau $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_2$ yang dicampur H_2O . Campuran ini disimpan dalam tangki umpan (*feed tank*) dan kemudian dipompa ke dalam reaktor.

Reaksi:



Reaksi berlangsung dengan rasio mol $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}:\text{H}_2\text{O}$ adalah 1:20 menggunakan katalisator H_2SO_4 atau $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_2$. Reaksi terjadi dalam fasa cair dengan suhu operasi tidak boleh melebihi 52°C karena titik didih propilen oksida sebesar 34,23°C. Tekanan yang digunakan 1 atm untuk mempertahankan propilen oksida dalam fase cair. Peningkatan kecepatan reaksi berbanding lurus dengan nilai pH. Nilai pH yang rendah rapat mempecepat reaksi (asam).

Reaksi:

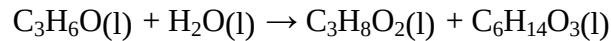


Hasil reaksi berupa propilen glikol, sedikit dipropilen glikol dan air sisa reaksi di reaktor. Pada prosesnya, dilakukan pemisahan awal menggunakan separator untuk memisahkan air sisa reaksi, kemudian campuran propilen glikol dan air di destilasi untuk pemurnian. Pada hasil reaksi, katalis asam perlu dihilangkan sebelum di destilasi untuk mencegah korosi pada dinding menara destilasi.

c. Hidrasi Propilen Oksida dengan Katalis Basa

Proses ini dilakukan dengan cara mencampurkan propilen oksida dan air, dengan menambahkan katalis basa yang dicampur H₂O. Lalu disimpan dalam tangki umpan (feed tank) dan dipompa ke dalam reaktor.

Reaksi:



Reaksi ini terjadi dengan ratio mol C₃H₆O:H₂O adalah 20:1 menggunakan katalisator basa. Reaksi terjadi dalam fasa cair dengan suhu operasi 70°C dan tekanan yang digunakan 1 atm guna mempertahankan propilen oksida dalam fase cair. Proses ini menggunakan pH diatas 12 dengan hasil konversi 70%.

Hasil reaksi berupa propilen glikol, sedikit dipropilen glikol dan air sisa reaksi di reaktor. Pada prosesnya, dilakukan pemisahan awal menggunakan separator untuk memisahkan air sisa reaksi, kemudian campuran propilen glikol dan air di destilasi. Pada hasil reaksi, katalis basa perlu dihilangkan sebelum di destilasi. Namun, metode ini umumnya tidak digunakan dalam industri karena beberapa kendala, antara lain:

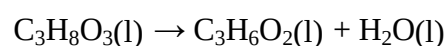
- Penggunaan basa kuat membutuhkan pengolahan yang signifikan
- Katalis basa harus dihilangkan sebelum distilasi
- Akan menghasilkan glikol tingkat tinggi
- Membentuk isomer diglikol yang tidak diinginkan

Secara keseluruhan, baik penggunaan katalis asam maupun basa dapat meningkatkan laju reaksi serta selektivitas produk, serta mengurangi kebutuhan air berlebih. Maka proses yang paling efektif adalah proses hidrasi Propilen Oksida dengan katalis asam.

d. Hidrogenolisis Gliserol

Pada proses hidrogenolisis gliserol, propilen glikol dihasilkan melalui reaksi antara gliserol dan hidrogen dengan bantuan katalis heterogen. Katalis yang digunakan merupakan campuran dari Cu, Cr, Zn dan Zr dengan rasio 3:2:1:x, dimana x = 1 – 4. Produk yang terbentuk memiliki selektivitas 90% dan kemurnian 93%.

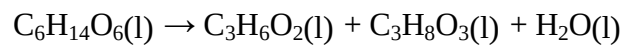
Reaksi:



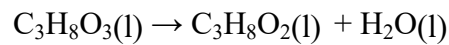
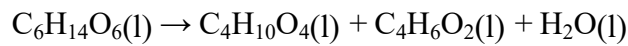
e. *Hydrocracking* Sorbitol

Proses *hydrocracking* Sorbitol dapat dilakukan dengan suhu 150 – 250°C dan tekanan 500 – 5000 psi menggunakan hidrogen dan katalis. Katalis yang digunakan merupakan kombinasi logam mulia dari golongan VIII, oksida logam, serta logam alkali tanah. Proses ini dapat dijalankan dalam sistem batch maupun kontinu, dengan waktu reaksi berkisar antara 0,5 hingga 10 jam.

Reaksi utama:



Reaksi samping:



Dari penjelasan proses di atas, didapatkan perbandingan antara proses satu dengan pada tabel dibawah ini:

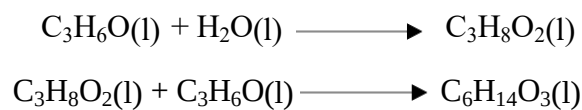
Tabel 1.6. Perbandingan Proses Pembentukan Monopropilen Glikol

Kriteria	Hidrasi Propilen Oksida Non Katalis	Hidrasi Propilen Oksida Katalis Asam	Hidrasi Propilen Oksida Katalis Basa	Hidrogenolisis Gliserol	Hydrocracking Sorbitol
P (atm)	21,42	1 – 13,61	1	54,44	217,75
Suhu (°C)	120 – 190	50 – 150	70	>90	57,6
Katalis	Tanpa Katalis	Asam (H ₂ SO ₄ , C ₂ H ₄ O ₂)	Basa (NaHCO ₃ , Mo)	Campuran Cu, Cr, Zn dan Zr	Logam mulia VIII dan oksida logam alkali
Fase reaksi	Cair-cair	Cair-cair	Cair-cair	Cair-cair	Cair-cair
Reaktor	Agitated	CSTR	CSTR	Fixed bed	Fixed bed
Konversi (%)	90	92	70	> 90	57,6
reaksi (jam)	> 2	0,5	1 – 2	0,75 – 1,5	> 2
Kekurangan	- Butuh banyak air - T dan P tinggi - Reaksi lambat	- Katalis asam perlu dihilangkan - Suhu harus dijaga	- Katalis basa perlu dihilangkan - Konversi produk rendah.	- Katalis yang digunakan mahal. - T dan P tinggi - Biaya produksi mahal.	- Katalis yang digunakan mahal. - T dan P tinggi - Biaya produksi mahal. - Konversi rendah. - Waktu reaksi lama.
Kelebihan	- Limbah yang dihasilkan sedikit. - Biaya produksi rendah.	- Reaksi berlangsung cepat. - T dan P rendah. - Konversi tinggi.	- Reaksi berlangsung cepat. - T dan P rendah.	- Bahan baku (gliserol) mudah diperoleh. - Waktu reaksi berjalan cepat.	- Bahan baku (sorbitol) murah.

Berdasarkan Tabel 1.6 diatas, didapatkan perbandingan masing-masing metode produksi propilen glikol memiliki kelebihan dan kekurangannya. Dari berbagai alternatif, proses hidrasi propilen oksida dengan katalis asam dianggap paling efisien. Hal ini disebabkan oleh kondisi operasi yang relatif ringan, yakni pada suhu 50–150°C dan tekanan 1–13,61 atm, serta menghasilkan konversi tinggi hingga mencapai 92%.

1.4.2 Tinjauan Proses Monopropilen Glikol

Pada proses pembuatan propilen glikol dari propilen oksida, reaksi hidrasi berlangsung pada fase cair dengan reaksi:



Reaksi yang terjadi pada propilen oksida dengan air, menghasilkan reaksi samping berupa satu mol propilen oksida dengan satu mol propilen glikol membentuk satu mol dipropilen glikol. Reaksi samping dapat dikendalikan dengan banyaknya berbandingan propilen oksida dengan air sebanyak 1:20. Konversi pada reaksi ini adalah 92% dengan konsentrasi propilen glikol 90% dan dipropilen glikol 10% (Kirk & Othmer, 1993).

Reaksi berlangsung pada suhu 52°C dan tekanan 3 atm, yang dipilih guna mengoptimalkan pembentukan monopropilen glikol sambil mempertahankan propilen oksida dalam fase cair (Setyani, 2010).

1.4.3 Kegunaan Produk

Monopropilen glikol memiliki berbagai aplikasi dalam industri kimia, di antaranya sebagai bahan pelunak (softening agent), pelumas, serta pelarut untuk zat pewarna makanan dan bahan pengharum. Selain itu, senyawa ini digunakan sebagai humektan dalam industri tembakau, inhibitor dalam proses fermentasi pangan, pelembap dalam sektor farmasi, serta pelarut dalam industri cat (Kirk & Othmer, 1993).

1.4.4 Sifat Fisika dan Kimia

1.4.4.1 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku

a. Propilen Oksida

- Sifat Fisika

Menurut Chemwhat (2023), sifat fisika propilen oksida sebagai berikut:

- Berat Molekul = 58.08

- Titik Leleh (1 atm) = -111,78°C
- Titik didih (1 atm) = 34,05°C
- Densitas (25°C) = 0,823 g/mL
- Viskositas (25°C) = 0,302 cP
- Vapor pressure (34,5°C) = 760 mmHg
- Sifat Kimia

Menurut Kirk & Othmer (1993), sifat kimia propilen oksida sebagai berikut:

 - Propilen oksida bereaksi dengan air menghasilkan propilen glikol

$$\text{C}_3\text{H}_6\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$$
 - Propilen oksida bereaksi dengan propilen glikol menghasilkan dipropilen glikol

$$\text{C}_3\text{H}_6\text{O} + \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_3$$

b. Air

- Sifat Fisika

Menurut Jaka (2015), sifat fisika air sebagai berikut:

 - Berat molekul = 18,015
 - Titik Leleh (1 atm) = 0°C
 - Titik didih (1 atm) = 100°C
 - Densitas (25°C) = 1,027 g/mL
 - Viskositas (25°C) = 0,302 cP
 - Vapor pressure (34,5°C) = 760 mmHg
- Sifat Kimia

Menurut Jaka (2015), sifat kimia air sebagai berikut:

 - Rumus molekul air adalah H_2O
 - Air bereaksi dengan karbon menghasilkan karbon monoksida dan hidrogen

$$\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$$
 - Air bereaksi dengan natrium menghasilkan natrium hidroksida dan hidrogen

$$\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2$$
 - Air bereaksi dengan asam klorida menghasilkan hydronium dan klorin

$$\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$$

1.4.4.2 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Pendukung

a. Metil Format

- Sifat Fisika

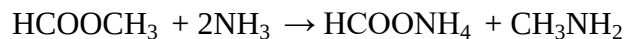
Menurut Yaws (1999), sifat fisika metil format sebagai berikut:

- Berat Molekul = 60,053
- Titik Leleh (1 atm) = -98,85°C
- Titik didih (1 atm) = 31,9°C
- Densitas (25°C) = 0,967 g/mL
- Viskositas (25°C) = 0,33 cP
- Vapor pressure (34,5°C) = 760 mmHg

- Sifat Kimia

Menurut Yaws (1999), sifat kimia metil format sebagai berikut:

- Larut dalam air, aseton, dan ester
- Termasuk asam lemah
- Metil format bereaksi dengan ammonia menghasilkan ammonium format



b. Metanol

- Sifat Fisika

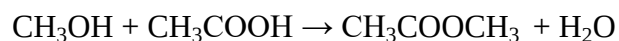
Menurut Yaws (1999), sifat fisika metanol sebagai berikut:

- Berat Molekul = 32,042
- Titik Leleh (1 atm) = -97,53°C
- Titik didih (1 atm) = 64,85°C
- Densitas (25°C) = 0,787 g/mL
- Viskositas (25°C) = 0,539 cP
- Vapor pressure (34,5°C) = 760 mmHg

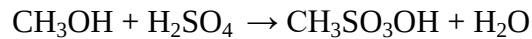
- Sifat Kimia

Menurut Yaws (1999), sifat kimia metanol sebagai berikut:

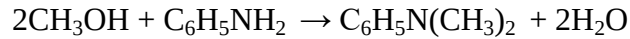
- Metanol bereaksi dengan asam asetat menghasilkan metil asetat dan air



- Metanol bereaksi dengan asam sulfat menghasilkan metil sulfat dan air



- Metanol bereaksi dengan anilin menghasilkan dimetil anilin dan air



1.4.4.3 Sifat Fisika dan Kimia Produk

a. Monopropilen Glikol

- Sifat Fisika

Menurut Kirk & Othmer (1993), sifat fisika monopropilen glikol sebagai berikut:

- Berat molekul = 76,095 kg/kmol
- Titik Leleh (1 atm) = -59,85°C
- Titik didih (1 atm) = 187,75°C
- Densitas (25°C) = 1,033 g/mL
- Viskositas (25°C) = 47,962 cP
- Vapor pressure (34,5°C) = 760 mmHg

- Sifat Kimia

Menurut Kirk & Othmer (1993), sifat kimia monopropilen glikol sebagai berikut:

- Monopropilen glikol bereaksi dengan propilen oksida menghasilkan dipropilen glikol

$$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2 + \text{C}_3\text{H}_6\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_3$$
- Monopropilen glikol digunakan sebagai inisiator dalam katalis basa untuk menghasilkan mono (primer dan sekunder) dan dieter (polieter polioliol)
- Kondensasi monopropilen glikol dengan aldehid menghasilkan siklik asetonol atau 4 metil 1,3 dioksolan.

b. Dipropilen Glikol

- Sifat Fisika

Menurut Kirk & Othmer (1993), sifat fisika dipropilen glikol sebagai berikut:

- Berat molekul = 134,175 kg/kmol

- Titik Leleh (1 atm) = -40°C
- Titik didih (1 atm) = $231,95^{\circ}\text{C}$
- Densitas (25°C) = $1,018 \text{ g/mL}$
- Viskositas (25°C) = $65,896 \text{ cP}$
- Vapor pressure ($34,5^{\circ}\text{C}$) = 760 mmHg

- Sifat Kimia

Menurut Kirk & Othmer (1993), sifat kimia dipropilen glikol sebagai berikut:

- Monopropilen
- Dipropilen glikol bereaksi kuat dengan asam dan bahan pengoksidasi, namun tidak bereaksi dengan basa.