

**PRARANCANGAN PABRIK MONOETILEN GLIKOL
(C₂H₆O₂) DARI ETILEN OKSIDA (C₂H₄O) MELALUI PROSES
HIDRASI KATALITIK DENGAN KAPASITAS 55.000
TON/TAHUN
(Perancangan Menara Distilasi (MD-301))**

(Skripsi)

Oleh:

APRILIANA

1615041020



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK MONOETILEN GLIKOL ($C_2H_6O_2$) DARI ETILEN OKSIDA (C_2H_4O) MELALUI PROSES HIDRASI KATALITIK DENGAN KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN (Perancangan Menara Distilasi (MD-301))

Oleh

Apriliana

Pabrik monoetilen glikol berbahan baku etilen oksida dan air, akan didirikan di Kec. Citangkil, Kota Cilegon, Banten. Pabrik ini berdiri dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja yang mudah didapatkan dan kondisi lingkungan.

Pabrik direncanakan memproduksi monoetilen glikol sebanyak 55.000 ton/tahun, dengan waktu operasi 24 jam/hari, 330 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah etilen oksida sebanyak 5.096,3313 kg/jam dan air sebanyak 3.127,2942 kg/jam.

Jumlah karyawan sebanyak 146 orang dengan bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	= Rp 800.670.670.973,-
<i>Working Capital Investment</i> (WCI)	= Rp 141.294.824.289,-
<i>Total Capital Investment</i> (TCI)	= Rp 941.965.495.262,-
<i>Break Even Point</i> (BEP)	= 57,12%
<i>Shut Down Point</i> (SDP)	= 20,87%
<i>Pay Out Time after Taxes</i> (POT) _a	= 3,51 tahun
<i>Return on Investment after Taxes</i> (ROI) _a	= 21,81%
<i>Internal Rate Return</i> (IRR)	= 31,92%

Mempertimbangkan paparan di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik monoetilen glikol ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai masa depan yang baik.

ABSTRACT

PRADESIGN OF MONOETHYLENE GLYCOL PLANT ($C_2H_6O_2$) FROM ETHYLENE OXIDE (C_2H_4O) WITH CATALYTIC HYDRATION PROCESS CAPACITY 55.000 TONS/YEAR (Design Distillation Column (MD-301))

By

Apriliana

A plant to produce monoethylene glycol from ethylene oxide and water is planned to be located at Kec. Citangkil, Kota Cilegon, Banten. The plant is established by considering availability of raw materials, transportation facilities, readily available labor and environmental conditions.

Capacity of the plant is 55.000 tons/year operating 24 hour/day and 330 working days/ year. The plant required 5.096,3313 kg/h ethylene oxide and 3.127,2942 kg/h water.

Quantity of labor is around 146 people. The plant is managed as a Limited Liability Company (PT), which is headed by a Director who is assisted by a Director of Production and Director of Finance. The company is organized in the form of line and staff structure. From analysis of the plant economy is obtained:

<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	= Rp 800.670.670.973,-
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	= Rp 141.294.824.289,-
<i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= Rp 941.965.495.262,-
<i>Break Even Point (BEP)</i>	= 57,12%
<i>Shut Down Point (SDP)</i>	= 20,87%
<i>Pay Out Time after Taxes (POT)^a</i>	= 3,51 year
<i>Return on Investment after Taxes (ROI)^a</i>	= 21,81%
<i>Internal Rate Return (IRR)</i>	= 31,92%

By considering above the summary, it is suitable study further the monoethylene glycol plant since plant is profitable and has good prospects.

**PRARANCANGAN PABRIK MONOETILEN GLIKOL
(C₂H₆O₂) DARI ETILEN OKSIDA (C₂H₄O) MELALUI
PROSES HIDRASI KATALITIK DENGAN
KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN
(Perancangan Menara Distilasi (MD-301))**

Oleh

**APRILIANA
1615041020**

(Skripsi)

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
Sarjana Teknik

Pada
Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi

: PRARANCANGAN PABRIK MONOETILEN
GLIKOL ($C_2H_6O_2$) DARI ETILEN OKSIDA
(C_2H_4O) MELALUI PROSES HIDRASI
KATALITIK DENGAN KAPASITAS 55.000
TON/TAHUN
(Perancangan Menara Distilasi (MD-301))

Nama Mahasiswa

: **Aprifiana**

Nomor Pokok Mahasiswa

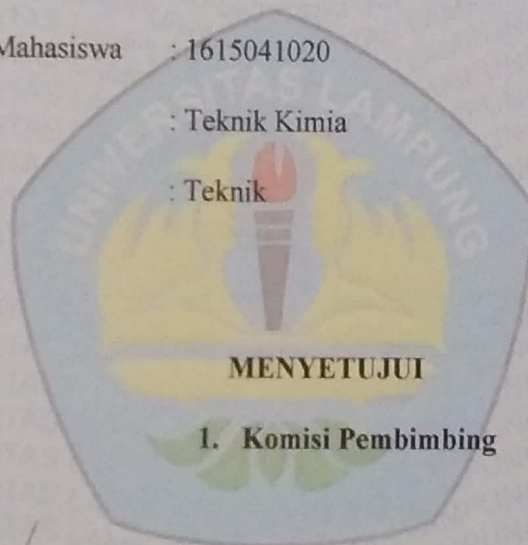
: 1615041020

Jurusan

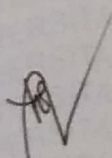
: Teknik Kimia

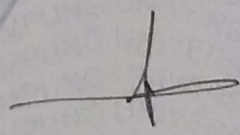
Fakultas

: Teknik

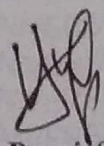


1. Komisi Pembimbing


Panca Nugrahini F., S.T., M.T.
NIP. 19730203 200003 2 001


Donny Lesmana, S.T., M.Sc.
NIP. 19841008 200812 1 003

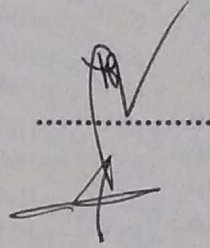
2. Ketua Jurusan Teknik Kimia


Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 19740712 200003 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

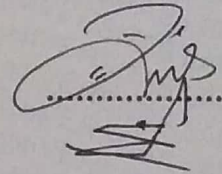
Ketua : Panca Nugrahini F., S.T., M.T.



Sekretaris : Donny Lesmana, S.T., M.Sc.



Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Herti Utami, S.T., M.T.



: Edwin Azwar, S.T., PGD, MTA, PhD

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 April 2022

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 3 Juni 2022



Apriliana

NPM. 1615041020

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Wonosobo, pada tanggal 12 April 1998, sebagai anak terakhir dari 4 bersaudara, dari pasangan Bapak Suhirman dan Ibu Subaiti.

Penulis menyelesaikan pendidikan sebelumnya di Sekolah Dasar Negeri 2 Kuripan pada Tahun 2010, Madrasah Tsanawiyah Negeri Kotaagung pada Tahun 2013 dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Kotaagung pada Tahun 2016.

Pada tahun 2016, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Pada Tahun 2019, penulis melakukan Kerja Praktek di PT PERTAMINA (Persero) RU III Pelaju - Sungai Gerong - Palembang dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *Furnace* 2 pada Unit *Crude Distiller II*”. Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pemanfaatan Furfural Berbasis Batang Ubi Kayu sebagai Aditif pada *Gasoline*”.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai organisasi kemahasiswaan, diantaranya yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) FT UNILA pada periode 2016/2017 sebagai Staff Departemen Kaderisasi, pada periode 2017/2018 sebagai Sekretaris Departemen Kaderisasi di Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) FT UNILA dan Staff Dinas Pemberdayaan Sumber Daya Mahasiswa BEM FT UNILA periode 2019.

MOTTO

"Laa Haula 'Walaa Quwwata Illa Billah"

"Tidak ada daya dan upaya kecuali dengan pertolongan Allah"

(HR. Al-Bukhari)

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya"

(Qs. Al-Baqarah : 286)

"Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan) tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain"

(Qs. Al-Insyirah : 6-7)

*"Yakinlah ada sesuatu yang menanti selepas banyak kesabaran yang dijalani,
hingga kau lupa betapa pedihnya rasa sakit"*

(Ali bin Abi Thalib)

"What is yours will find you"

(Imam Ali)

"Don't compare your life to other. Everybody grows at different rates"

(Apriliana)

Sebuah Karya

Kupersembahkan Tugas Akhir ini dengan sepenuh hati untuk :

Allah SWT., berkat Rahmat dan Ridho-Nya aku dapat menyelesaikan karyaku ini

Kedua Orang Tuaku, terima kasih atas do'a, kasih sayang dan pengorbanannya selama ini yang tak terhitung jumlahnya, terima kasih selalu mempercayai dan mendukungku

Kakak-kakakku, terima kasih atas do'a, harapan dan dukungannya selama ini

Teknik Kimia Angkatan 2016 dan Sahabat-Sahabat Tercintaku, Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidupku selama ini.

Guru-guruku dan Dosen – dosenku, terima kasih atas segala ilmu yang telah diberikan

Keluarga Besar Teknik Kimia Universitas Lampung, terima kasih atas semuanya, terima kasih atas kesempatan mengukir cerita ini disini

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik Monoetilen Glikol ($C_2H_6O_2$) dari Etilen Oksida (C_2H_4O) Melalui Proses Hidrasi Katalitik dengan Kapasitas 55.000 Ton/Tahun” dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh derajat kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan moral maupun spiritual dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat sehat, kemudahan dan kelancaran kepada penulis.
2. Ayah dan Ibu ku tersayang serta kakak-kakak ku tercinta, atas segala doa yang kalian panjatkan selama ini, kesabaran untuk menunggu selesainya kuliah, dan dukungan moril serta material yang tak akan pernah bisa terbalaskan oleh penulis.

3. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia dan Dosen Pembimbing Akademik penulis yang telah memberikan bantuan untuk kelancaran proses belajar selama di kampus.
4. Bunda Panca Nugrahini F., S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing 1, atas segala ilmu, kesabaran, arahan, saran, dan kritiknya selama pengerjaan tugas akhir saya.
5. Bapak Donny Lesmana, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing 2 atas segala ilmu, kesabaran, saran, dan kritiknya selama pengerjaan tugas akhir saya.
6. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Penelitian saya. Terima kasih banyak bu atas waktu, ilmu, kesabaran, arahan dan masukan yang telah diberikan selama ini.
7. Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Utama atas segala ilmu, kritikan, saran, nasehat dan koreksi terhadap tugas akhir saya sehingga menjadi karya yang lebih baik lagi.
8. Bapak Edwin Azwar, S.T., PGD., MTA., PhD., selaku Dosen Penguji Pendamping atas segala ilmu, kritikan, saran, nasehat dan koreksi terhadap tugas akhir saya.. Terimakasih pak atas kisah hidup yang inshaAllah akan saya ambil pelajaran dan hikmahnya.
9. Seluruh Dosen dan Staff Teknik Kimia yang telah banyak memberikan ilmu yang sangat bermanfaat dan membantu kelancaran dalam pengerjaan.
10. Kak Septian sebagai partner paling kocak, walaupun haha hihi mulu alhamdulillah skripsi kita kelar ya kak. Sama-sama kompre urutan ke-14 di angkatan masing-masing dan di bulan lahir masing-masing. Takdir Allah memang keren. Sukses buat kita. Aamiin.

11. Ipal dan ibu, *I have to tell you, thank you anyway...*
12. Sahabat sekaligus grup lenong ku, peni dan esti dan machrani, makasih *guys* atas segala kerecehannya, lawakan dan waktu selama kuliah di Tekkim. Dari kalian saya bisa ambil kesimpulan kalo dunia terlalu jahat yaudah ketawain. Bahagia dan sukses untuk kita. Aamiin.
13. Bapak dan ibu kos cantik manis yang paling baik, terima kasih atas motivasi, dukungan moril, candaan maupun asupan makanannya yang bisa mengurangi rasa stress dalam menghadapi tugas-tugas perkuliahan.
14. Pipik, Kalulu dan Tantri, terima kasih sudah menemani perjuangan dan selalu mau direpotkan. Sukses untuk kita. Aamiin.
15. Teman-teman seperjuangan angkatan 2016, Terimakasih yang sebanyak-banyaknya untuk kalian semua yang telah membantu saya dalam segala hal. Kalianlah keluarga terbaik yang pernah saya punya di tempat perantauan. Sukses untuk kita semua dan semoga kita dapat dipertemukan kembali dalam keadaan yang lebih baik suatu saat nanti. Tak akan ada apa-apanya saya tanpa kehadiran kalian semua. Terima kasih sudah mengukir cerita bersama.
16. Adik-adik dan kakak-kakak tingkat di Jurusan Teknik Kimia, yang banyak memberikan warna-warni selama berada di kampus.
17. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Bandar Lampung, 3 Juni 2022

Penulis,

Apriliana

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	viii
SANWACANA.....	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxiii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kegunaan Produk	2
1.3 Ketersediaan Bahan Baku	3
1.4 Analisis Pasar	3
1.5 Lokasi Pabrik	10
 BAB II DESKRIPSI PROSES	
2.1 Jenis-jenis Proses	15

2.2 Pemilihan Proses	17
2.3 Uraian Proses	42

BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1 Bahan Baku	46
3.2 Produk	48

BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

A. Neraca Massa	52
B. Neraca Panas	56

BAB V SPESIFIKASI PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

A. Peralatan Proses	60
B. Peralatan Utilitas	76

BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

A. Kebutuhan Air	107
B. Sistem Penyediaan <i>Steam</i>	124
C. Unit Penyedia Udara Instrumen	125
D. Unit Pembangkit Tenaga Listrik	125
E. Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	125
F. Laboratorium.....	126
G. Pengolahan Limbah	133

BAB VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK

A. Lokasi Pabrik	134
B. Tata Letak Pabrik	137
C. Prakiraan Areal Pabrik	138

BAB VIII MANAGEMEN DAN ORGANISASI

A. Bentuk Perusahaan	143
B. Struktur Organisasi Perusahaan	146
C. Tugas dan Wewenang	148
D. Status Karyawan dan Sistem Penggajian	156
E. Pembagian Jam Kerja Karyawan	156
F. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karywan	159
G. Kesejahteraan Karyawan	164

BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

A. Investasi	167
B. Evaluasi Ekonomi	171
1. <i>Return On Investment</i> (ROI)	172
2. <i>Pay Out Time</i> (POT)	172
3. <i>Break Evan Point</i> (BEP)	173
4. <i>Shut Down Point</i> (SDP)	173
C. Angsuran Pinjaman	174
D. <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	174

BAB X SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan	176
B. Saran	176

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA

LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA PANAS

LAMPIRAN C PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN PROSES

LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITAS

LAMPIRAN E PERHITUNGAN EKONOMI

LAMPIRAN F TUGAS KHUSUS MENARA DISTILASI (MD-301)

LAMPIRAN G PERBAIKAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Data Impor Monoetilen Glikol di Indonesia	4
Tabel 1.2. Data Ekspor Monoetilen Glikol di Indonesia	5
Tabel 1.3. <i>Annual Report</i> PT. Polychem Tbk Indonesia	7
Tabel 1.4. Data Konsumsi Monoetilen Glikol di Indonesia	8
Tabel 1.5. Industri Produsen PSF/PFY di Indonesia	12
Tabel 1.6. Industri Produsen PET Resin di Indonesia	12
Tabel 1.7. Industri Produsen NFY Resin di Indonesia	13
Tabel 2.1. Harga Bahan Baku dan Produk	17
Tabel 2.2. Harga Bahan Baku dan Produk.....	22
Tabel 2.3. Perbandingan Proses Pembuatan Monoetilen Glikol	41
Tabel 4.1. Neraca Massa Reaktor (RE-201)	52
Tabel 4.2. Neraca Massa Evaporator (EV-201)	53
Tabel 4.3. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-301)	54
Tabel 4.4. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-302)	54
Tabel 4.5. Neraca Massa <i>Condenser</i> (CD-301)	55
Tabel 4.6. Neraca Massa <i>Condenser</i> (CD-302)	55
Tabel 4.7. Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-301)	55
Tabel 4.8. Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-302)	56
Tabel 4.9. Neraca Panas Reaktor (RE-201)	56

Tabel 4.10. Neraca Panas Evaporator (EV-201)	57
Tabel 4.11. Neraca Panas Menara Distilasi (MD-301)	57
Tabel 4.12. Neraca Panas Menara Distilasi (MD-302)	57
Tabel 4.13. Neraca Panas Heater (HE-101)	57
Tabel 4.14. Neraca Panas Heater (HE-102)	58
Tabel 4.15. Neraca Panas Heater (HE-301)	58
Tabel 4.16. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-301)	58
Tabel 4.17. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-302)	58
Tabel 4.18. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-303)	59
Tabel 5.1. Spesifikasi Tangki Penyimpanan C_2H_4O (ST-101)	60
Tabel 5.2. Spesifikasi Tangki Penyimpanan $C_2H_6O_2$ (ST-301)	61
Tabel 5.3. Spesifikasi Tangki Penyimpanan $C_4H_{10}O_3$ (ST-302)	61
Tabel 5.4. Spesifikasi Tangki Penyimpanan $C_6H_{14}O_4$ (ST-303)	62
Tabel 5.5. Spesifikasi Reaktor <i>Fixed Bed Multitube</i> (RE-201)	62
Tabel 5.6. Spesifikasi Evaporator (EV-201)	63
Tabel 5.7. Spesifikasi Menara Distilasi (MD-301)	64
Tabel 5.8. Spesifikasi Menara Distilasi (MD-302)	64
Tabel 5.9. Spesifikasi <i>Pressure Reduction Valve 36H Series</i>	65
Tabel 5.10. Spesifikasi Reboiler 301 (RB-301)	66
Tabel 5.11. Spesifikasi Reboiler 302 (RB-302)	66
Tabel 5.12. Spesifikasi <i>Condensor</i> 201 (CD-201)	67
Tabel 5.13. Spesifikasi <i>Condensor</i> 301 (CD-301)	67
Tabel 5.14. Spesifikasi <i>Condensor</i> 302 (CD-302)	68
Tabel 5.15. Spesifikasi <i>Heater</i> 101 (HE-101)	68

Tabel 5.16. Spesifikasi <i>Heater</i> 102 (HE–102)	69
Tabel 5.17. Spesifikasi <i>Heater</i> 301 (HE–301)	70
Tabel 5.18. Spesifikasi <i>Cooler</i> 301 (CO–301)	70
Tabel 5.19. Spesifikasi <i>Cooler</i> 302 (CO–302)	71
Tabel 5.20. Spesifikasi <i>Cooler</i> 303 (CO–303)	71
Tabel 5.21. Spesifikasi Pompa Proses (PP–101)	72
Tabel 5.22. Spesifikasi Pompa Proses (PP–102)	72
Tabel 5.23. Spesifikasi Pompa Proses (PP–301)	73
Tabel 5.24. Spesifikasi Pompa Proses (PP–302)	74
Tabel 5.25. Spesifikasi Pompa Proses (PP–303)	74
Tabel 5.26. Spesifikasi Pompa Proses (PP–304)	75
Tabel 5.27. Spesifikasi Pompa Proses (PP–305)	76
Tabel 5.28. Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS–401)	76
Tabel 5.29. Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB–401)	77
Tabel 5.30. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB–401)	77
Tabel 5.31. Spesifikasi Tangki Alum (ST–401)	78
Tabel 5.32. Spesifikasi Tangki Kaporit (ST–402)	79
Tabel 5.33. Spesifikasi Tangki Soda Kaustik (ST– 403)	79
Tabel 5.34. Spesifikasi Tangki Air Filter (ST–404)	80
Tabel 5.35. Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST–405)	81
Tabel 5.36. Spesifikasi Tangki Dispersan (ST–406)	82
Tabel 5.37. Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST–407)	83
Tabel 5.38. Spesifikasi <i>Demin Water Tank</i> (ST–408)	84
Tabel 5.39. Spesifikasi Tangki Air Kondensat (ST–409)	85

Tabel 5.40. Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-410)	86
Tabel 5.41. Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-601)	87
Tabel 5.42. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CF-401)	88
Tabel 5.43. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401)	89
Tabel 5.44. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401)	90
Tabel 5.45. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401)	91
Tabel 5.46. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401)	92
Tabel 5.47. Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DE-401)	93
Tabel 5.48. Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-401)	93
Tabel 5.49. Spesifikasi <i>Blower Steam</i> (BS-401)	94
Tabel 5.50. Spesifikasi <i>Compressor</i> (CP-501)	94
Tabel 5.51. Spesifikasi Pompa (PU – 401)	94
Tabel 5.52. Spesifikasi Pompa (PU – 402)	95
Tabel 5.53. Spesifikasi Pompa (PU – 403)	96
Tabel 5.54. Spesifikasi Pompa (PU – 404)	96
Tabel 5.55. Spesifikasi Pompa (PU – 405)	97
Tabel 5.56. Spesifikasi Pompa (PU – 406)	97
Tabel 5.57. Spesifikasi Pompa (PU – 407)	98
Tabel 5.58. Spesifikasi Pompa (PU – 408)	98
Tabel 5.59. Spesifikasi Pompa (PU – 409)	99
Tabel 5.60. Spesifikasi Pompa (PU – 410)	99
Tabel 5.61. Spesifikasi Pompa (PU – 411)	100
Tabel 5.62. Spesifikasi Pompa (PU – 412)	100
Tabel 5.63. Spesifikasi Pompa (PU – 413)	101

Tabel 5.64. Spesifikasi Pompa (PU – 414)	101
Tabel 5.65. Spesifikasi Pompa (PU – 415)	102
Tabel 5.66. Spesifikasi Pompa (PU – 416)	102
Tabel 5.67. Spesifikasi Pompa (PU – 417)	103
Tabel 5.68. Spesifikasi Pompa (PU – 418)	103
Tabel 5.69. Spesifikasi Pompa (PU – 419)	104
Tabel 5.70. Spesifikasi Pompa (PU – 420)	104
Tabel 5.71. Spesifikasi Pompa (PU – 421)	105
Tabel 5.73. Spesifikasi Pompa (PU – 422)	105
Tabel 5.74. Spesifikasi Pompa (PU – 423)	106
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Pendingin	110
Tabel 6.2. Kebutuhan Air Umpan <i>Boiler</i>	113
Tabel.6.3. Kebutuhan Air Proses	115
Tabel 6.4. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	132
Tabel 6.5. Pengendalian Variabel Utama Proses	133
Tabel.7.1. Perincian Luas Area Pabrik Monoetilen Glikol	138
Tabel 8.1. Jadwal Kerja Masing-masing Regu	158
Tabel 8.2. Perincian Tingkat Pendidikan	160
Tabel 8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses	161
Tabel 8.4. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	161
Tabel 8.5. Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	162
Tabel 9.1. <i>Fixed capital investment</i>	168
Tabel 9.2. <i>Manufacturing cost</i>	169
Tabel 9.3. <i>General expenses</i>	170

Tabel 9.4. Biaya Administratif	170
Tabel 9.5. <i>Minimum acceptable persent return on investment</i>	172
Tabel 9.6. <i>Acceptable payout time</i> untuk tingkat resiko pabrik	173
Tabel 9.7. <i>Cummulative Cash Flow</i>	174

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Grafik Impor Monoetilen Glikol di Indonesia	4
Gambar 1.2. Grafik Ekspor Monoetilen Glikol di Indonesia	6
Gambar 1.3. Grafik Produksi Monoetilen Glikol PT Polychem Tbk	7
Gambar 1.2. Grafik Konsumsi Monoetilen Glikol di Indonesia	8
Gambar 4.1. Reaktor <i>Fixed Bed Multitube</i> (RE-201)	52
Gambar 4.2. Evaporator (EV-201)	53
Gambar 4.3. Menara Distilasi (MD-301)	53
Gambar 4.4. Menara Distilasi (MD-302)	54
Gambar 5.1. <i>Pressure Reduction Valve 36H Series</i>	65
Gambar 7.1. Peta Provinsi Banten	139
Gambar 7.2. Lokasi Pabrik	140
Gambar 7.3. Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung	141
Gambar 7.4. Tata Letak Peralatan Proses	142
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan	147
Gambar 9.1. Grafik Analisis Ekonomi	174
Gambar 9.2. Grafik <i>Cummulative Cash Flow</i>	175

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia khususnya industri bahan kimia terus mengalami peningkatan ini disebabkan karena sebagian besar industri memerlukan bahan kimia dalam proses manufaktur produknya. Industri di Indonesia, khususnya industri tekstil, bahan pembersih, kosmetik, farmasi dan lainnya membutuhkan bahan baku penunjang, namun di Indonesia bahan baku penunjang tersebut masih harus di impor dari negara lain. Salah satu bahan baku penunjang yang banyak digunakan tersebut yaitu Monoetilen glikol.

Monoetilen glikol merupakan salah satu bahan kimia yang banyak digunakan sebagai bahan baku industri *polyester* (tekstil dan plastik). Disamping dibuat serat yang kemudian dipintal menjadi benang atau langsung menjadi benang *filament* untuk produk tekstil, juga bisa dicetak sebagai bahan *molding* seperti pada pembuatan botol plastik. Selain itu juga Monoetilen glikol dapat digunakan sebagai bahan baku tambahan pada pembuatan cat, minyak rem, solven, alkin

resin, tinta cetak, tinta ballpoint, *foam stabilizer*, kosmetik, dan bahan anti beku (*anti freeze*).

Saat ini kebutuhan Monoetilen glikol di Indonesia masih dipenuhi oleh PT. Polychem Tbk. yang memproduksi Monoetilen glikol sebanyak 216.000 ton/tahun dan mengimpornya dari 18 negara yang paling banyak yaitu Kuwait dan Arab Saudi. Dikarenakan pabrik yang sudah ada di Indonesia belum bisa memenuhi kebutuhan dalam negeri, maka pendirian pabrik Monoetilen glikol memiliki beberapa alasan selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri juga mendorong industri lain memanfaatkan Monoetilen glikol, dapat membuka lapangan pekerjaan untuk lulusan SMA, SMK maupun S1 yang sesuai dengan bidangnya.

1.2. Kegunaan Produk

Adapun produk yang dihasilkan dalam proses ini yaitu produk utama dan produk samping. Produk utama adalah Monoetilen glikol sedangkan produk samping yaitu Dietilen glikol dan Trietilen glikol. Produk tersebut memiliki kegunaan masing-masing yaitu:

1. Monoetilen glikol

Di Indonesia sebagian besar Monoetilen glikol diaplikasikan menjadi bahan baku *polyester*. *Polyester* merupakan senyawa polimer jenis termoplastik. Disamping dibuat serat yang kemudian dipintal menjadi benang atau langsung menjadi benang *filament* untuk produk tekstil, juga bisa dicetak

sebagai bahan *molding* seperti pada pembuatan botol plastik. (Mc Ketta, 1984).

2. Dietilen glikol

Dietilen glikol dapat dijadikan resin organik sintesis, minyak resin, pendingin refrigerator, industri *solvent*, industri *Unsaturated Polyester Resin* (UPR) dan bahan peledak.

3. Trietilen glikol

Kegunaan dari Trietilen glikol adalah sebagai medium untuk *heat transfer*, sebagai pelarut karena memiliki titik didih tinggi, pengering gas alam, sebagai sterilisasi pada atmosfer dan pembersih bahan kimia.

1.3. Ketersediaan Bahan Baku

Dalam pembuatan Monoetilen glikol, bahan baku yang digunakan yakni Etilen Oksida yang diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical, Banten dengan kapasitas 522.000 ton/tahun.

1.4. Analisis Pasar

Langkah untuk mengetahui seberapa besar minat pasar terhadap suatu produk yakni dengan cara analisis pasar. Adapun analisis pasar meliputi data impor, data konsumsi Monoetilen glikol, dan data ekspor di Indonesia.

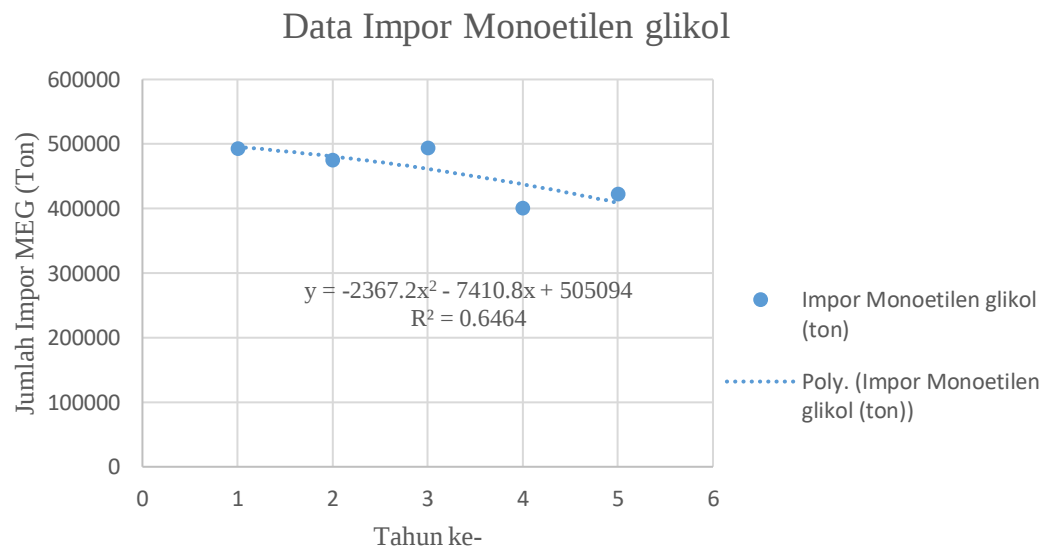
1. Data Impor

Monoetilen glikol yang dipakai di Indonesia diperoleh dari PT. Polychem Indonesia, namun belum dapat memenuhi kebutuhan Monoetilen glikol dalam negeri. Hal inilah yang menyebabkan Indonesia masih harus mengimpor dari negara lain. Berikut data impor Monoetilen glikol di Indonesia:

Tabel 1.1. Data Impor Monoetilen glikol di Indonesia

Tahun	Tahun Ke-	Jumlah Impor Monoetilen glikol (ton)
2014	1	492.790,955
2015	2	475.208,611
2016	3	493.489,8
2017	4	400.591,208
2018	5	422.028,032

(Sumber: <http://data.un.org>, 2020)



Gambar 1.1. Grafik Impor Monoetilen Glikol di Indonesia

Berdasarkan gambar 1.1. di atas didapatkan persamaan Y yang memiliki nilai R tertinggi dengan metode polinomial karena data yang diperoleh nilainya saling berdekatan, maka diperkirakan pada tahun 2025 impor Monoetilen glikol ke Indonesia sebesar 8.696 ton.

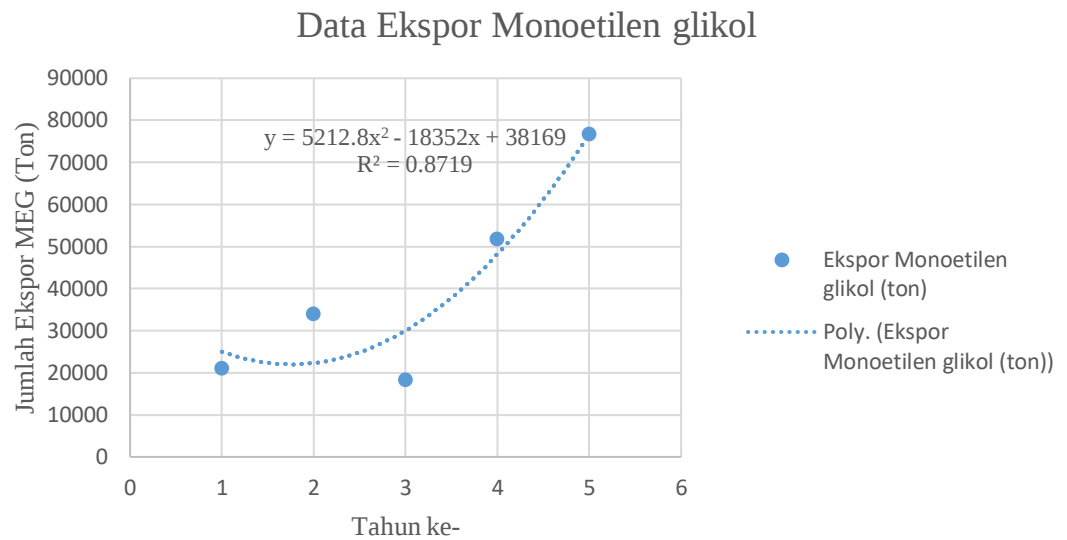
2. Data Ekspor

Adapun Monoetilen glikol yang diproduksi Indonesia juga diekspor ke negara lain yang bertujuan untuk menambah devisa negara. Berikut data ekspor Monoetilen glikol di Indonesia:

Tabel 1.2. Data Ekspor Monoetilen glikol Indonesia

Tahun	Tahun Ke-	Jumlah Ekspor Monoetilen glikol (ton)
2014	1	21.103,843
2015	2	34.033,749
2016	3	18.430,886
2017	4	51.912,2386
2018	5	76.789,7926

(Sumber: <http://data.un.org>, 2020)



Gambar 1.2. Grafik Ekspor Monoetilen Glikol Indonesia

Berdasarkan gambar 1.2. di atas didapatkan persamaan Y yang memiliki nilai R tertinggi dengan metode polinomial karena data yang diperoleh nilainya saling berdekatan, maka diperkirakan pada tahun 2025 ekspor Monoetilen glikol dari Indonesia sebesar 680.556 ton.

3. Data Produksi

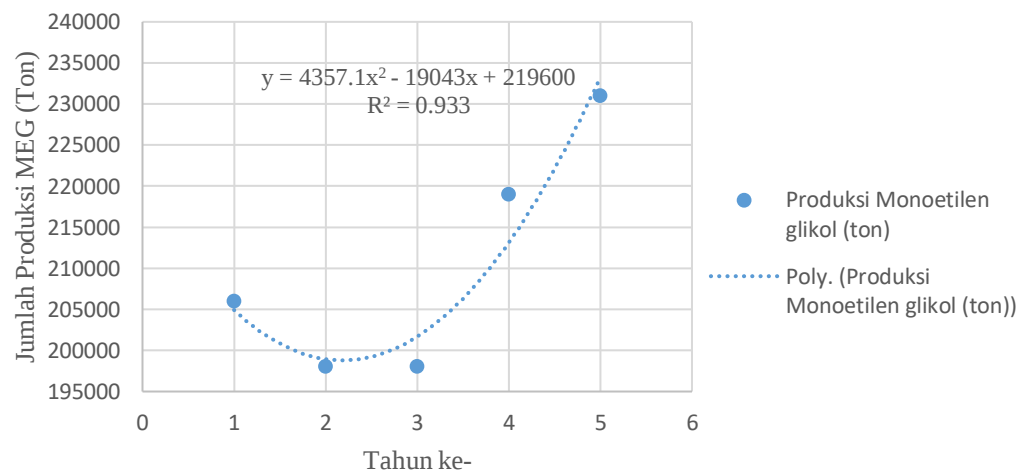
PT. Polychem Tbk. merupakan pabrik Monoetilen glikol yang beroperasi di Indonesia dengan kapasitas 216.000 ton/tahun. Berikut *annual report* PT. Polychem Tbk.

Tabel 1.3. *Annual Report* PT. Polychem Tbk Indonesia

No.	Tahun Produksi	Jumlah Produksi Monoetilen glikol (ton)
1.	2014	206.000
2.	2015	198.000
3.	2016	198.000
4.	2017	219.000
5.	2018	231.000

(Sumber: *Annual Report* Polychem, 2019)

Data Produksi Monoetilen glikol



Gambar 1.3. Grafik Produksi Monoetilen Glikol PT. Polychem Tbk

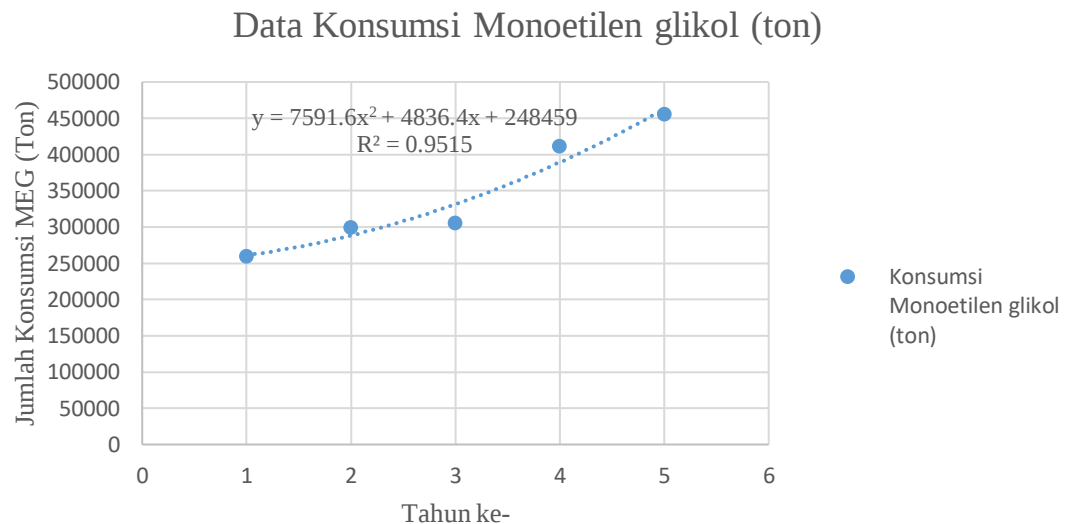
Berdasarkan gambar 1.3 di atas didapatkan persamaan Y yang memiliki nilai R tertinggi dengan metode polinomial karena data yang diperoleh nilainya saling berdekatan, maka diperkirakan pada tahun 2025 produksi monoetilen glikol di PT. Poychem Tbk adalah sebesar 708.390 ton.

4. Data Konsumsi

Monoetilen glikol yang diproduksi Indonesia yakni PT. Polychem Tbk. digunakan di industri-industri dalam negeri seperti Pabrik *Polyester Stampel Fiber* (PSF), *Polyester Filament Yarn* (PFY), *Polyester Terephthalate Resin* dan juga *Nylon Filament Yarn* (NFY). Berikut data konsumsi Monoetilen glikol di Indonesia :

Tabel 1.4. Data Konsumsi Monoetilen glikol di Indonesia

No.	Tahun Produksi	Jumlah Konsumsi Monoetilen glikol (ton)
1.	2014	259.434
2.	2015	299.876
3.	2016	305.872
4.	2017	411.784
5.	2018	455.409



Gambar 1.4. Grafik Konsumsi Monoetilen glikol di Indonesia

Berdasarkan gambar 1.4. di atas didapatkan persamaan Y yang memiliki nilai R tertinggi dengan metode polinomial karena data yang diperoleh nilainya saling berdekatan, maka diperkirakan pada tahun 2025 konsumsi Monoetilen glikol di Indonesia adalah sebesar 1.594.312 ton.

5. Kapasitas Rancangan

Kapasitas produksi suatu pabrik ditentukan berdasarkan data impor, data ekspor, data produksi dan data konsumsi. Menurut Peraturan Perundang-undangan No. 5 Tahun 1999 Pasal 17, tidak mengizinkan pelaku usaha menguasai pasar satu jenis barang tertentu melebihi 50%. Perhitungan kapasitas produksi dapat dilihat seperti dibawah ini:

$$KP = DI + DK - DP - DE$$

Dimana:

KP = Kapasitas Produksi pada tahun X

DI = Data Impor pada tahun X

DK = Data Konsumsi pada tahun X

DP = Data Produksi pada tahun X

DE = Data Ekspor pada tahun X

Sehingga,

$$KP = DI + DK - DP - DE$$

$$KP = (8.696 + 1.594.312 - 708.390 - 680.556) \text{ ton/tahun}$$

$$KP = 214.062 \text{ ton/tahun}$$

$$KP = 25\% \times 214.062 \text{ ton/tahun}$$

$$KP = 53.515 \text{ ton/tahun}$$

Maka, kapasitas rancangan pabrik Monoetilen glikol yang akan didirikan adalah sebesar 55.000 ton/tahun. Bahan baku yang diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical, Banten mempunyai kapasitas 522.000 ton/tahun masih dapat terpenuhi.

1.5. Lokasi Pabrik

Lokasi pendirian pabrik dipilih di Cilegon, Banten. Dipilihnya Cilegon sebagai lokasi pendirian pabrik karena Cilegon memenuhi parameter-parameter sebagai berikut:

1. Bahan baku

Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan Monoetilen glikol adalah Etilen oksida yang diambil dari PT. Chandra Asri Petrochemical yang lokasinya dekat dengan lokasi pendirian pabrik yang direncanakan. Dengan begitu biaya pengiriman bahan baku murah. Sedangkan bahan baku air, didapat dari Waduk Krenceng, Cilegon, Banten.

2. Pemasaran

Dalam aspek pemasaran, yang perlu diperhatikan adalah letak pabrik terhadap pasar yang membutuhkan Monoetilen glikol, agar dapat mengurangi biaya distribusi produk ke lokasi dan waktu pencapaian pasar. Adapun pabrik yang memanfaatkan produk Monoetilen glikol sebagai bahan bakunya kebanyakan berada di Provinsi Banten, Tangerang dan Jawa Barat.

Pabrik yang menggunakan Monoetilen glikol sebagai bahan bakunya ialah Pabrik *Polyester Stample Fiber* (PSF), *Polyester Filament Yarn* (PFY), dan *Polyester Terephtalate Resin* (PET) untuk membuat plastik terutama botol dan film. Selain itu juga Monoetilen glikol juga digunakan sebagai bahan baku *Nylon Filament Yarn* (NFY), *Nylon Tireciord* (NTC), *cooling agent*, dan *antifreezer*. Sementara Dietilen glikol sebagai produk samping digunakan di Industri *Unsaturated Polyester Resin* (UPR), minyak rem, dan industri *solvent*, sedangkan produk samping Trietilen glikol dimanfaatkan untuk pengeringan gas alam dan pembersih bahan kimia.

Berikut adalah pabrik produsen PSF/PFY, PET, NFY di Indonesia yang menggunakan bahan baku berupa Monoetilen glikol.

Table 1.5. Industri Produsen PSF/PFY di Indonesia

No.	Industri	Lokasi
1.	PT. GT Petrochem Indonesia	Tangerang
2.	PT. Teijin Indonesia Fiber Co	Tangerang
3.	PT. Panasia Indosynter	Bandung
4.	PT. Sulin Dafin	Tangerang
5.	PT. Tri Rempoa Solo Synthetic	Jakarta
6.	PT. Indonesia Toray Synthetic	Tangerang
7.	PT. Kukuh Manunggal Fiber Industries	Tangerang
8.	PT. Indorama Synthetic	Purwakarta
9.	PT. Polysindo Eka Industries	Karawang
10.	PT. Vastex Prima Industries	Bandung
11.	PT. Sungkyong Keris	Tangerang
12.	PT. Kohap Indonesia	Tangerang
13.	PT. Central Filamen	Bandung

Table 1.6. Industri Produsen PET Resin di Indonesia

No.	Industri	Lokasi
1.	PT. Indorama Synthetic	Purwakarta
2.	PT. Polypet Karya Persada	Cilegon
3.	PT. Bakrie Kasei PET	Cilegon
4.	PT. Petnesia Resindo	Tangerang
5.	PT. Central Filamen	Bandung

Table 1.7. Industri Produsen NFY Resin di Indonesia

No.	Industri	Lokasi
1.	PT. Filamendo	Tangerang
2.	PT. Shinta Nylon Utama	Bekasi
3.	PT. Indachi	Purwakarta

3. Transportasi, Telekomunikasi dan Utilitas

Cilegon merupakan jalur transportasi Merak-Jakarta yang merupakan pintu masuk Pulau Jawa dan Sumatera. Posisi kawasan industri Cilegon yang strategis akan memudahkan transportasi laut untuk pengiriman antar pulau. Cilegon juga memiliki fasilitas jalan kelas satu yang akan memudahkan transportasi darat untuk pendistribusian produk dan masuknya sumber bahan baku. Kebutuhan air proses dapat dipenuhi dari pengolahan air laut, sedangkan sumber listrik dapat dari PLN dan diproduksi sendiri menggunakan generator.

4. Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang dipekerjakan adalah para ahli-ahli dalam bidang masing-masing dan tenaga kerja local disekitar lokasi pabrik.

5. Kondisi Tanah

Cilegon merupakan salah satu kawasan industri di Indonesia dengan tanah yang relatif masih luas dan merupakan tanah datar sehingga menguntungkan

dalam pendirian pabrik. Untuk perluasan juga karena Tangerang merupakan daerah industri maka perluasan yang dilakukan akan menguntungkan.

6. Kebijakan Pemerintah

Cilegon merupakan kawasan industri terbuka bagi investor asing. Maka, pemerintah sebagai fasilitator telah memberikan kemudahan dalam perizinan pendirian pabrik, pajak dan lain-lain yang menyangkut pelaksanaan sebuah pabrik.

BAB X

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap prarancangan pabrik monoetilen glikol dari etilen oksida dan air dengan kapasitas 55.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Return on Investment* (ROI) sebesar 21,81%
2. *Pay Out Time* selama 3,52 tahun
3. *Break Event Point* (BEP) sebesar 57,12%
4. *Shut Down Point* sebesar (SDP) sebesar 20,87%

B. Saran

Pabrik monoetilen glikol sebaiknya didirikan secepat mungkin mengingat masih banyaknya kebutuhan monoetilen glikol di dalam negeri yang belum terpenuhi dan jumlah kompetitor yang sangat sedikit sehingga dapat menguasai pangsa pasar di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Altiookka, Mehmet R., and Akyalcin, Sema. 2009. *Kinetics of the Hydration of Ethylene Oxide in the Presence Heterogeneous Catalyst. Ind. Eng. Chem. Res.* 2009, 48, 10840-10844.
- Bachus, L and Custodio, A. 2003. *Know and Understand Centrifugal Pumps.* Bachus Company, Inc. Oxford: UK.
- Badan Pusat Statistik, 2017, *Statistic Indonesia*, www.bps.go.id, Indonesia. Diakses 10 Desember 2017.
- Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1988. *Introduction to Chemical Engineering.* McGraw Hill : New York.
- Bank Indonesia. 2015. *Nilai Kurs.* www.bi.go.id. Diakses 13 September 2018
- Brown. G. George., 1950, *Unit Operation 6^{ed}*, Wiley&Sons, USA.
- Brownell. L. E. and Young. E. H., 1959, *Process Equipment Design 3^{ed}*, John Wiley & Sons, New York.
- Cepci. 2015. *Index.* www.chemengonline.com. Diakses 13 September 2018.
- Coulson. J. M. and Ricardson. J. F., 1983, *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon Press Inc, New York.

Coulson J.M., and J. F. Richardson. 2005. *Chemical Engineering 4th edition*.
Butterworth-Heinemann : Washington.

Data Sheet Amberjet 4200 Resin. 2018. *Dow Chemical*

Degremont. 1991. *Water Treatment Handbook. Sixth Edition*. Lavoisier. France.

Dye, Robert Fulton. 2001. *Ethylene Glycols Technology. KoreanJ. Chem. Eng.*,
18(5), 571-579. Sugar Land, USA.

Fogler, H. Scott. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering 4th edition*.
Prentice Hall International Inc. : United States of America.

Geankoplis. Christie. J., 1993, *Transport Processes and unit Operation 3th ed*,
Allyn & Bacon Inc, New Jersey.

Himmeblau. David., 1996, *Basic Principles and Calculation in Chemical
Engineering*, Prentice Hall Inc, New Jersey.

Hugot, E. 1986. *Handbook of Cane Sugar Engineering*. New York: Elsevier
Science Publishing Company INC.

Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Mcgraw-Hill Co.: New York.

Kirk, R.E and Othmer, D.F., 1990, “*Encyclopedia of Chemical Technology*”, 3rd.,
John Wiley and Sons Inc., New York.

Levenspiel. O., 1972, *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*, John Wiley
and Sons Inc, New York.

McCabe. W. L. and Smith. J. C., 1985, *Operasi Teknik Kimia*, Erlangga, Jakarta.

McKetta. John. J., 1984. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*.
Universitas Michigan, Michigan.

Megyesy. E. F., 1983, *Pressure Vessel Handbook*, Pressure Vessel Handbook
Publishing Inc, USA.

Metcalf and Eddy, 1991, *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*,
Mc Graw-Hill Book Company, New York.

Perry. R. H. and Green. D., 1997, *Perry's Chemical Engineer Handbook 7th^{ed}*,
Mc Graw-Hill Book Company, New York.

Perry, Robert H., and Don W. Green. 1999. *Perry's Chemical Engineers'
Handbook 7th edition*. McGraw Hill : New York.

Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers'
Handbook 8th edition*. McGraw Hill : New York.

Peter. M. S. and Timmerhause. K. D., 1991, *Plant Design an Economic for
Chemical Engineering 3^{ed}*, Mc Graww-Hill Book Company, New York.

Powell, S. T., 1954, "Water Conditioning for Industry", Mc Graw Hill Book
Company, New York.

PT. Polychem Indonesia Tbk., 2016. Laporan Tahunan 2016 *Annual Report*.
Jakarta.

Rase.1977.*Chemical Reactor Design for Process Plant, Vol. 1st, Principles and
Techniques*.John Wiley and Sons : New York

Rebsdatt, S., and Mayer D., 2011. *Ethylene Glycol. Ullmann's Encyclopedia Of Industrial Chemistry*.

Smith. J. M. and Van Ness. H. C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 3^{ed}*, McGraww-Hill Inc, New York.

Smith, J.M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6th edition*. McGraw Hill : New York.

Syamiazi, Fauzi D. N., Saifullah, dan Indaryanto, Forcep R., 2015. Kualitas Air di Waduk Nadra Kerenceng Kota Cilegon Provinsi Banten. Jurnal Akuatika Vol. VI, No. 2 (161-169). ISSN 0853-2532.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 1991. *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3th edition*. McGraww-Hill Book Company: New York.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 2002. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5th edition*. McGraw-Hill : New York.

Treyball. R. E., 1983, *Mass Transfer Operation 3^{ed}*, McGraw-Hill Book Company, New York.

Ulrich. G. D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.

United States Patent No. 4,400,559., “*Process For Preparing Ethylene Glycol*”.

United States Patent No. 6,156,942., “*Catalyst Stabilizing Additive In The Hydrolysis Of Alkylene Oxides*”.

Wallas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann : Washington.

Wallas. S. M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers, Stoneham USA.

Yaws, C. L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, Mc Graw Hill Book Co., New York

www.sigmaaldrich.com, Diakses pada 12 Desember 2020, 19.35 WIB

www.icis.com., Diakses pada Januari 2021

www.matches.com, Diakses pada 10 Agustus 2020, 08.30 WIB

www.pertamina.com, 5 September 2020

<https://maps.google.com/>, 18 September 2021

www.elearning.gunadarma.ac.id, 14 September 2020

<http://peta.bpn.go.id/>, 20 September 2020