

LAPORAN SKRIPSI

**PRARANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL DARI PROPILEN
OKSIDA DAN AIR KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**



**Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Setia Budi Surakarta**

Oleh :

TAMARISKA ALUN AMANDA

22160290D

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SETIA BUDI

SURAKARTA

2022

LEMBAR PERSETUJUAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL DARI PROPILEN
OKSIDA DAN AIR KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Oleh :

TAMARISKA ALUN AMANDA

22160290D

Telah disetujui oleh Pembimbing

Pada tanggal

Pembimbing I



Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng.

NIS. 01199601032053

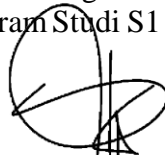
Pembimbing II



Petrus Darmawan, S.T., M.T.

NIS. 01199905141068

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1 Teknik Kimia



Gregorius Prima Indra B, S.T., M.Eng.

NIS. 0120140726118

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL DARI PROPILEN
OKSIDA DAN AIR KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

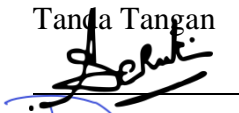



Oleh :

TAMARISKA ALUN AMANDA

22160290D

Telah Dipertahankan Oleh Tim Penguji

Pada tanggal 31 Januari 2022

	Nama	Tanda Tangan
Penguji I	: Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng.	
Penguji II	: Petrus Darmawan, S.T., M.T.	
Penguji III	: Gregorius Prima Indra B, S.T., M.Eng.	
Penguji IV	: Dr.Narimo, S.T., M.M.	

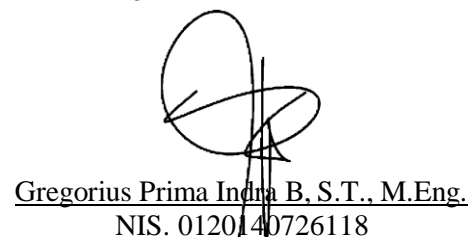
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Suseno, M.Si
NIS. 01199408011044

Ketua Program Studi S1 Teknik Kimia



Gregorius Prima Indra B, S.T., M.Eng.
NIS. 0120140726118

Tamariska Alun Amanda
22160290D

MOTTO

“ Clear Your Desk, Clear Your Mind “

“ Barangsiapa setia dalam perkara kecil, maka ia setia juga dalam perkara besar”

PERSEMBAHAN

- ✚ Tiada hentinya saya mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa. Karena atas pertolongan dan kasih sayang-Nya saya bisa sampai di titik ini untuk menyelesaikan tugas akhir.
- ✚ Terima kasih kepada Bapak dan Ibu yang tidak pernah lelah membesarkan dan menyayangi, serta tidak pernah lelah memberikan semangat dan motivasi kepadaku.
- ✚ Kakakku tercinta yang selalu memberikan dukungan, semangat dan selalu mengisi hari-hariku dengan canda tawa dan kasih sayangnya.
- ✚ Dosen-dosen Fakultas Teknik yang telah memberikan banyak pelajaran, ilmu, pengalaman, dan kesediaan waktu untuk membimbing saya hingga lulus.
- ✚ Teman – teman seperjuangan Teknik Kimia 2016. Kalian luar biasa selalu memberi semangat dan motivasi satu sama lain sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
- ✚ Almamaterku Universitas Setia Budi Surakarta.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala rahmat hidayah dan petunjuknya-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik kimia ini dengan baik. Judul Tugas Akhir ini adalah Prarancangan Pabrik Propilen Glikol dari Propilen Oksida dan Air kapasitas 30.000 Ton/Tahun. Tugas Prarancangan Pabrik Kimia merupakan tugas akhir yang harus diselesaikan oleh setiap mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta sebagai prasyarat untuk menyelesaikan jenjang studi strata satu. Dengan tugas ini diharapkan kemampuan penalaran dan penerapan teori-teori yang telah diperoleh selama kuliah dapat berkembang dan dapat dipahami dengan baik. Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Melalui laporan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Djoni Tarigan, MBA., selaku Rektor Universitas Setia Budi Surakarta.
2. Drs. Suseno, M.Si, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta
3. Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta.
4. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng. selaku pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan dan nasehat hingga selesainya tugas akhir ini.
5. Petrus Darmawan, S.T., M.T. selaku pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan nasehat hingga selesainya tugas akhir ini.

Tamariska Alun Amanda
22160290D


6. Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng., dan Dr.Narimo, S.T., M.M.
selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk menguji hasil
laporan tugas akhir ini.
7. Bapak dan Ibu dosen jurusan teknik kimia atas ilmu dan bimbingannya selama
kuliah.
8. Serta semua yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini
yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, untuk itu
saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan. Dan
semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surakarta, 23 Januari 2022

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
MOTTO.....	iv
PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	2
1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik.....	2
1.2. Kapasitas Rancangan Pabrik.....	3
1.2.1. Proyeksi Propilen Glikol di Indonesia.....	4
1.2.2. Ketersediaan Bahan Baku.....	4
1.2.3. Kapasitas Pabrik Propilen Glikol yang Sudah Berdiri.....	6
1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik.....	5
1.4. Macam-macam proses.....	9
1.5. Kegunaan Produk.....	12
1.6. Tinjauan Pustaka.....	13
1.6.1. Bahan Baku Propilen Oksida.....	13
1.6.2. Produk Propilen Glikol.....	13
1.7. Konsep Proses.....	15
1.7.1. Dasar Reaksi.....	15
1.7.2. Kondisi Operasi.....	15
1.7.3. Mekanisme Reaksi.....	16
1.7.4. Tinjauan Termodinamika.....	16
1.7.5. Tinjauan Kinetika.....	18

BAB II SPESIFIKASI BAHAN	20
2.1. Spesifikasi Bahan Baku.....	20
2.2. Spesifikasi Bahan Pembantu	21
2.3. Spesifikasi Produk	22
BAB III DESKRIPSI PROSES	23
3.1. Keterangan Proses	23
3.1.1. Langkah Persipan Bahan Baku.....	23
3.1.2. Langkah Pembentukan Produk.....	23
3.1.3. Langkah Pemurnian Produk	24
3.1.4. Langkah Penyimpanan Produk.....	Error! Bookmark not defined.
3.2. Diagram Alir Kualitatif	26
3.3. Diagram Alir Kuantitatif	27
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	28
4.1. Neraca Massa	28
4.2. Neraca Panas	33
BAB V SPESIFIKASI ALAT	35
5.1. Mixer.....	35
5.2. Reaktor.....	35
5.3. Netralizer.....	37
5.4. Flash Drum.....	38
5.5. Menara Desilasi I.....	39
5.6. Tangki Penyimpanan 1.....	40
5.7. Tangki Penyimpanan 2.....	40
5.8. Tangki Penyimpanan 3.....	41
5.9. Tangki Penyimpanan 4.....	41
5.10. Tangki Penampung 1	42
5.11. Tangki Penampung 2	42
5.12. Pompa 1	43
5.13. Pompa 2	43
<u>5.14. Pompa 3</u>	<u>44</u>
 Prarancangan Pabrik Propilen Glikol dari Propilen Oksida dan Air Kapasitas 30.000/Tahun	
<hr/>	
— 5.15. Pompa 4	44
Tamariska Alun Amanda	
221602900	
5.16. Pompa 5	45

5.17. Pompa 6	45
5.18. Pompa 7	46
5.19. Pompa 8	46
5.20. Pompa 9	47
5.21. Pompa 10.....	47
5.22. Pompa 11.....	48
5.23. Pompa 12.....	48
5.23. Pompa 13.....	48
5.23. Pompa 14.....	48
5.24. Condensor 1	50
5.25. Condensor 2	50
5.26. Heater 1	51
5.27. Heater 2.....	51
5.28. Heater 3.....	51
5.29. Accumulator 1	52
5.30. Accumulator 2.....	53
5.31. Cooler 1.....	53
5.32. Cooler 2.....	54
5.33. Cooler 3.....	55
5.34. Reboiler.....	55
BAB VI UNIT PENDUKUNG PROSES (UTILITAS)	57
6.1 Unit Pendukung Proses.....	57
6.2.1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air	58
6.2.2. Unit Pengadaan Steam dan Bahan Bakar	62
6.2.3. Unit Pengadaan Udara Tekan.....	64
6.2.4. Unit Pengadaan Listrik	64
6.2. Laboratorium	66
6.2.1. Laboratorium Fisik.....	68
<u>6.2.2. Laboratorium Analitik.....</u>	<u>68</u>
<hr/> <hr/>	
6.2.3. Laboratorium Penelitian dan Pengembangan.....	68
6.3 Alat Alat Utilitas.....	68
6.3.2 Kation Exchanger.....	69



6.3.3	Anion Exchanger.....	69
6.3.4	Tangki Air Umpan Boiler.....	69
6.3.5	Deaerator	70
6.3.6	Boiler.....	70
6.3.7	Tangki N ₂ H ₄	70
6.3.8	Tangki karbon aktif	70
6.3.9	Tangki kaporit.....	70
6.3.10	Tangki air sanitasi.....	71
6.3.11	Tangki larutan HCl.....	71
6.3.12	Tangki larutan NaOH	71
6.3.13	Tangki air pendingin	71
6.3.14	Tangki air pendingin	72
6.3.15	Tangki Demineralizer.....	72
6.3.16	Cooling Tower	72
6.3.17	Pompa Utilitas 1	72
6.3.18	Pompa Utilitas 2	72
6.3.19	Pompa Utilitas 3	73
6.3.20	Pompa Utilitas 4	73
6.3.21	Pompa Utilitas 5	73
6.3.22	Pompa Utilitas 6	73
6.3.23	Pompa Utilitas 7	73
6.3.24	Pompa Utilitas 8	73
6.3.25	Pompa Utilitas 9	73
6.3.26	Pompa Utilitas 10	74
6.3.27	Pompa Utilitas 11	74
6.3.28	Pompa Utilitas 12	<u>74</u>



Prarancangan Pabrik Propilen Glikol dari Propilen
Oksida dan Air Kapasitas 30.000/Tahun

6.3.29	Pompa Utilitas 13	74
6.3.30	Pompa Utilitas 14	74

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Perusahaan di Indonesia yang mengimpor propilen glikol.....	3
Tabel 1.2. Perkembangan impor propilen glikol di Indonesia.....	4
Tabel 1.3. Daftar pabrik yang memproduksi propilen glikol di dunia.....	6
Tabel 1.4. Tinjauan proses pembuatan propilen glikol.....	11
Tabel 1.5. Harga $\Delta H^{\circ}G$ masing-masing komponen	17
Tabel 1.6. Harga $\Delta H^{\circ}f$ masing-masing komponen.....	18
Tabel 4.1. Neraca Massa Mixer (M-110)	29
Tabel 4.2. Neraca Massa Reaktor (R-210)	29
Tabel 4.3. Neraca Massa Netralizer (N-310)	30
Tabel 4.4. Neraca Massa Flash Drum (H-320)	30
Tabel 4.5. Neraca Massa Menara Distilasi (H-330)	31
Tabel 4.6. Neraca Massa Overall	27
Tabel 4.7. Neraca Panas Mixer	33
Tabel 4.8. Neraca Panas Flash Drum.....	33
Tabel 4.9. Neraca Panas Menara Distilasi	34
Tabel 4.10. Neraca Panas Netralizer.....	34
Tabel 6.1. Kebutuhan Air.....	62

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Grafik perkembangan impor propilen glikol di Indonesia	5
Gambar 1.2. Peta lokasi.....	5
Gambar 3.1. Diagram Alir Kualitatif	26
Gambar 3.2. Diagram Alir Kuantitatif.....	27

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Propilen Glikol merupakan senyawa yang dengan rumus kimia $C_3H_8O_2$, senyawa ini mempunyai nama komersial Propilen Glikol Industrial (PGI), sedangkan nama IUPAC dari senyawa ini adalah *1,2-propanediol*. Senyawa ini bersifat : tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan larut sempurna dalam air. Propilen glikol memiliki banyak fungsi yang dapat diaplikasikan di berbagai industri kimia, antara lain :

- a. Dalam industri makanan digunakan sebagai pengawet makanan.
- b. Dalam industri kosmetik berfungsi sebagai pelembut dan pelembab
- c. Sebagai salah satu formula dalam industri farmasi
- d. Sebagai *addictive* dalam industri produksi cat, yang berfungsi sebagai pengatur atau penstabil viskositas dan warna.

(Kirk dan Othmer, 1992)

Dari data terakhir Badan Pusat Statistik pada tahun 2019 kebutuhan propilen glikol di Indonesia sebanyak 36.547,542 ton/tahun. Berdasarkan aplikasinya propilen glikol memiliki peranan yang cukup penting dalam menunjang kehidupan sehari-hari. Sampai saat ini, untuk memenuhi kebutuhan tersebut Indonesia harus mengimpor dari luar negeri.

Di Indonesia sendiri belum ada pabrik yang memproduksi propilen glikol, sehingga pendirian pabrik propilen glikol memiliki peluang yang

besar. Mendirikan pabrik propilen glikol berarti menciptakan lapangan kerja baru dan mengurangi impor. Selain itu, devisa negara diharapkan meningkat untuk mengakomodir pasar luar negeri.

Tabel 1.1. Perusahaan-perusahaan di Indonesia yang mengimpor propilen glikol

Nama Importir	Volume (%)	Ton/Tahun
CV Mega Global Eltexindo	29,6	5.936,0177
PT Eternal Panelindo Persada	15,6	3.128,4418
PT Justus Sakti Raya Corp	8,6	1.724,6538
PT Niagatama	6,8	1.363,6798
PT Radiance	5,5	1.102,9763
PT Jaya Abadi Mulia Kimia	3,9	782,11045
PT Padi Hijau Buana	3,0	601,62342
PT Pardic Jaya Chemicals	2,5	501,35285
dan lain-lain	24,5	4.913,2579
TOTAL	100	20.054,114

(Sumber : CIC, Industri Kimia Terpilih, November 2007)

1.2. Kapasitas Rancangan Pabrik

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang penting dalam pendirian pabrik karena mempengaruhi perhitungan teknis dan ekonomis . Menurut Badan Pusat Statistik, permintaan propilen glikol telah meningkat selama satu dekade terakhir. Penetapan kapasitas ini dapat dilihat dari beberapa pertimbangan, antara lain:

a. Proyeksi propilen glikol di Indonesia

- b. Ketersediaan bahan baku yang rendah
- c. Kapasitas pabrik propilen glikol yang sudah berdiri

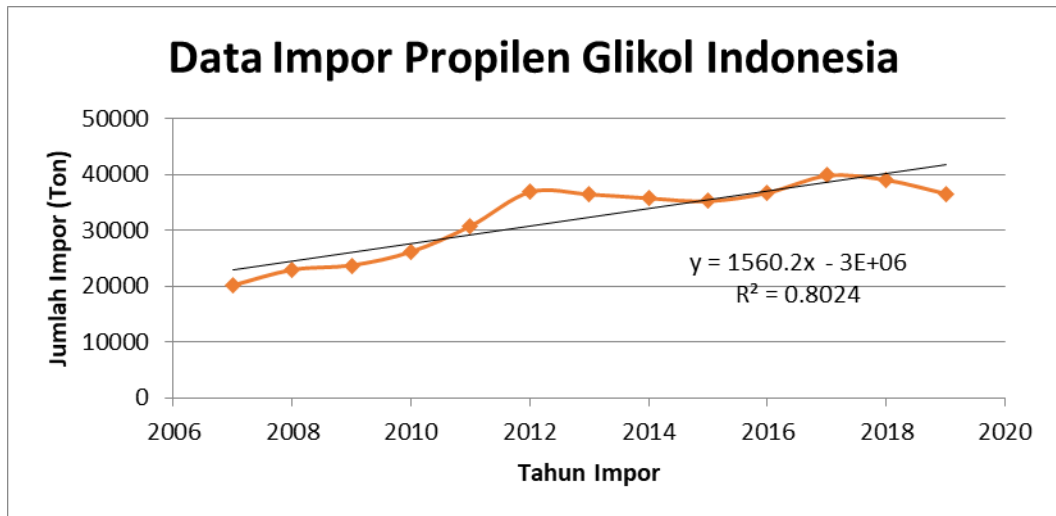
1.2.1. Proyeksi Propilen Glikol di Indonesia

Permintaan propilen glikol di Indonesia masih didatangkan dari luar negeri. Berdasarkan data permintaan Badan Pusat Statistik (BPS) dari tahun 2007 hingga 2019, kebutuhan propilen glikol Indonesia adalah:

Tabel 1.2. Perkembangan impor propilen glikol di Indonesia

No	Tahun	Jumlah (ton/tahun)
1.	2007	20.054,114
2.	2008	22.873,143
3.	2009	23.667,078
4.	2010	26.119,673
5.	2011	30.770,939
6.	2012	36.883,281
7.	2013	36.456,668
8.	2014	35.743,138
9.	2015	35.217,807
10.	2016	36.748,374
11.	2017	39.816,224
12.	2018	39.023,767
13.	2019	36.547,542

Sumber : www.bps.go.id (2020)



Gambar 1.1. Grafik perkembangan impor propilen glikol di Indonesia

Dari Gambar 1.1. Di atas, pendekatan regresi linier digunakan untuk mendapatkan persamaan regresi.

$$y = 1560.2x - 3E+06$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah impor tahun 2025 (ke 19)} &= 1560.2x - 3E+06 \\
 &= 1560.2(\text{tahun}) - 3E+06 \\
 &= 1560.2(19) - 3E+06 \\
 &= 29641,65 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

y = jumlah impor propilen glikol

(ton/tahun)x = tahun ke-n

Berdasarkan rumus di atas, kapasitas produksi yang direncanakan pada tahun 2025 adalah 30.000 ton per tahun., diharapkan dengan kapasitas tersebut dapat memenuhi kebutuhan propilen glikol di Indonesia.

1.2.2. Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku sangat berpengaruh terhadap kelangsungan proses pabrik. Propilen oksida dan air merupakan bahan baku propilen glikol, yang memiliki kapasitas produksi tahunan sebesar 30.000 ton. Kedua bahan baku tersebut melimpah dan mudah didapat. Kapasitas Pabrik Propilen Glikol yang Sudah Berdiri.

Tabel 1.3. Pabrik propilen glikol di dunia

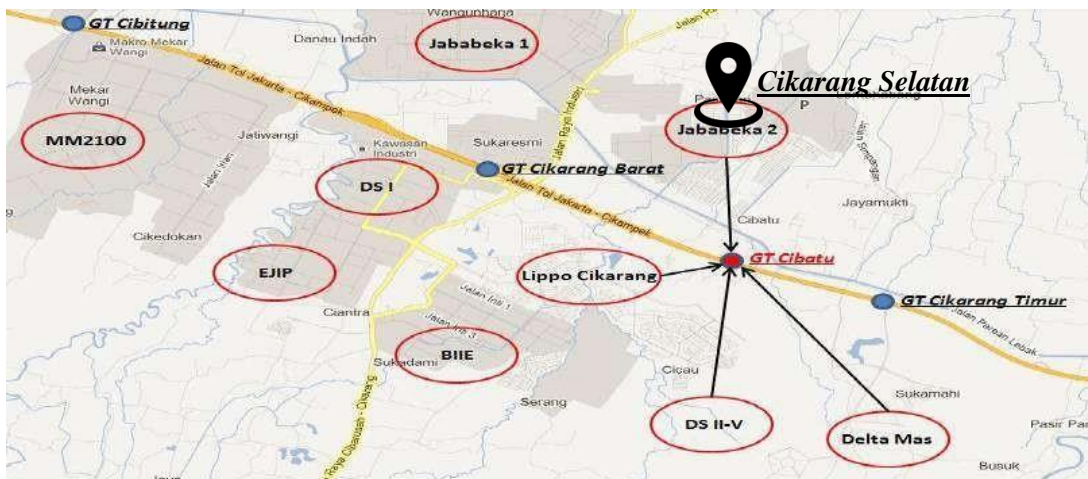
No	Namai Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1.	ARCO Chemical Company	Bayport, Texas	375.000
2.	Dow Chemical	Texas	250.000
3.	Texaco Chemical Company	Beaumont, Texas	120.000
4.	Archer Daniels Midland Company	Decatur, Amerika Serikat	100.000
5.	Arrow Chemical Group Corp	China	80.000
6.	Haike Chemical Group	China	60.000
7.	Lyondellbasell Industries n.v	Rotterdam, Belanda	410.000
8.	Qingdao Shida Chemical Co, Ltd.	China	80.000
9.	Asahi Glass Co, Ltd.	Jepang	42.000
10.	Dow Chemical Company	Thailand	150.000
11.	Huntsman Corporation	Texas	66.000
12.	Manali Petrochemicals Limited	India	20.000

Sumber : (CIC, Industri Kimia Terpilih)

Berdasarkan data kapasitas produksi pabrik yang sudah berjalan pada Tabel 1.3. Di pasar luar negeri, Lyondellbasell Industries memainkan peran penting dalam memenuhi permintaan global untuk propilen glikol. Kapasitas Prarancangan Pabrik Propilen Glikol berkapasitas 30.000/tahun didirikan tahun 2025 berada di *range* kapasitas produksi teraman, diharapkan pembangunan pabrik ini dapat berlangsung untuk menekan angka impor propilen glikol.

1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik sangat penting dalam perancangan pabrik karena berkaitan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan dibangun. Lokasi pabrik dapat mempengaruhi kemampuan bersaing dan menentukan kelangsungan hidup pabrik. Pabrik berdasarkan beberapa pertimbangan propilen glikol akan didirikan di kawasan Industri Gemalapik, Bekasi.



Gambar 1.2. Peta Lokasi Gemalapik, Pasirsari, Cikarang Selatan

Faktor penentuan lokasi hal ini secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari bisnis pabrik. Tujuan utama meliputi pembuatan dan distribusi produk

diatur berdasarkan macam dan kualitas, waktu dan tempat yang dibutuhkan konsumen pada tingkat harga yang terjangkau, sedangkan pabrik masih dapat memperoleh keuntungan yang cukup ideal. Faktor-faktor yang mempengaruhinya :

a. Letak pabrik terhadap pasar

Produk propilen glikol sebagian besar akan dipasarkan di kawasan industri Jabodetabek yang merupakan pusat industri baik skala menengah maupun industri besar yang akan menjadi pasar potensial dari produk propilen glikol.

b. Letak sumber bahan baku

Letak bahan baku merupakan hal yang paling utama dalam pengoperasian suatu pabrik. Bahan baku yaitu propilen oksida dan air Mudah didapat karena lokasi sumber bahan baku dekat dengan lokasi fasilitas pabrik. Hal ini menjamin pasokan bahan baku dan kontinuitasnya. Paling tidak, Anda bisa mengurangi keterlambatan pasokan bahan baku. Propilen oksida diimpor dari Hangzhou Plent Chemical, China maka pemilihan pabrik di Gemalapik, Bekasi yang dekat dengan pelabuhan Tanjung Priuk di Jakarta Utara. Untuk katalis asam sulfat diperoleh dari PT. Indonesian Acids Industry di Pulo Gadung, Jakarta. Sedangkan air dapat diperoleh dari utilitas kawasan industri PT. Jababeka Infrastruktur dengan rata-rata debit air 80.000 m³/hari (*Water Treatment plant* Jababeka).

c. Sarana Transportasi

Sarana transportasi untuk keperluan pabrik, seperti pemasaran, pengangkutan bahan baku melalui angkutan darat dan laut, sudah layak, termasuk sarana jalan dan jalan tol yang layak.

d. Tenaga Kerja

Mendirikan pabrik di Kawasan Industri Bekasi akan menciptakan lapangan kerja untuk menyerap banyak tenaga profesional dan terampil serta mengurangi pengangguran di wilayah tersebut.

e. Utilitas

Di kawasan industri Bekasi, utilitasnya tepat karena infrastrukturnya sesuai dengan kebutuhan industri dan dibangun untuk kawasan yang dikelola oleh PT. infrastruktur Jababeka.

1.4. Macam-macam proses

Dilihat dari proses pembuatannya, propilen glikol dapat diproduksi dengan beberapa cara., antara lain :

a. Hidrasi propilen oksida tanpa katalis

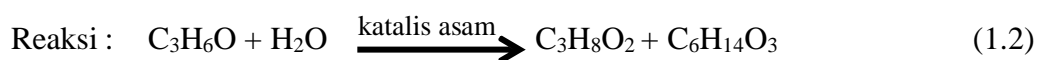
Propilen oksida dan air menjadi bahan baku yang mudah diperoleh, bahan baku dicampur dan disimpan dalam *feed tank* kemudian dipompa menuju reaktor. Reaksi dalam reaktor berlangsung pada fase cair, namun sebelumnya dalam reaktor ditambahkan metanol sebagai pelarut propilen oksida. Hasil reaksi utama

propilen glikol, sedikit dipropilen glikol serta air sisa reaksi. Pemisahan awal dengan separator dilakukan untuk memisahkan sebagian air sisa reaksi, kemudian dimurnikan lebih lanjut dengan proses distilasi. Reaksi terjadi pada suhu 120°C-190°C dan tekanan hingga 2170 kPa (21,4 atm) dalam fase cair-cair diperoleh konversi sebanyak 90%. Kekurangan proses komersial menggunakan panas dan tekanan tanpa katalisator relatif lebih lama dibandingkan proses dengan katalisator, karena penambahan katalis asam atau basa dapat digunakan untuk meningkatkan laju reaksi atau selektivitas produk (Kirk dan Othmer, 1983).



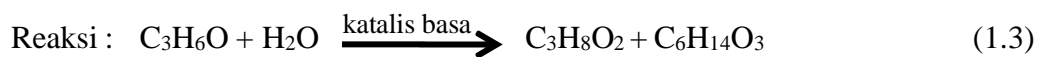
b. Hidrasi propilen oksida dengan katalis asam

Proses ini sama dengan proses hidrasi propilen oksida tanpa katalis, yang membedakan adalah penggunaan katalis asam. Rasio molar H₂O terhadap C₃H₆O adalah 11:1 dan asam sulfat atau metil format digunakan sebagai katalis. Fase reaksi adalah cair (Kirk dan Othmer, 1983). Perlu dicatat bahwa selama produksi propilen glikol, titik didih propilen oksida relatif kecil pada 34,23 ° C, sehingga suhu operasi tidak boleh melebihi 56 ° C pada tekanan 1 atmosfer. Penambahan katalis asam membuat laju reaksi meningkat signifikan, yaitu dalam 30 menit sudah mulai bereaksi, namun suhu operasi terlalu tinggi dapat mengakibatkan propilen oksida menguap. Proses dengan metode ini menghasilkan kemurnian sebesar 99,5% (Chan dan Seider, 2004).



c. Hidrasi propilen oksida dengan katalis basa

Proses ini menggunakan katalis basa, yang mencampur air dengan konsentrasi tertentu dan kemudian bereaksi dengan propilen oksida dalam reaktor hidrasi (Kirk Othmer, 1983). Proses pembuatan propilen glikol dilakukan dengan menggunakan katalis basa. lebih lama dibandingkan katalis asam dengan kondisi proses fase cair-cair pada temperatur 70°C dengan tekanan 1 atm. Konversi yang dihasilkan 70% hal ini dikarenakan banyak produk samping seperti dipropilen glikol dan air yang tidak diharapkan sebagai produk utama (Chan dan Seider, 2004).



Dalam pemilihan proses perlu dilakukan studi literatur dari beberapa proses tersebut dengan mempertimbangkan aspek teknik maupun aspek ekonomis :

Tabel 1.4. Tinjauan proses pembuatan propilen glikol

Tinjauan	Hidrasi propilen oksida tanpa katalis	Hidrasi propilen oksida dengan katalis asam	Hidrasi propilen oksida dengan katalis basa
1. Tekanan (atm)	21,42	1	1
2. Suhu (°C)	120-190	5	70
3. Fase reaksi	Cair-cair	Cair-cair	Cair-cair
4. Reaktor	Agitated	CSTR	CSTR
5. Konversi (%)	90	99,5	70
Tinjauan	Hidrasi propilen oksida tanpa katalis	Hidrasi propilen oksida dengan katalis asam	Hidrasi propilen oksida dengan katalis basa

6. Waktu reaksi	Lama	cepat (0,5 jam)	Cepat
7. Kelebihan	Limbah	Katalis asam dapat	Meningkatkan
8. Kekurangan	produksi relatif sedikit dan biaya produksi rendah Kebutuhan air selama proses sangat tinggi, waktu proses berjalan lambat, serta kondisi operasi dengan suhu dan tekanan tinggi akan resiko tinggi.	meningkatkan laju dan selektivitas, dari kondisi operasi atmosferik akan beresiko rendah, dan koversi produk yang dihasilkan tinggi. Sifat kimia katalis asam korosif terhadap alat-alat. Kestabilan suhu harus tetap dijaga agar fase reaksi tetap cair-cair, bahan baku propilen oksida tidak menguap.	kecepatan reaksi tidak terlalu signifikan, tetapi kondisi operasi beresiko rendah Katalis basa dapat menghasilkan isomer diglikol yang tidak diinginkan dan menghasilkan produk dengan konversi rendah

Dari Tabel 1.4 maka proses yang paling optimal dan efisien untuk pendirian pabrik propilen glikol dengan proses kedua yaitu hidrasi propilen oksida dengan katalis asam, dengan pertimbangan dapat menghasilkan produk dengan konversi tertinggi, kondisi operasi beresiko rendah yaitu pada suhu dan tekanan yang rendah, serta waktu reaksi berjalan paling cepat diantara ketiga proses tersebut.

1.5. Kegunaan Produk

Propilen glikol secara luas digunakan dalam dunia industri kimia makanan, yaitu sebagai *solvent* zat pewarna makanan, dan inhibitor fermentasi makanan. Pada bidang farmasi dan obat-obatan, propilen glikol digunakan sebagai *softening agent* dan pada bidang otomotif sebagai pelumas mesin (Kirk dan Othmer, 1992)

1.6. Tinjauan Pustaka

1.6.1. Bahan Baku Propilen Oksida

a) Sifat Fisika

- Rumus kimia : C_3H_6O
- BM : 58,10 g/gmol
- Kemurnian : 99,95 %
- Titik leleh : $-111,93\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Titik didih pada 1 atm: $34,23\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Densitas : 0,83 g/mL
- Fase : Cair

b) Sifat Kimia

Proses ini menggunakan katalis basa yang mencampur air pada konsentrasi tertentu dan bereaksi dengan propilen oksida dalam reaktor hidrasi (Kirk Othmer, 1983). Proses pembuatan propilen glikol dilakukan dengan menggunakan katalis basa.

(Kirk dan Othmer, 1992)

1.6.2. Produk Propilen Glikol

a) Sifat Fisika

- Rumus kimia : $C_3H_8O_2$
 - BM : 76,10 g/gmol
-

-
-
- Kemurnian : 99,5%
 - Titik leleh : -57 °C
 - Titik didih pada 1 atm: 187,40 °C
 - Densitas : 1,036 g/mL
 - Viskositas 25°C : 48,6 cp
 - Fase : Cair
 - *Spesific heat* : 0,59 kal/g °C

(www.dow.com)

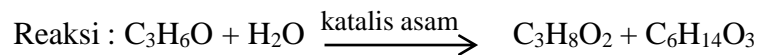
b) Sifat Kimia

- Propilen glikol larut dalam air, metanol, eter, aseton, dan klorofom
- Propilen glikol diesterifikasi dengan maleik, fumarik atau asam-asam sejenis hasil halida atau asam anhidrid menghasilkan mono dan diester dengan katalis peroksida pada tekanan rendah dengan zat *adhesive*
- Propilen glikol digunakan sebagai inisiator dalam katalis basa untuk menghasilkan mono (primer dan sekunder) dan dieter (polieter polioli)
- Kondensasi propilen glikol dengan aldehid menghasilkan siklik asetal atau 4 metil 1,3 dioksilan. (Kirk dan Othmer, 1992)

1.7. Konsep Proses

1.7.1. Dasar Reaksi

Reaksi terjadi dengan ratio mol H₂O dan C₃H₆O sebesar 11 :1 dengan katalisator asam sulfat dan reaksi berlangsung dalam fase cair-cair (Vyomesh,2005). **H**arap dicatat bahwa dalam produksi propilen glikol, titik didih propilen oksida relatif rendah pada 34 ° C dan suhu operasi terlalu tinggi, sehingga tidak boleh melebihi 56 ° C pada 1 atmosfer. , Propilen oksida dapat menguap.



Propilen oksida sangat reaktif terhadap senyawa yang mengandung hidrogen labil, seperti air, ammonia, dan asam organik. Air (H₂O) tertarik ke propilen oksida, kemudian terjadi pemecahan atom H pada H₂O yang kemudian berikatan dengan molekul propilen oksida membentuk molekul propilen glikol .

(Vyomesh,2005).

1.7.2. Kondisi Operasi

Reaksi pembuatan propilen glikol ini berlangsung dalam *Continnious Stirred Tank Reactor* (CSTR) dengan kondisi operasi sebagai berikut :

- Temperatur : 56°C
- Tekanan : 1 atm
- Fase : Cair-cair
- Konversi : 84,6 %

-
-
- Sifat reaksi : eksotermis, *irreversibel*
 - Kondisi operasi : Isotermal

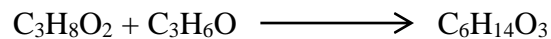
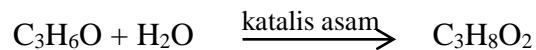
(Vyomesh,2005)

Kondisi operasi dipilih berdasarkan pertimbangan bahwa kondisi operasi tersebut didapatkan laju pembentukan propilen glikol optimal dan beresiko rendah.

1.7.3. Mekanisme Reaksi

Hidrasi propilen oksida menjadi propilen glikol menggunakan katalis asam merupakan reaksi spontan berikut merupakan mekanisme reaksi yang terjadi:

Reaksi :



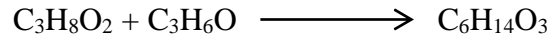
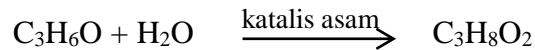
Propilen oksida merupakan senyawa yang sangat reaktif terhadap ion hidrogen labil, seperti air, ammonia, dan asam organik. H₂O tertarik oleh propilen oksida kemudian terjadi pemecahan atom H pada H₂O yang kemudian berikatan dengan molekul propilen oksida membentuk propilen glikol.

(Kirk dan Othmer, 1992)

1.7.4. Tinjauan Termodinamika

Hidrasi propilen oksida menjadi propilen glikol berlangsung satu arah (*irreversible*), karena harga kesetimbangan (K) sangat besar.

Reaksi :



Harga konstanta kesetimbangan dapat dievaluasi menggunakan data termodinamika energi bebas *gibbs*, sebagaimana ditunjukkan dalam perhitungan berikut :

Tabel 1.5. Harga ΔH°_G masing-masing komponen

No	Komponen	$\Delta H^\circ_{G\ 298K}$ (kJ/mol)
1	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	-25,77
2	H_2O	-228,60
3	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$	-304,48

(Yaws, 1999)

$$\begin{aligned} \text{Total } \Delta G^\circ_{f298K} &= \sum \Delta G^\circ_{f(\text{produk})} - \sum \Delta G^\circ_{f(\text{reaktan})} \\ &= -304,48 \text{ kJ/mol} - (-25,77 \text{ kJ/mol} + (-228,60 \text{ kJ/mol})) \\ &= -50,11 \text{ kJ/mol} \\ &= -50.110 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

Konstanta kesetimbangan pada saat $T_{\text{referensi}} = 303 \text{ K}$

$$\Delta G^\circ_f = -R T \ln K$$

Keterangan :

ΔG°_f = Energi bebas Gibbs standar (kJ/kmol)

K_{298K} = Konstanta kesetimbangan

$$\begin{aligned} K_{303K} &= \text{EXP} \left(\frac{\Delta G^\circ_f}{-R T} \right) \\ &= \text{EXP} \left(- \frac{50110 \text{ J/mol}}{8,3144 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{K} \times 303 \text{ K}} \right) \\ &= 607.263.583 \end{aligned}$$

Nilai konstanta kesetimbangan reaksi pada temperatur 30°C :

Harga ΔH°_f masing-masing komponen pada temperatur 303 K adalah sebagai berikut :

Tabel 1.6. Harga ΔH°_f masing-masing komponen

No	Komponen	ΔH°_{f298K} (kJ/mol)
1	C ₃ H ₆ O	-92,76
2	H ₂ O	-241,8
3	C ₃ H ₈ O ₂	-421,5

(Yaws, 1999)

$$\begin{aligned}
 \text{Total } \Delta H^{\circ}_{R 303K} &= \sum \Delta H^{\circ}_f (\text{produk}) - \sum \Delta H^{\circ}_f (\text{reaktan}) \\
 &= -421,5 \text{ kJ/mol} - (-92,76 \text{ kJ/mol} + (-241,8 \text{ kJ/mol})) \\
 &= -86,94 \text{ kJ/mol} \\
 &= -86.940 \text{ kJ/kmol}
 \end{aligned}$$

Harga ΔH°_R menunjukkan harga negatif sehingga reaksi merupakan reaksi eksotermis. Untuk nilai K pada temperatur operasi (T= 30°C)

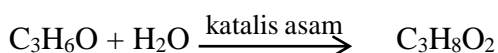
$$\begin{aligned}
 \left(\frac{K_{305 K}}{K_{298 K}} \right) &= \text{EXP} \left(- \frac{\Delta H_{303 K}}{R} \right) \times \left(\frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{298} \right) \\
 &= \text{EXP} \left(- \frac{86.940}{8,3144} \right) \times \left(\frac{1}{305} - \frac{1}{303} \right) \\
 &= 0,45
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_{305} &= 0,45 \times K_{298 K} \\
 &= 0,45 \times 607.263.583 \\
 &= 271.412.256,20
 \end{aligned}$$

Karena harga K yang sangat besar, maka reaksi produksi propilen glikol merupakan reaksi searah (*irreversibel*)

1.7.5. Tinjauan Kinetika

Reaksi pembentukan propilen glikol :



Reaktan air dibuat berlebih, reaksi hidrasi propilen oksida dengan air merupakan reaksi orde satu, dengan persamaan kecepatan reaksi ($-r_A$) :

$$-r_A = k C_A$$

$$k = A e^{(-E/RT)}$$

$$\begin{aligned} k &= 16,96 \times 10^{12} e^{(-32.400/R.T)} \text{h}^{-1} \\ &= 16,96 \times 10^{12} e^{(-32.400/1,986585,6)} \text{h}^{-1} \\ &= 16,96 \times 10^{12} e^{(-27,859)} \text{h}^{-1} \\ &= 16,96 \times 10^{12} e^{(-27,859)} \text{h}^{-1} \\ &= 16,96 \times 10^{12} (7,962 \cdot 10^{-13}) \text{h}^{-1} \\ &= 13,50 \text{ h}^{-1} \\ &= 0,225/\text{menit} \end{aligned}$$

Dimana :

k = konstanta kecepatan reaksi hidrasi propilen oksida menjadi propilen glikol.

C_A = konsentrasi propilen oksida (kmol/jam)

A = faktor eksponensial

$$= 16,96 \times 10^{12} / \text{jam}$$

R = konstanta gas ideal

$$= 1.9872 \text{ Btu/lbmol.R}$$

(H.Scott Fogler, 2005)