

**PRA RANCANGAN PABRIK ETILEN GLIKOL DARI  
ETILEN OKSIDA DAN AIR KAPASITAS 100.000 TON/  
TAHUN**

**PRA RANCANGAN PABRIK**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



**Oleh:**

**Nama : Annisa Vikynurillah      Nama : Aziizah Nur Syaffira**  
**No. Mahasiswa : 20521130      No. Mahasiswa : 20521145**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2024**

# LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

## PRA RANCANGAN PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKIDAN DAN AIR KAPASITAS 100.000 TON/ TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Annisa Vikynurillah Nama : Aziizah Nur Syafira  
No. Mahasiswa : 20521130 No. Mahasiswa : 20521145

Yogyakarta, 2 April 2024

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra rancangan Pabrik ini adalah hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat digergunakan sebagaimana mestinya.

Tanda Tangan



Annisa Vikynurillah

Tanda Tangan



Aziizah Nur Syafira

# LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKIDAN  
DAN AIR KAPASITAS 100.000 TON/ TAHUN


PRA RANCANGAN PABRIK

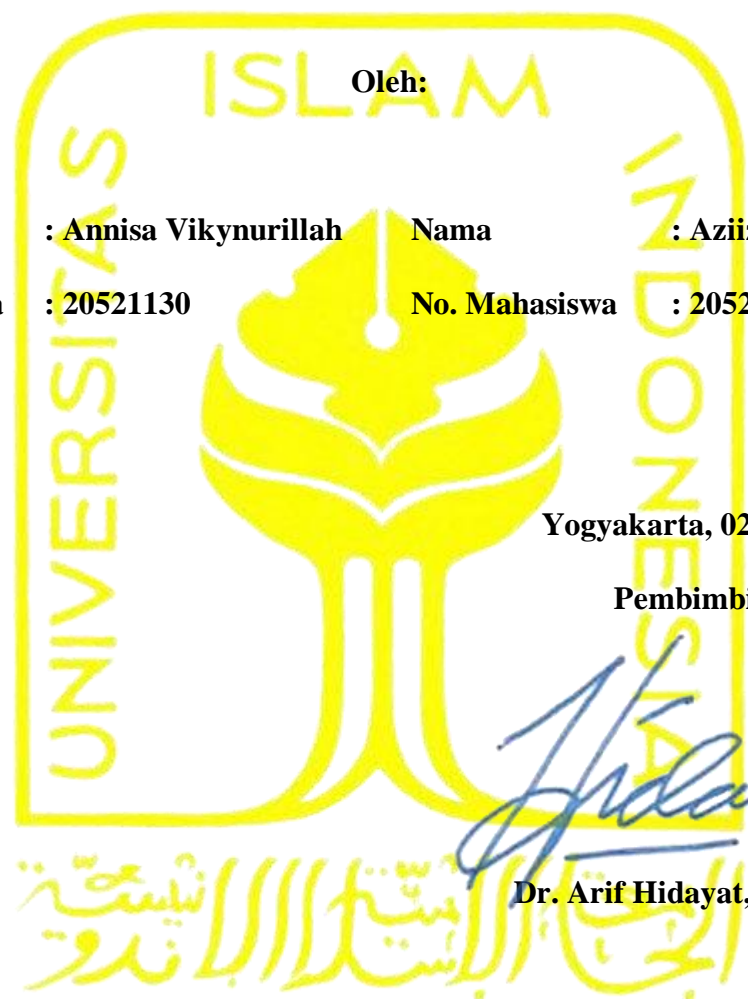
Oleh:

Nama	: Annisa Vikynurillah	Nama	: Aziizah Nur Syafira
No. Mahasiswa	: 20521130	No. Mahasiswa	: 20521145

Yogyakarta, 02 April 2024

Pembimbing

  
Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T



# LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKIDAN  
DAN AIR KAPASITAS 100.000 TON/ TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Annisa Vikynurillah Nama : Aziizah Nur Syaffira  
No. Mahasiswa : 20521130 No. Mahasiswa : 20521145

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Program Studi Teknik  
Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Tim Penguji,

Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T

Ketua Penguji

Dr. Tintin Mutiara, S.T., M.Eng.

Penguji I

Venitalitya Altehea Sari Agustia, S.T., M.Eng

Penguji II



1 Agustus 2024



2/8/24

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D

## **KATA PENGANTAR**

*Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Waabarakatuh*

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Etilen Glikol dari Etilen Oksida dan Air Kapasitas 100.000 Ton/Tahun” guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Adapun dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, kami dibantu oleh berbagai pihak yang turut andil dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala petunjuk dan pertolongan kepada hamba-Mu yang sedang menuntut ilmu ini beserta Rasul-Nya yang membawa kita ke zaman terang benderang.
2. Orang tua dan keluarga atas kasih sayang, perhatian, doa serta dukungan baik moril maupun material yang telah diberikan.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU, ASEAN.Eng, selaku dekan Fakultas Teknologi Industri yang telah memberikan kemudahan pelayanan administrasi.

4. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknologi, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang senantiasa meluangkan waktunya serta memberikan arahan terkait bimbingan selama penyusunan Laporan Tugas Akhir ini berlangsung.
6. Seluruh civitas akademika di lingkungan Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
7. Semua pihak yang telah membantu berjalannya proses penyusunan Laporan Tugas Akhir yang tidak bisa kami sebutkan satu per satu.

Kami menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk memperbaiki penulisan Laporan Tugas Akhir ini.

Besar harapan kami semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi kami pada khususnya.

*Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Yogyakarta, 02 April 2024

Penyusun

## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

*Alhamdulillahirabbil'alamin*

Sembah sujud serta syukur yang tiada henti saya panjatkan atas kemudahan yang telah Allah SWT berikan dalam keletihan dan kepenatan sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini dengan tepat waktu. Perjuangan saya hingga titik ini tidak luput dari orang-orang hebat yang saya temui sebagai penyemangat dalam menyelesaikan setiap permasalahan hingga mencapai titik akhir ini. Tiada lembar yang paling indah dalam laporan ini kecuali lembar persembahan yang saya persembahkan kepada orang-orang kusayangi yaitu :

1. Cinta pertama dan panutanku, Ayahanda Agus Sudyar Tanjung , SE., M.Ak. dan Pintu surgaku, Ibunda Rahmah Hasanah yang merupakan dua orang hebat yang sangat berjasa dalam kehidupanku. Tugas Akhir ini merupakan persembahan saya, sebagai ungkapan penghargaan yang tulus atas segala bimbingan dan doa-doa yang dipanjatkan untuk kelancaran kehidupan putri-mu ini. Terima kasih atas nasihat yang selalu diberikan meski terkadang pikiran kita tidak sejalan, terima kasih atas kesabaran dan kebesaran hati dalam menghadapi saya. Ayah dan Mama merupakan penguat dan pengingat paling hebat. Terima kasih karena sudah memberikan kenyamanan dan kehangatan sebagai tempatku pulang. Semoga ini menjadi langkah awal bagi saya untuk lebih maju kedepannya dalam mencapai cita-cita saya yaitu membahagiakan keluarga.

2. Adik saya , Akbar Raditya Wiratama Tanjung. Terima kasih atas semangat dan doa yang selalu diberikan kepada saya. Semoga kehidupanmu selalu diberi kelancaran dan tumbuhlah menjadi versi paling hebat!.
3. Kepada uma, yang selalu mengingatkan, mendukung, mendoakan, dan menyelamatkan semua pencapaian para cucunya saya ucapkan banyak terima kasih uma. Karena sudah menjadi nenek yang sangat dicintai dan disayangi, semoga uma selalu bisa melihat pencapaian kami semua.
4. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Terima kasih banyak atas segala bimbingan, dukungan, nasihat, dan motivasi yang telah Bapak berikan selama perjalanan ini. Terima kasih Bapak karena selalu siap membantu saya dalam menyusun Tugas Akhir ini, kepribadian bapak yang hangat dan penuh canda tawa dalam setiap pertemuan menjadi pengalaman yang tak terlupakan. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan keberkahan kepada Bapak dan keluarga, serta memberikan Kesehatan, kebahagiaan, dan rezeki yang melimpah.
5. Aziizah Nur Syafira, *A partner like you is gift*. Terima kasih udah ajak aku untuk berjuang bersama di perkuliahan ini mulai dari Kerja Praktik, Penelitian, Tugas Akhir dan menjadi teman di kala suka dan duka. Terima kasih karena udah sabar hadapin aku, menjadi teman yang sangat pengertian, dan untuk kebaikan yang kamu berikan. Terima kasih atas dedikasi kamu untuk tugas-tugas yang telah kita kerjakan. Terima kasih karena sudah mau berjuang dan saling menguatkan. Maafin aku apabila dalam kita bekerjasama ada kata dan perilaku aku yang nyakitin kamu. *Your presence makes every challenge*

*bearable and every joy meaningful.* Semoga kamu selalu diberkahi dalam perjalananmu kedepannya, doaku selalu menyertai-mu. Semoga ini bukan akhir dalam hubungan pertemanan kita dan bisa lanjut seterusnya. *Your unwavering support, understanding, and dedication make you the perfect in every way. I am grateful for you every day. Thank you for being my partner in everything.*

6. Insan Ulil Albab (Zahra, Tsabit, Fani, Arin, Garnis dan Aziizah) yang merupakan sahabat saya dari menjadi mahasiswa baru diperantauan hingga saat ini yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan *effort* dalam segala hal. Terima kasih karena sudah melibatkan aku dalam perjalanan hidup kalian. Terima kasih sudah menjadi tempat berbagi cerita, pengalaman, dan ada disetiap suka maupun duka. Dengan dipertemukan dengan kalian aku sangat bersyukur karena *i am finding the right circle of friends is like finding the missing piece of your puzzle, suddenly, everything fits perfectly. Together, we have faced challenges, celebrated victories, and built something truly special. I am so grateful to be part of you, guys!*
7. My Unyu-unyu Club: Dinda, Syafira, dan Trisha, Sahabatku dari SMP yang kalau ketemu setahun sekali tapi tetap klop kalo ketemu. Terima kasih banyak atas *support* dan doa kalian hingga aku bisa menyusul kalian untuk mendapatkan gelar ini. Terima kasih banyak tetap menjadi orang yang sama setiap kita bertemu, yang selalu menceritakan *life update* kalian, dan merencanakan pertemuan serta meluangkan waktu kalian yang dimana kita semua tau semuanya udah sibuk tapi masih memikirkan bagaimana cara kita

bisa kumpul bareng untuk *recharge energy!*. *"The greatest gift of life is friendship, and I have received it in abundance. Thank you for being my friend."*

8. Chairunnisa Sohib yang biasa ku panggil icha soeb, makasih banyak atas semangat, dukungan, doa, dan hiburan yang kamu berikan. Terima kasih karena sudah menjadi tempat berbagi cerita. Semoga kita bisa merealisasikan rencana jalan-jalan kita. Untuk noranisa makasih banyak untuk semangat dan hiburan yang kamu berikan. Terima kasih banyak karena sudah menjadi teman penghilang stress kalau aku lagi liburan. Teman yang mau diajak kemana pun untuk menggila dan meladeni obrolan yang topiknya tidak jelas. Untuk izonk (atul, sipak, silpi, adew, nabil, ade, brigi, nora, pia, dea) yang selalu memberi dukungan dan semangat.
9. Teman-teman seperjuangan di Teknik Kimia 2020 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terima kasih atas segala kenangan dan dukungan yang telah diberikan selama ini. Semoga kita semua bisa menjadi orang sukses dan mencapai apa yang kita impikan.
10. Dan terakhir, kepada diri saya sendiri. Annisa Vikynurillah. Terima kasih karena sudah bertahan sejauh ini, kamu hebat karena tidak putus asa dan tetap menjalankan ini sampai akhir. Mari berjuang untuk ketahanan selanjutnya karena ini bukanlah akhir perjalanan melainkan pembukaan untuk perjalanan baru yang akan kamu hadapi. Tetaplah menjadi icha yang kuat dan penuh keyakinan bahwa semua masalah pasti ada solusinya dan semua akan berakhir dengan Bahagia. Tidak ada pencapaian yang gampang semua dilalui melalui

usaha dan doa, dan ini merupakan salah satu bukti dari perjalanan itu. *I am proud of who I am becoming and grateful for all the challenges that have shaped me into a stronger person.* Selamat karena kamu sudah mendapatkan gelar S.T.

Annisa Vikynurillah

Teknik Kimia UII 2020

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah* rabbi 'aalamiin ucapan syukur tiada henti saya panjatkan atas kemudahan yang telah Allah SWT berikan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik ini dengan tepat waktu sebagai langkah terakhir dari perjuangan saya dalam menjalani masa kuliah serta sebagai langkah awal bagi saya untuk melangkah menuju dunia yang baru. Saya persembahkan tugas akhir ini kepada orang-orang yang sangat saya sayangi dan kasihi, yaitu:

1. Tugas akhir ini saya persembahkan sepenuhnya kepada dua orang hebat dan berharga dalam hidup saya, kepada Ibunda Upit Irfani dan Ayahanda Mujino, S.M., M.M yang telah memberikan dukungan penuh dalam segi mental dan materi, kasih sayang, serta ridho-nya yang tidak terhingga yang tidak dapat dibalaskan dengan apapun. Keduanya lah yang membuat saya yakin untuk mengambil Teknik Kimia dan dapat melupakan jurusan kesehatan yang menjadi impian saya sejak SMP, tanpa dukungan dan panjataan doa-doanya lah saya dapat berada di tahap dimana tugas akhir ini akhirnya selesai. Terima kasih atas segala pengorbanan, nasihat, dan doa yang tiada hentinya kalian berikan kepadaku. Semoga ini menjadi langkah awal untuk dapat membuat bunda dan ayah bahagia. Terima kasih bunda dan ayah, *“There are many, many things shinning in this world. But among them, you are the only one that’s precious to me” Imperfect Love – Seventeen.*
2. Adikku Mufiida Annaura sebagai tanda terima kasih. Terima kasih telah mendengarkan keluh kesah ku dan menyemangati ku dalam menyusun tugas akhir ini. Semoga doa dan segala hal baik yang diberikan berbalik ke adikku.

3. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Terima kasih bapak atas segala dukungan dan motivasi tiada henti selama perjalanan saya dalam menyusun tugas akhir ini. Bapak arif dengan kepribadian yang penuh humor, hangat, dan selalu ada untuk membantu saya dalam perjalanan ini. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kesehatan, kebahagiaan, dan kesuksesan yang berlimpah.
4. Annisa Vikynurillah, *Partner in every way* seperti Kerja Praktik, Penelitian, dan Tugas Akhir sekaligus teman disaat senang maupun susah. Terima kasih sudah menerima ajakanku saat itu sehingga bisa berada pada titik ini. Terima kasih banyak atas segala kesabaran dan kebaikannya yang telah engkau berikan. Terima kasih atas kerja sama, dedikasi, dan semangat yang luar biasa. *Thank you so much for being my turn up partner, venting partner, and everting in between, for being together until the end.* Sukses selalu di masa depan viky, semoga perjalanan kita tidak berhenti di sini. *“If you were to fall to the ground from here even if that is the first time we met, we should immediately recognize each other” Heaven’s Cloud – Seventeen.*
5. Insan Ulil Albab (Tsabita, Zahra, Garnis, Fani, Viky, dan Arin) terima kasih selalu *effort, support*, dan apresiasi yang luar biasa dalam setiap perjalanan hingga mendapatkan gelar ini. Terima kasih selalu ada disaat-saat senang maupun sedih. Terima kasih sudah menjadi tempatku berbagi cerita, harapan, dan impian. Terima kasih sudah menjadi teman yang hangat dan ceria sejak awal perkuliahan hingga saat ini, bagiku kalian bukan hanya teman melainkan keluarga. Terima kasih telah membuktikan bahwa teman kuliah tidak seburu

itu. Bahkan jika masa pertemanan ini sudah habis, percayalah aku kan mengingat nama kalian sebagai orang-orang yang telah menghiasi perjalanan panjangku semasa kuliah ini. Semoga Allah SWT selalu jaga pertemanan kita. *“When things are hard and you’re tired, I’ll shine on you. Smile brightly so we can be strength to each other” Campfire – Seventeen.*

6. Salsa dan Melvia, terima kasih atas dukungan dan apresiasinya yang telah diberikan hingga saat ini. Meskipun kita *long distance friendship*, terima kasih sudah menjadi *place to recharge* setiap pulang ke rumah. Terima kasih atas semuanya. Semoga Allah SWT selalu menjaga pertemanan kita. *“Even if the world revolves the other way, we won’t lose our way and we will walk it properly. Let’s go together” Together – Seventeen.*
7. Teman-teman seperjuangan di Teknik Kimia 2020 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terima kasih atas dukungan dan kenangan yang telah diberikan selama ini. Semoga kita semua dapat menjadi orang yang sukses dan teerapai segala impiannya.
8. Kepada seluruh anggota *Seventeen* dan *Bangtan*, terima kasih atas lagu dan konten-konten yang menemani dan dapat menaikkan *mood* saya disaat-saat sulit mengerjakan tugas akhir ini.
9. Dan terakhir, kepada diri sendiri. Aziizah Nur Syafira. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini disaat apa yang kamu jalankan bukan impian kamu saat itu. *“Life will always be filled with stressful moments. But you can always choose to see something positive through it all” Joshua Hong – Seventeen.* Terima kasih sudah memilih untuk selalu berusaha meskipun terkadang putus asa dan

lelah mencoba. Terima kasih sudah menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin, pencapaian ini patut di apresiasi untuk diri sendiri. Jangan pernah takut untuk mencoba hal baru dan bahagia selalu dimanapun dan kapanpun.  
*“No need to rush, you are doing fine, just stay as you are” My My – Seventeen.*

Aziizah Nur Syafira

Teknik Kimia UII 2020

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xxi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xxvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xxvii</b>
<b>DAFTAR LAMBANG/ NOTASI/ SINGKATAN .....</b>	<b>xxviii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xxxii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xxxii</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Penentuan Kapasitas Pabrik.....	2
1.2.1    Ketersediaan Bahan Baku .....	2
1.2.2    Kebutuhan Etilen Glikol di Indonesia.....	3

1.2.3	Kapasitas Pabrik Etilen Glikol di Indonesia .....	7
1.3	Tinjauan Pustaka .....	8
1.3.1	Etilen Oksida.....	8
1.3.2	Etilen Glikol.....	9
1.3.3	Proses Pembuatan Etilen Glikol.....	10
1.4	Tinjauan Kinetika dan Termodinamika .....	17
1.4.1	Tinjauan Kinetika.....	17
1.4.2	Tinjauan Termodinamika.....	19
<b>BAB II</b>	.....	<b>23</b>
<b>PERANCANGAN PRODUK</b>	.....	<b>23</b>
2.1	Spesifikasi Produk.....	23
2.1.1	Sifat Fisis dan Kimia Produk .....	23
2.1.2	Spesifikasi Produk Samping .....	24
2.2	Spesifikasi Bahan Baku.....	25
2.2.1	Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku .....	26
2.3	Pengendalian Kualitas.....	27
2.3.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku .....	28
2.3.2	Pengendalian Kualitas Produksi.....	28
2.3.3	Pengendalian Kualitas Produk .....	30
<b>BAB III</b>	.....	<b>31</b>

<b>PERANCANGAN PROSES .....</b>	<b>31</b>
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	31
3.2 Uraian Proses .....	33
3.3 Spesifikasi Alat .....	34
3.3.1 Spesifikasi Alat Perekasi.....	34
3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah.....	35
3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan .....	37
3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan .....	41
3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas.....	57
3.3.6 Spesifikasi Alat Pendukung .....	70
3.4 Neraca Massa .....	71
3.4.1 Neraca Massa <i>Overall</i> .....	71
3.4.2 Neraca Massa Masing-masing Alat .....	72
3.5 Neraca Panas.....	75
<b>BAB IV .....</b>	<b>82</b>
<b>PERANCANGAN PABRIK.....</b>	<b>82</b>
4.1 Lokasi Pabrik .....	82
4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout).....	85
4.3 Tata letak Mesin/Alat Proses (Machines Layout).....	88
4.4 Organisasi Perusahaan .....	90

4.4.1	Bentuk Perusahaan.....	90
4.4.2	Struktur Organisasi dan Deskripsi Tugas.....	94
4.4.3	Jumlah Karyawan dan Gaji.....	102
4.4.4	Jam Kerja Karyawan.....	107
4.4.5	Hak dan Fasilitas Karyawan.....	109
<b>BAB V.....</b>		<b>112</b>
<b>UTILITAS.....</b>		<b>112</b>
5.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air .....	113
5.2.1	Unit Penyediaan Air.....	113
5.2.2	Unit Pengolahan Air.....	119
5.1.3	Kebutuhan Air.....	123
5.2	Unit Pembangkit Steam.....	126
5.3	Unit Pembangkit Listrik.....	127
5.4	Unit Penyedia Udara Tekan .....	130
5.5	Unit Penyedia Bahan Bakar .....	131
5.6	Unit Pengolahan Limbah.....	131
5.7	Spesifikasi Alat Utilitas.....	133
<b>BAB VI .....</b>		<b>144</b>
<b>EVALUASI EKONOMI .....</b>		<b>144</b>
6.1	Penaksiran Harga Alat.....	145

6.2	Dasar Perhitungan.....	153
6.3	Komponen Biaya.....	153
6.3.1	Modal (Capital Investment).....	153
6.3.2	Biaya Produksi ( <i>Mnufacturing Cost</i> ).....	156
6.3.3	Pengeluaran Umum ( <i>General Expenses</i> ).....	158
6.4	Analisa Keuntungan.....	158
6.5	Analisa Kelayakan .....	159
6.5.1	<i>Return on Investment (ROI)</i> .....	159
6.5.2	<i>Pay Out Time (POT)</i> .....	160
6.5.3	<i>Break Event Point (BEP)</i> .....	161
6.5.4	<i>Shut Down Point (SDP)</i> .....	163
6.5.5	<i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)</i> .....	163
<b>BAB VII.....</b>		<b>166</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>166</b>
7.1	Kesimpulan .....	166
7.2	Saran.....	167
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>168</b>
<b>LAMPIRAN A.....</b>		<b>171</b>
<b>LAMPIRAN B .....</b>		<b>189</b>
<b>LAMPIRAN C .....</b>		<b>191</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kapasitas Pabrik Ethylene Oxide di ASEAN .....	3
Tabel 1.2 Data Impor Ethylene Glycol di Indonesia.....	4
Tabel 1.3 Data Ekspor Ethylene Glycol.....	4
Tabel 1.4 Data Konsumsi Bahan Baku Polyester .....	6
Tabel 1.5 Kapasitas Pabrik Ethylene Glycol Indonesia.....	8
Tabel 1.6 Data Perbandingan Proses Pembuatan Ethylene Glycol.....	16
Tabel 1.7 Harga $\Delta H^{\circ}f$ Masing-masing Komponen.....	20
Tabel 1.8 Harga $\Delta G^{\circ}f$ Masing-masing Komponen.....	21
Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor .....	34
Tabel 3.2 Spesifikasi Separator.....	35
Tabel 3.3 Spesifikasi Menara Distilasi.....	36
Tabel 3.4 Spesifikasi Tangki Penyimpanan-01.....	37
Tabel 3.5 Spesifikasi Tangki Penyimpanan-02.....	38
Tabel 3.6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan-03.....	40
Tabel 3.7 Spesifikasi Accumulator .....	41
Tabel 3.8 Spesifikasi Pompa-01.....	41
Tabel 3.9 Spesifikasi Pompa-02.....	42
Tabel 3.10 Spesifikasi Pompa-03.....	43
Tabel 3.11 Spesifikasi Pompa-04.....	44
Tabel 3.12 Spesifikasi Pompa-05.....	45
Tabel 3.13 Spesifikasi Pompa-06.....	46
Tabel 3.14 Spesifikasi Pompa-07.....	47

Tabel 3.15 Spesifikasi Pompa-08.....	48
Tabel 3.16 Spesifikasi Pompa-09.....	49
Tabel 3.17 Spesifikasi Pompa-10.....	50
Tabel 3.18 Spesifikasi Pompa-11.....	51
Tabel 3.19 Spesifikasi Pompa-12.....	52
Tabel 3.20 Spesifikasi Pompa-13.....	53
Tabel 3.21 Spesifikasi Pompa-14.....	54
Tabel 3.22 Spesifikasi Pompa-15.....	55
Tabel 3.23 Spesifikasi Pompa-16.....	56
Tabel 3.24 Spesifikasi Valve-01 .....	57
Tabel 3.25 Spesifikasi Condensor.....	57
Tabel 3.26 Spesifikasi Reboiler .....	59
Tabel 3.27 Spesifikasi Heater-01 .....	60
Tabel 3.28 Spesifikasi Heater-02.....	61
Tabel 3.29 Spesifikasi Heater-03.....	62
Tabel 3.30 Spesifikasi Cooler-01 .....	63
Tabel 3.31 Spesifikasi Heater-04.....	64
Tabel 3.32 Spesifikasi Cooler-02.....	65
Tabel 3.33 Spesifikasi Cooler-03.....	66
Tabel 3.34 Spesifikasi Cooler-04.....	67
Tabel 3.35 Spesifikasi Cooler-05.....	68
Tabel 3.36 Spesifikasi Cooler-06.....	69
Tabel 3.37 Spesifikasi Mixer .....	70

Tabel 3.38 Neraca Massa Total.....	71
Tabel 3.39 Neraca Massa Reaktor .....	72
Tabel 3.40 Neraca Massa Separator.....	73
Tabel 3.41 Neraca Massa Menara Distilasi.....	74
Tabel 3.42 Neraca Panas Mixer .....	75
Tabel 3.43 Neraca Panas Heater-01 .....	75
Tabel 3.44 Neraca Panas Heater-02.....	75
Tabel 3.45 Neraca Panas Heater-03.....	76
Tabel 3.46 Neraca Panas Reaktor .....	76
Tabel 3.47 Neraca Panas Cooler-01.....	77
Tabel 3.48 Neraca Panas Separator.....	77
Tabel 3.49 Neraca Panas Heater-04.....	78
Tabel 3.50 Neraca Panas Menara Distilasi .....	78
Tabel 3.51 Neraca Panas Cooler-02.....	79
Tabel 3.52 Neraca Panas Cooler-03.....	79
Tabel 3.53 Neraca Panas Cooler-04.....	80
Tabel 3.54 Neraca Panas Cooler-05.....	80
Tabel 3.55 Neraca Panas Cooler-06.....	81
Tabel 4.1 Tata Letak Pabrik.....	86
Tabel 4.2 Kelebihan Kekurangan PT.....	93
Tabel 4.3 Jumlah Karyawan.....	103
Tabel 4.4 Gaji Karyawan .....	104
Tabel 4.5 Pembagian Shift Karyawan.....	108

Tabel 4.6 Jadwal Kerja Setiap Kelompok.....	109
Tabel 5.1 Kualitas Air Proses.....	114
Tabel 5.2 Kualitas Air Pendingin.....	115
Tabel 5.3 Syarat Air Umpan Boiler .....	116
Tabel 5.4 Kebutuhan Air Pendingin.....	124
Tabel 5.5 Kebutuhan Steam .....	125
Tabel 5.6 Kebutuhan Domestik dan Kebutuhan Lainnya .....	126
Tabel 5.7 Total Kebutuhan Air .....	126
Tabel 5.8 Kebutuhan Listrik Alat Proses .....	127
Tabel 5.9 Kebutuhan Listrik Utilitas.....	128
Tabel 5.10 Total Kebutuhan Listrik.....	130
Tabel 5.11 Spesifikasi Pompa Utilitas .....	133
Tabel 5.12 Lanjutan Spesifikasi Pompa Utilitas .....	134
Tabel 5.13 Lanjutan Spesifikasi Pompa Utilitas .....	135
Tabel 5.14 Spesifikasi Bak Utilitas.....	136
Tabel 5.15 Spesifikasi Tangki Utilitas .....	137
Tabel 5.16 Lanjutan Spesifikasi Tangki Utilitas.....	138
Tabel 5.17 Lanjutan Spesifikasi Tangki Utilitas.....	139
Tabel 5.18 Spesifikasi Clarifier.....	140
Tabel 5.19 Spesifikasi Saringan Utilitas .....	140
Tabel 5.20 Spesifikasi Saringan Pasir Utilitas .....	141
Tabel 5.21 Spesifikasi Cooling Tower.....	141
Tabel 5.22 Spesifikasi Deaerator .....	142

Tabel 5.23 Spesifikasi Blower Cooling Tower.....	143
Tabel 6.1 Index Harga.....	145
Tabel 6.2 Cost Engeenering Plant.....	147
Tabel 6.3 Harga Alat Proses.....	148
Tabel 6.4 Harga Alat Utilitas .....	151
Tabel 6.5 Physical Plant Cost.....	154
Tabel 6.6 Direct Plant Cost.....	154
Tabel 6.7 Fixed Capital Investment .....	154
Tabel 6.8 Working Capital Investment .....	155
Tabel 6.9 Direct Manufacturing Cost.....	156
Tabel 6.10 Indirect Manufacturing Cost .....	157
Tabel 6.11 Fixed Manufacturing Cost .....	157
Tabel 6.12 Total Manufacturing Cost .....	157
Tabel 6.13 General Expenses.....	158
Tabel 6.14 Total Production Cost .....	158
Tabel 6.15 Annual Fixed Manufacturing Cost.....	161
Tabel 6.16 Annual Regulated Expenses.....	162
Tabel 6.17 Annual Variable Value.....	162
Tabel 6.18 Annual Sales Value.....	162

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Data Ekspor Etilen Glikol.....	5
Gambar 1.2 Struktur Kimia Etilen Oksida.....	9
Gambar 1.3 Struktur Kimia Etilen Glikol.....	10
Gambar 3.1 Diagram Kualitatif Pabrik Etilen Glikol .....	31
Gambar 3.2 Diagram Kuantitatif Etilen Glikol.....	32
Gambar 3.3 Arus di Sekitar Reaktor.....	72
Gambar 3.4 Arus di Sekitar Separator .....	73
Gambar 3.5 Arus di Sekitar Menara Distilasi .....	74
Gambar 4.1 Lokasi Pabrik Etilen Glikol.....	85
Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik .....	87
Gambar 4.3 Tata Letak Alat Unit Proses .....	90
Gambar 4.4 Struktur Organisasi Pabrik .....	95
Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas.....	113
Gambar 6.1 Grafik Evaluasi Ekonomi.....	165

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LAMPIRAN A Perancangan Reaktor .....</b>	<b>171</b>
<b>LAMPIRAN B <i>Process Engineering Flow Diagram (PEFD)</i>.....</b>	<b>189</b>
<b>LAMPIRAN C Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik .....</b>	<b>190</b>

## DAFTAR LAMBANG/ NOTASI/ SINGKATAN

T	: Temperature, °C
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
P	: Tekanan, atm
$\mu$	: Viskositas, cP
$\rho$	: Densitas, kg/m <sup>3</sup>
Qs	: Kebutuhan Steam, kg
Qc	: Kebutuhan Air Pendingin, kg
Ms	: Massa Steam, kg
A	: Luas Bidang Penampang, ft <sup>2</sup>
Vt	: Volume Tangki, m <sup>3</sup>
t	: Waktu, jam
m	: Massa, kg
v	: Laju alir, m <sup>3</sup> /jam
P	: <i>Power Motor</i> , HP
Sg	: <i>Specific Gravity</i>
X	: Konversi, %
Vs	: Volume <i>Shell</i> , m <sup>3</sup>
Vh	: Volume <i>Head</i> , m <sup>3</sup>
Vt	: Volume total, m <sup>3</sup>
ID	: <i>Inside Diameter</i> , in

- OD : *Outside Diameter*, in
- Re : Bilangan Reynold
- E : Efisiensi Pengelasan
- f : *Allowable Stress*, psia
- r : Jari-jari *Dish*, psia
- icr : Jari-jari Sudut Dalam, in
- ts : Tebal *Shell*, in
- th : Tebal *Head*, in
- DI : Diameter Pengaduk, m
- z : Panjang Reaktor, m
- Zi : Jarak Pengaduk dari Dasar Tangki, in
- L : Lebar Pengaduk, in
- N : Kecepatan Putaran, rpm
- UD : Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh, Btu/jam.ft<sup>2</sup> . °F
- UC : Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Pada Awal, Btu/jam.ft<sup>2</sup>
- Rd : Faktor Pengotor, Btu/jam.ft<sup>2</sup> °F
- η : Efisiensi
- Wf : *Total Head*, in

p : Panjang, m

l : Lebar, m

k : Konduktivitas termal, Btu/jam.ft<sup>2</sup> . °F

c : Panas Spesifik, Btu/lb. °F

JH : *Heat Transfer Factor*

hi : *Inside Film Coefficient*, Btu/jam.ft<sup>2</sup> . °F

ho : *Outside Film Coefficients*, Btu/jam.ft<sup>2</sup> . °F

LMTD : *Long mean temperature Different*, °F K

## ABSTRAK

Etilen Glikol merupakan salah satu bahan penunjang yang diperlukan dalam sektor industri kimia saat ini. Etilen Glikol akan diolah sebanyak 97,34% digunakan sebagai bahan baku di industri tekstil dan plastik terkhusus industri poliester dan 2,66% etilen glikol dapat digunakan sebagai bahan baku tambahan pembuatan cairan lem, solven, alkil resin, cat, tinta cetak dan bahan anti beku. Pabrik etilen glikol ini didirikan dengan kapasitas 100.000 ton/tahun berlokasi di Krakatau Industrial Estate Cilegon, Banten dengan luas lahan 2,3 hektar. Tenaga kerja yang dibutuhkan adalah sebanyak 136 orang. Proses produksi pada pabrik ini menggunakan bahan baku berupa etilen oksida dengan kapasitas sebesar 94.200 ton/tahun dan air sebesar 308.209,9 ton/tahun dengan perbandingan 1:8. Metode yang dipakai pada proses pembuatan etilen glikol ini adalah hidrasi non-katalitik. Proses reaksi pembentukan etilen glikol dilakukan pada fasa gas dalam *Plug Flow Reactor* pada suhu dan tekanan 210°C dan 17 atm pada kondisi adiabatik non-isothermal dengan reaksi bersifat eksotermis. Pada proses pembentukan reaksi ini terdapat produk samping yaitu DEG dan TEG. Selanjutnya, produk yang dihasilkan dipisahkan lebih lanjut pada separator untuk memisahkan produk dengan air, setelah itu dilanjutkan ke menara distilasi untuk pemisahan etilen glikol dengan produk samping yaitu DEG dan TEG. Kemudian etilen glikol didinginkan dan disimpan didalam tangki penyimpanan. Hasil produk Etilen Glikol yang diperoleh memiliki kemurnian 99,8%. Untuk menunjang proses produksi, kebutuhan air dalam proses maupun utilitas adalah sebesar 654.494,724 kg/jam yang dipenuhi dari air sungai. Di sisi lain, kapasitas listrik yang dibutuhkan adalah sebesar 1.432,918 kW yang dipenuhi dari PLN. Selain itu, digunakan generator sebagai cadangan listrik. Berdasarkan hasil dari evaluasi ekonomi menunjukkan bahwa *Percent Return of Investment (ROI)* sebelum pajak yaitu 34,81% dan setelah pajak yaitu 26,11 %, *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak yaitu 2,28 tahun dan setelah pajak 2,85 tahun. *Break Event Point (BEP)* yaitu 45,65 %, *Shut Down Point (SDP)* yaitu 28,47 %, dan *Discounted Cash Flow of Return (DCFR)* yaitu 9,38%. Berdasarkan hasil dari keseluruhan tinjauan yang dilakukan dimulai dari ketersediaan bahan baku, kondisi operasi proses dan hasil evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik Etilen glikol yang dirancang dengan kapasitas 100.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

Kata Kunci: Etilen Glikol, Etilen Oksida, Air, Suhu, Tekanan

## ABSTRACT

*Ethylene Glycol is one of the supporting materials needed in the chemical industry sector today. Ethylene Glycol will be processed as much as 97,34% used as raw material in the textile and plastic industry, especially the polyester industry and 2,66% ethylene glycol can be used as an additional raw material for making glue liquids, solvents, alkyl resins, paints, printing inks and anti-freeze materials. This ethylene glycol plant was established with a capacity of 100.000 tons/year located in Krakatau Industrial Estate Cilegon, Banten with a land area of 2,3 hectares. The required workforce is 136 people. The production process in this plant uses raw materials in the form of ethylene oxide with a capacity of 94.200 tons / year and water of 308.209,9 tons / year in a ratio of 1: 8. The method used in the process of making ethylene glycol is non-catalytic hydration. The reaction process of ethylene glycol formation is carried out in the gas phase in the Plug Flow Reactor at a temperature and pressure of 210 °C and 17 atm under non-isothermal adiabatic conditions with exothermic reactions. In the process of forming this reaction there are by-products namely DEG and TEG. Furthermore, the resulting product is further separated in the separator to separate the product with water, after which it is continued to the distillation tower for the separation of ethylene glycol with by-products namely DEG and TEG. Then ethylene glycol is cooled and stored in a storage tank. The Ethylene Glycol product obtained has a purity of 99.8%. To support the production process, the need for water in the process and utilities is 654.494,724 kg/hour which is met from river water. On the other hand, the required electricity capacity is 1.432,918 kW which is fulfilled from PLN. In addition, a generator is used as an electricity backup. Based on the results of the economic evaluation, the Percent Return of Investment (ROI) before tax is 34,81% and after tax is 26,11%, Pay Out Time (POT) before tax is 2,28 years and after tax is 2,85 years. Break Event Point (BEP) is 45,65%, Shut Down Point (SDP) is 28,47%, and Discounted Cash Flow of Return (DCFR) is 9,38%. Based on the results of the overall review carried out starting from the availability of raw materials, process operating conditions and economic evaluation results, it can be concluded that the designed Ethylene glycol plant with a capacity of 100.000 tons / year is feasible to establish.*

Keywords: *Ethylen Glycol, Ethylen Oxide, Water, Temperature, Pressure*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan berjalannya waktu, kebutuhan bahan kimia di Indonesia mengalami peningkatan sesuai dengan meningkatnya pertumbuhan disektor industri dan permintaan konsumen. Sebagian besar sektor industri biasanya memerlukan bahan kimia sebagai bahan pembantu dan penunjang proses pembuatannya. Salah satu bahan penunjang yang diperlukan dalam sektor industri kimia saat ini adalah Etilen Glikol (EG). Etilen Glikol akan diolah sebanyak 97,34% digunakan sebagai bahan baku di industri tekstil dan plastik terkhusus industri poliester dan 2,66% etilen glikol dapat digunakan sebagai bahan baku tambahan pembuatan cairan lem, solven, alkil resin, cat, tinta cetak dan pulpen, kosmetik dan bahan anti beku (McKetta, 1984)

Prediksi kebutuhan Etilen Glikol di Indonesia akan semakin meningkat dengan adanya peningkatan pemakaian di sektor industri sedangkan pabrik yang memproduksi Etilen Glikol di Indonesia masih minim, sehingga mengharuskan Indonesia harus mengimpor Etilen Glikol dari beberapa negara, seperti USA, China, Jepang, Saudi Arabia, dan German. Dengan adanya hal tersebut maka pendirian pabrik yang memproduksi Etilen Glikol dirasa perlu untuk dapat meminimalisir impor Etilen Glikol, dapat meningkatkan perekonomian di

Indonesia, dan dapat menambah lapangan pekerjaan serta dapat memenuhi kebutuhan baik dalam negeri serta pemasok ketubuhan Etilen Glikol di luar negeri terutama untuk wilayah ASEAN.

## **1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik**

Penentuan kapasitas produksi suatu pabrik dapat ditinjau dari segi ekonomi, teknis, finansial, dan perhitungan kapasitas pabrik melalui beberapa analisis. Analisis tersebut diantaranya kebutuhan produk, ketersediaan bahan produksi, dan meninjau dari kapasitas pabrik yang telah berdiri. Perhitungan kapasitas ditentukan dari adanya penawaran (*supply*) dan permintaan (*demand*), dimana *supply* merupakan jumlah impor dan produksi sedangkan *demand* merupakan jumlah ekspor dan konsumsi. Selanjutnya dilakukan prediksi kebutuhan dengan menentukan peluang, dimana peluang merupakan selisih antara *demand* dengan *supply*. Namun pada kasus penentuan kapasitas pabrik etilen glikol, tidak terdapat data konsumsi sehingga untuk data konsumsi diambil dari data bahan baku *polyester*. Dimana, bahan baku *polyester* ini adalah etilen glikol dengan persentase 97,34%. Data bahan baku *polyester* ini menggunakan data dari PT Indo-Rama *Synthetics*. Penentuan kapasitas perancangan pabrik etilen glikol sebagai berikut:

### **1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku**

Bahan baku pembuatan etilen glikol yaitu etilen oksida dan air. Hingga saat ini, pabrik dengan produksi etilen oksida yang ada di Indonesia ada dua yaitu PT Prima Ethycolindo dengan kapasitas 22.000 ton/tahun dan PT Polychem Indonesia

Tbk dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. Untuk pabrik ini akan bekerja sama dengan PT Polychem Indonesia.

Tabel 1.1 Kapasitas Pabrik Ethylene Oxide di ASEAN

<b>Nama Pabrik</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
PT Prima Ethycolindo	Indonesia	22.000
PT Polychem Indonesia Tbk	Indonesia	50.000
LOTTE Chemical Corporation	Korea	150.000
Indorama Venture Public Company Ltd	Bangkok, Thailand	1.300.000
<b>Jumlah</b>		<b>1.522.000</b>

### 1.2.2 Kebutuhan Etilen Glikol di Indonesia

Pabrik etilen glikol akan didirikan pada tahun 2028, sehingga kebutuhan etilen glikol di Indonesia diperoleh dari data Badan Pusat Statistik (BPS) pada rentang tahun 2018-2022. Berikut adalah data impor, ekspor, produksi, dan konsumsi etilen glikol.

Tabel 1.2 Data Impor Ethylene Glycol di Indonesia

<b>Tahun</b>	<b>Impor (Ton/Tahun)</b>
2018	422.027,982
2019	432.047,761
2020	371.882,158
2021	438.225,942
2022	449.208,174

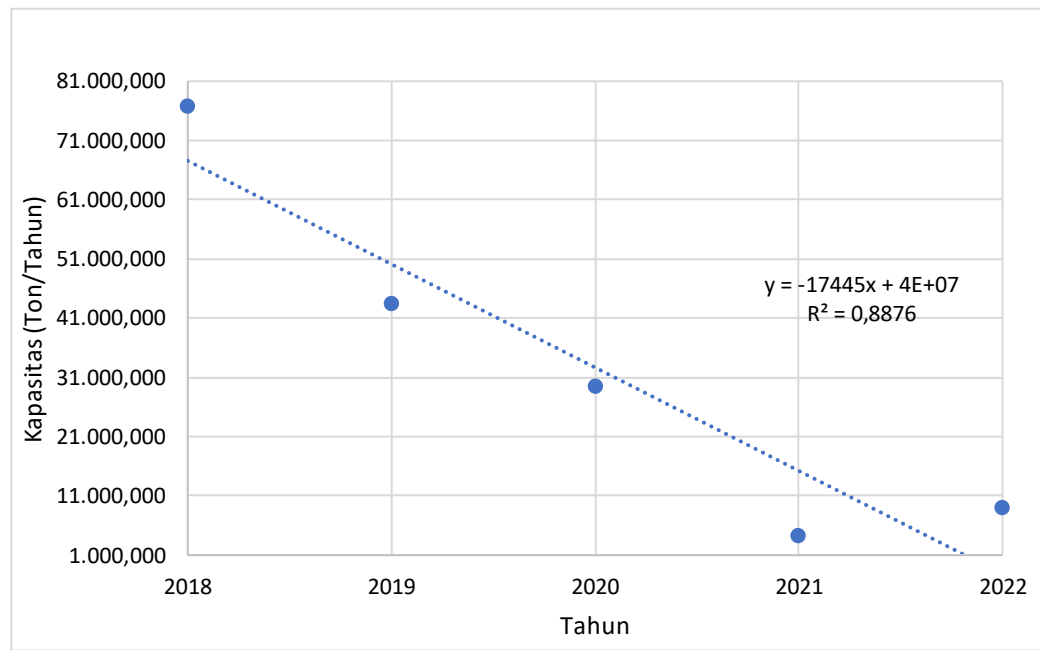
Sumber: Badan Pusat Statistik (bpd.go.id), 2023

Berdasarkan data impor dari tahun 2018-2022 menunjukkan peningkatan tahunan sebesar 2%. Sehingga diasumsikan bahwa pola peningkatan sebesar 2% per tahun terus berlanjut, kapasitas data impor pada tahun 2028 diproyeksikan sebesar 1.341.328 ton/tahun.

Tabel 1.3 Data Ekspor *Ethylene Glycol*

<b>Tahun</b>	<b>Ekspor (Ton/Tahun)</b>
2018	76.791,315
2019	43.468,473
2020	29.670,832
2021	4.354,722
2022	9.124,564

Data ekspor kemudian dilakukan regresi linier dengan grafik untuk mendapatkan nilai kenaikan ekspor etilen glikol di Indonesia.



Gambar 1.1 Grafik Data Ekspor Etilen Glikol

Dari gambar 1.2 didapatkan persamaan regresi yang digunakan untuk menentukan kebutuhan etilen glikol pada tahun 2028.

$$y = -17445x + 4E+07$$

Dimana:

$$x = \text{tahun}$$

$$y = \text{kebutuhan produk pada tahun ke-}x \text{ (ton/tahun)}$$

$$y = -17445x + 4E+07$$

$$y = -17445.(2028) + 4E+07$$

$$y = 4.621.540 \text{ ton/tahun}$$

Tabel 1.4 Data Konsumsi Bahan Baku Polyester

<b>Tahun</b>	<b>Konsumsi Bahan Baku (Juta USD / Tahun)</b>	<b>Konsumsi Bahan Baku (Ton / Tahun)</b>
2018	580	669.823,305
2019	494	823.333,333
2020	353	744.458,738
2021	519	784.378,920
2022	614	974.603,175

Sumber: PT Indo-Rama Synthetics Tbk, 2023

Berdasarkan data bahan baku polyester dari tahun 2018-2022 menunjukkan peningkatan tahunan sebesar 2%. Sehingga diasumsikan bahwa pola peningkatan sebesar 2% per tahun terus berlanjut, kapasitas data bahan baku polyester pada tahun 2028 diproyeksikan sebesar 1.097.561 ton/tahun. Kebutuhan etilen glikol untuk aplikasi bahan baku *polyester* adalah 97,34%, sehingga dari data konsumsi bahan baku *polyester* pada PT Indo-Rama Synthetic Tbk diperoleh data konsumsi etilen glikol pada tahun 2028 sebesar 1.068.366 ton/tahun.

Informasi diatas dapat digunakan untuk mengetahui jumlah kebutuhan etilen glikol sebagai perhitungan lanjutan dalam menentukan kapasitas pabrik yang akan didirikan.

Jumlah Kebutuhan = *demand* – *supply*

$$= (\text{ekspor} + \text{konsumsi}) - (\text{impor} + \text{produksi})$$

$$= (4.621.540 + 1.068.366) - (1.341.328 + 233.600)$$

$$= 4.582.177 \text{ ton/tahun}$$

Range kapasitas 60% per tahun

$$= 60\% \times 4.582.177 \text{ ton/tahun}$$

$$= 2.749.307 \text{ ton/tahun}$$

Pabrik yang akan didirikan tentunya perlu pertimbangan ketersediaan bahan baku yang melimpah supaya *supply* bahan baku *sustainable*. Produsen Etilen Oksida di Indonesia adalah PT Polychem Indonesia dengan kapasitas produksi sebesar 50.000 ton/tahun dan PT Prima Ethycolindo sebesar 22.000 ton/tahun.

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan dengan mempertimbangkan hasil penghitungan perkiraan impor Etilen Glikol pada tahun 2028, maka akan diperoleh kapasitas produksi Etilen Glikol yang direncanakan adalah 100.000 ton/tahun.

### **1.2.3 Kapasitas Pabrik Etilen Glikol di Indonesia**

Penentuan kapasitas pabrik etilen glikol juga dipertimbangkan berdasarkan kapasitas etilen glikol yang telah berjalan. Daftar pabrik etilen glikol di Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.5.

Tabel 1.5 Kapasitas Pabrik Ethylene Glycol Indonesia

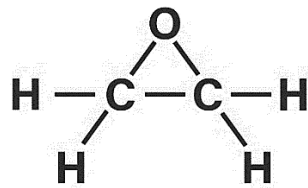
Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
PT Polychem Indonesia	233.600

Berdasarkan beberapa pertimbangan dari data diatas, direncanakan pada tahun 2028 akan dibangun pabrik etilen glikol dengan kapasitas 100.000 ton/tahun. Hal tersebut didasari alasan karena proyeksi kebutuhan etilen glikol pada tahun 2028 yaitu 152.893,384 ton/tahun. Sehingga pabrik etilen glikol dengan kapasitas 100.000 ton/tahun ini layak dan menguntungkan untuk didirikan.

### 1.3 Tinjauan Pustaka

#### 1.3.1 Etilen Oksida

Etilen Oksida (2-kloroetanol) dengan rumus molekul  $C_2H_4O$  merupakan senyawa basa dan bersifat isomer dengan asetaldehida dan *vinil alkohol*. Etilen Glikol pertama kali ditemukan oleh ahli kimia asal perancis bernama Charles-Adolphe Wurtz pada tahun 1859. Pada perang dunia I etilen glikol pertama kali digunakan untuk senjata kimia gas beracun (*mustard gas*). Etilen oksida merupakan gas yang tidak berwarna, sangat mudah terbakar, karsinogenik, dan berbau agak manis. Dalam kehidupan sehari-hari, etilen oksida diproduksi sebagai detergen, pengental, plastik dan pelarut, serta sebagai bahan kimia organik seperti etilen glikol, etanolamina, glikol sederhana, dan senyawa lainnya. (Rebsdats, 2005)

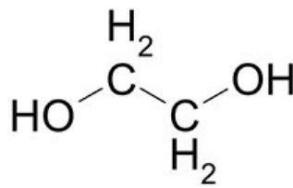


Gambar 1.2 Struktur Kimia Etilen Oksida

### 1.3.2 Etilen Glikol

Etilen Glikol (1,2-ethenediol) dengan rumus molekul  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$  yang biasanya disebut dengan glikol merupakan senyawa diol atau senyawa kimia yang mengandung dua gugus fungsional hidroksil (gugus-OH). Etilen Glikol pertama kali ditemukan oleh ahli kimia asal perancis bernama Charles-Adolphe Wurtz pada tahun 1859 dengan perlakuan (reaksi) dari 1,2 *dibromoetan* dengan perak asetat yang menghasilkan etilen glikol diasetat yang kemudian dilanjutkan dengan menggunakan proses hidrolisis agar dapat menjadi etilen glikol. (Kirk dan Othmer, 1985)

Etilen glikol yang diketahui sekarang diproduksi melalui hidrasi etilen oksida yang akan menghasilkan produk samping, seperti Dietilen Glikol, Trietilen Glikol, dan Glikol. Pada perang dunia I etilen glikol disintesis dari etilen klorida dan pertama kali digunakan untuk membuat bahan peledak (etilen glikol dinitrate). Dikehidupan sehari-hari, etilen glikol biasanya digunakan sebagai bahan baku di industri tekstil dan plastik terkhusus industri poliester bisa dengan cara mengubahnya menjadi serat yang kemudian dipintal menjadi benang *filament*. Selain itu etilen glikol dapat digunakan sebagai bahan baku tambahan pembuatan cairan lem, solven, alkil resin, cat, tinta cetak dan pulpen, kosmetik dan bahan anti beku. (McKetta, 1984)



Gambar 1.3 Struktur Kimia Etilen Glikol

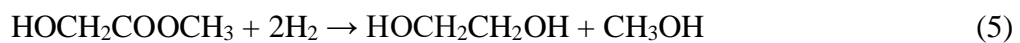
### 1.3.3 Proses Pembuatan Etilen Glikol

Pada akhir tahun 1981 ahli kimia asal perancis bernama Charles-Adolphe Wurtz memperkenalkan dan mengkomersialkan etilen glikol yang pertama kali dibuat dengan menghidrolisis etilen oksida dan air. Pada tahun 1938 sampai 1968, proses pembuatan etilen glikol dilakukan dengan reaksi formaldehid karbon monoksida yang digunakan oleh Du Pont. Kemudian pada tahun 1968 sampai 1981 etilen oksida pertama kali digunakan sebagai dasar proses pembuatan etilen glikol. Seiring berjalannya waktu, proses pembuatan etilen glikol terus mengalami perkembangan dan hingga saat ini terdapat 6 proses pembuatannya. (Mc. Ketta, 1984)

#### a. Proses Formaldelhid Du Pont

Pada proses ini etilen glikol akan di buat dengan cara mereaksikannya dengan karbonmonoksida dan air pada suhu 200°C dengan tekanan 700 atm agar dapat menghasilkan asam glikolat dengan yield teoritis 90-95% yang kemudian diesterifikasi dengan metanol atau n-propanol dan didapatkan alkil glikolat lalu dihidrogenasi pada fase uap pada suhu 200°C dengan tekanan 30 atm menggunakan katalis kromat hingga menghasilkan etilen glikol dan alkohol. Alkohol akan di-*recycle* ke proses esterifikasi. Pada reaksi hidrogenasi menggunakan fase padat menggunakan katalis *magnesia-copper oxide* dengan tekanan hingga 40 atm,

sedangkan pada fase cair dengan tekanan hingga 400 atm agar mendapatkan konversi keseluruhan produk minimal 75%. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



(Krik-Othmer, 1994)

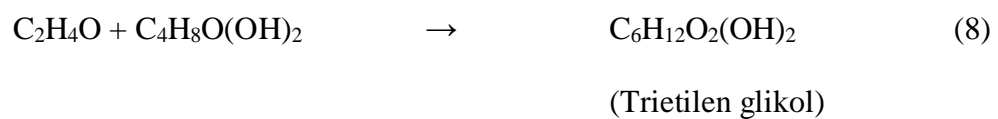
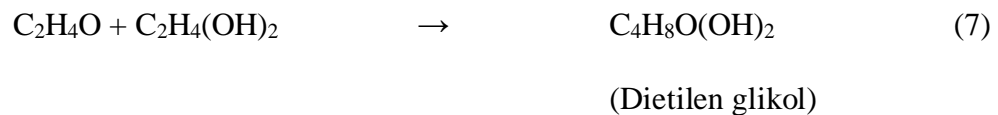
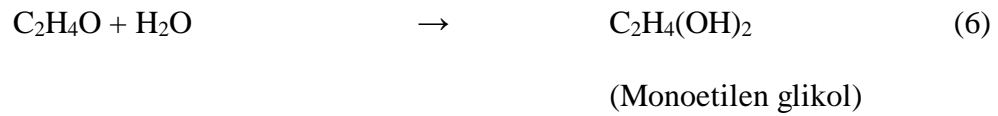
#### b. Proses Hidrasi Etilen Oksida

Proses hidrasi etilen oksida merupakan proses yang sering digunakan, proses ini memiliki empat cara untuk memproduksi etilen glikol yaitu:

##### 1. Proses Hidrasi Non Katalitik

Pada proses hidrasi ini, etilen oksida yang ditambahkan dengan air akan menghasilkan monoetilen glikol dengan produk samping berupa dietilen glikol dan trietilen glikol. Proses ini terjadi pada fase cair dengan suhu yang diatur sedemikian agar dapat mempertahankan etilen oksida dalam kondisi cair. Di tahapan awal, etilen oksida yang murni atau dengan campuran air dicampurkan dalam jumlah yang berlebih (*excess*) untuk dapat mencapai selektivitas monoetilen glikol yang tinggi, kemudian campuran glikol yang bebas dengan air difraksinasi dalam kolom distilasi pada suhu 200°C untuk menghasilkan produk utama monoetilen glikol dengan hasil samping berupa dietilen glikol dan trietilen glikol. *Yield* yang dihasilkan pada proses ini sebanyak 90% monoetilen glikol dan

10% dietilen glikol dan trietilen glikol serta kemurnian etilen glikol sebanyak 99,8%. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:

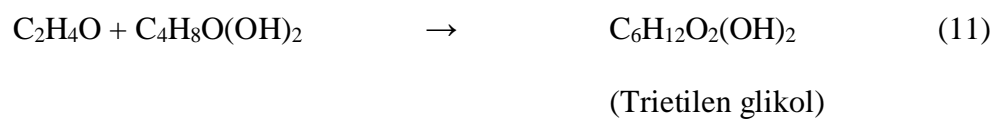
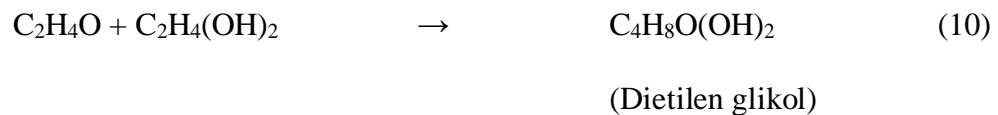
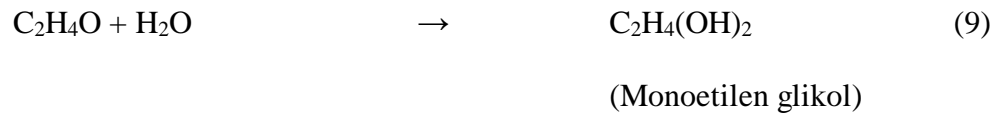


(Ulmann, 2003)

## 2. Proses Hidrasi Katalitik Fase Cair

Proses pembuatan monoetilen glikol akan menggunakan reaktor adiabatik katalitik untuk mereaksikan air dan etilen oksida. Etilen oksida yang murni atau dengan campuran air dan etilen oksida dalam fase cair-cair akan dicampur dengan air dalam jumlah yang berlebih (*excess*), kemudian diatur kondisinya hingga mencapai kondisi operasi dalam reaktor katalitik yang ideal. Proses ini dapat menggunakan katalis berupa katalis basa atau asam. Jika menggunakan katalis basa akan menghasilkan glikol dengan derajat tinggi yang meningkat atau lebih tinggi dibandingkan menggunakan katalis asam dengan efektifitas katalis basa dan asam sekitar 1:100 pada konsentrasi yang sama. Penggunaan katalis asam akan menghasilkan *yield* etilen glikol sebesar 80% dengan konversi 94,5%. Pada proses ini penggunaan katalis diperlukan untuk memperbesar selektivitas terhadap monoetilen glikol dan untuk mengurangi jumlah reaktan air berlebih sehingga

dapat mengurangi kebutuhan energi selama proses pemisahan antara monoetilen glikol dengan air yang bereaksi. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



(Ulmann, 2003)

### 3. Proses Hidrasi Katalitik Fase Uap

Pada proses hidrasi ini memerlukan katalis berupa silver oksida dan alumunium, pemisahan etilen glikol dari homolog akan lebih sulit dilakukan karena katalis akan ikut terbawa pada proses selanjutnya. Proses ini dilakukan pada fase uap dari etilen glikol dengan suhu dan tekanan yang lebih rendah dari proses hidrasi non katalitik, dengan *yield* yang dihasilkan sebanyak 80% dan konversi 20% (Mc. Ketta, 1984).

### 4. Proses Hidrasi Oksida melalui Etilen Karbonat

Pada proses hidrasi ini berlangsung pada fase cair dengan bantuan katalis dan dilakukan dengan perantara yaitu etilen karbonat. Etilen oksida akan direaksikan dengan karbondioksida untuk membentuk etilen karbonat yang kemudian direaksikan dengan air untuk menghasilkan etilen glikol. Suhu operasi yang digunakan adalah 90-200°C dengan teakan 3-7 atm (Mc. Ketta, 1984). Proses ini akan membentuk dietilen glikol dan trietilen glikol dalam jumlah yang lebih

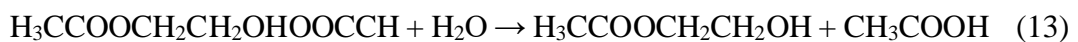
sedikit sehingga air berlebih yang diperlukan lebih sedikit. *Yield* yang akan dihasilkan dalam proses ini sebesar 62,3% dan konversi 99%. (US Patent Mitsubishi Chemical, 1998)

### c. Proses Asetoksilisa Halcon

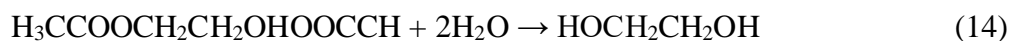
Proses ini merupakan proses yang menggunakan etilen dalam larutan asam asetat dengan bantuan katalis *tellurium* dan senyawa *bromide* yang kemudian akan membentuk monoasetat dan menjadi trietilen glikol. Proses ini akan menghemat sebanyak 50% bahan baku dengan *grade* produk yang dihasilkan sebesar 90%. Pada tahapan awal yaitu pembentukan diasetat, reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Proses ini berlangsung pada kondisi operasi 90-200°C dengan tekanan 20-30 atm. Saat pencampuran tersebut akan terbentuk monoasetat dikarekan terjadi pada proses hidrolisa dari diasetat kemudian didapatkan monoasetat dan glikol yang akan dioksidasi kembali reaksi yang terjadi sebagai berikut:

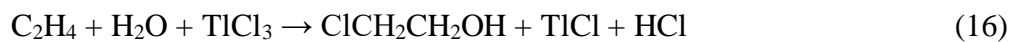


Pada tahapan selanjutnya, diasetat atau glikol asetat akan dihidrolisa menjadi etilen glikol dan asam asetat, reaksi yang terjadi sebagai berikut:



### d. Proses Oksiklorinasi Teijin

Proses ini menggunakan cara merekasikan garam talium  $TiCl_3$  didalam air dan asam klorida atau *bromide* dengan bantuan katalis Teijin yang akan menghasilkan khlorohidrin yang kemudian dihidrolisa untuk mendapatkan etilen glikol. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Garam kalium yang terbentuk akan diregenerasi dengan oksigen dan tembaga (II) klor ( $CuCl_2$ ) dan akan menghasilkan  $TiCl_3$ . *Yield* yang akan dihasilkan mencapai sekitar 75%. (Mc. Ketta, 1984)

#### e. Proses Union Carbide Syngas

Pada proses ini menggunakan bahan baku berupa gas sintesa CO dan formaldehid dengan *solvent* berupa katalis rhodium dan tetrahidofuran yang beroperasi pada suhu 190-230°C dengan tekanan 3400 atm. Proses ini mulai dikembangkan pada awal tahun 1980-an. (Mc. Ketta, 1984)

#### f. Proses Unioin Carbid Ube Syngas

Pada tahun 1981, Unioin Carbide dan Industri Ube berkerjasama menciptakan proses baru dengan bahan baku *syngas* ( $CO + H_2$ ) yang merupakan bentuk dari oksilat, berlangsung pada kondisi operasi suhu yang rendah yang selanjutnya harus dimurnikan agar dapat menghasilkan etilen glikol. (Mc. Ketta, 1984)

Dalam mendirikan pabrik ini perlu menentukan proses mana yang akan digunakan, maka diadakannya perbandingan dari beberapa proses yang terjadi diatas. Berikut data perbandingan proses pembuatan etilen glikol:

Tabel 1.6 Data Perbandingan Proses Pembuatan *Ethylene Glycol*

No	Jenis Proses		Parameter				
			Suhu (°C)	Tekanan (atm)	Yield (%)	Konversi (%)	Biaya
1	Proses Du Pont	Formaldelhid	200	700	75	Kecil	Mahal
2	Proses Hidrasi Etilen Oksida	Non Katalitik	190-200	14-22	99,5	99,8	Murah
		Katalitik Fase Cair	50-102	17	-	-	-
		Katalitik Fase Uap	-	-	-	-	-
		Oksida melalui Etilen Karbonat	90-200	3-97	-	75	Mahal
3	Proses Halcon	Asetoksilisa	90-200	20-30	75	-	Murah
4	Proses Teijin	Oksiklorinasi	-	-	90	75	-
5	Proses Syngas	Union Carbide	190-230	3400	-	-	Mahal
6	Proses Ube Syngas	Unioin Carbid	Rendah	Rendah	98,7	92,61	-

Berdasarkan perbandingan proses diatas, maka dalam pendirian Pabrik Etilen Glikol dari Etilen Oksida dan Air dilakukan dengan proses Hidrasi Non Katalitik menggunakan Reaktor *Plug Flow* dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Kemurnian yang didapatkan bisa mencapai 99,8 %.

2. Selektivitas yang dihasilkan cukup tinggi.
3. Reaktor *plug flow* mempunyai efisiensi dan menghasilkan konversi yang lebih tinggi dari pada reaktor alir tangki berpengaduk pada volume yang sama.
4. Kondisi operasi yang mudah dikondisikan karena dilakukan pada kondisi yang tidak terlalu ekstrim.

## 1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika

### 1.4.1 Tinjauan Kinetika

Berdasarkan jurnal hasil penelitian (Jaap W, 2007), dimana nilai k dapat dihitung menggunakan persamaan orde 1 dengan cara membuat berlebih pada salah satu pereaktan.

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B \quad (18)$$

Sehingga persamaan laju reaksinya adalah:

$$-r_A = k' \cdot C_A \quad (19)$$

Dimana,

$-r_A$  = Kecepatan reaksi Etilen Okisda, (mol/m<sup>3</sup>.jam)

K = Konstanta Kecepatan Reaksi, (1/jam)

$C_A$  = Konsentrasi Etilen Oksida, (mol/m<sup>3</sup>)

$C_B$  = Konsentrasi Air, (mol/m<sup>3</sup>)

A = Faktor frekuensi reaksi, (mol.g.kpa.jam)

E = Energi aktivasi reaksi, (kJ/mol)

R = Konstanta gas : 8,314 J/(mol.K)

T = Suhu reaksi, (K)

Persamaan yang digunakan untuk reaksi orde 1 adalah sebagai berikut:

$$\frac{dCA}{dt} = k' \cdot CA \quad (20)$$

Untuk kondisi  $C_A = C_{A0} \cdot (1 - X_A)$  pada kondisi  $t = 0$ , maka didapatkan:

$$\frac{dCA}{CA} = k' \cdot dt \quad (21)$$

$$\frac{d[CA_0 (1 - X_A)]}{CA_0 (1 - X_A)} = k' \cdot dt \quad (22)$$

$$-CA_0 \frac{dX_A}{CA_0(1 - X_A)} = k' \cdot dt \quad (23)$$

Diintegrasikan menjadi:

$$k' \int_0^t dt = - \int_{X_{A0}}^{X_A} \frac{dX_A}{1 - X_A} \quad (24)$$

$$A = - \int_0^{0,83} \frac{1}{(1 - X_A)} dx = -\ln(|1 - X_A|) + C = 1,772 \quad (25)$$

$$B = \int_0^1 dx = 1 \quad (26)$$

Sehingga,

$$k' = \frac{A}{B} = \frac{1,772}{1} = 1,772$$

Sehingga diperoleh konstanta laju reaksi (k) sebesar 1,772 1/jam

#### 1.4.2 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditunjukkan untuk mengetahui sifat reaksi (eksotermis atau endotermis), mengetahui reaksi berlangsung secara spontan atau tidak spontan dan mengetahui arah reaksi (*reversible* atau *irreversible*). Reaksi pembuatan etilen glikol dari etilen oksida dan air pada suhu 25°C (298 K) dan tekanan 1 atm. Reaksi :



Penentuan sifat reaksi (eksotermis atau endotermis) dapat ditentukan dengan perhitungan panas pembentukan standar ( $\Delta H^\circ_f$ ) dengan harga  $\Delta H^\circ_f$  masing masing komponen pada suhu 25°C (298 K) dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1.7 Harga  $\Delta H^\circ f$  Masing-masing Komponen

Komponen	$\Delta H^\circ f$ (kJ/mol)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-52,630
H <sub>2</sub> O	-241,800
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	-389,320

$$\begin{aligned}
 \Delta^\circ H_{R(298K)} &= \Sigma \Delta H^\circ_{f(\text{produk})} - \Sigma \Delta H^\circ_{f(\text{reaktan})} \\
 &= \Delta H^\circ_{f(\text{produk})} - \Delta H^\circ_{f(\text{reaktan})} \\
 &= \Delta H^\circ_{f(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)} - (\Delta H^\circ_{f(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)} + \Delta H^\circ_{f(\text{H}_2\text{O})}) \\
 &= -389,32 - ((-52,63) + (-241,80)) \\
 &= -94,89 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai negatif (-) dimana hasil tersebut menunjukkan bahwa reaksi tersebut merupakan reaksi eksotermis (mengeluarkan panas) sehingga memerlukan pendingin reaktor.

Untuk mengetahui reaksi tersebut berlangsung secara spontan atau tidak, dapat ditentukan dengan menghitung energi bebas gibbs  $\Delta G^\circ f$  dengan nilai masing-masing sebagai berikut:

Tabel 1.8 Harga  $\Delta G^\circ_f$  Masing-masing Komponen

Komponen	$\Delta G^\circ_f$ (kJ/mol)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-13,100
H <sub>2</sub> O	-228,600
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	-304,470

$$\begin{aligned}
 \Delta^\circ G_{f(298K)} &= \Sigma \Delta G^\circ_{f(\text{produk})} - \Sigma \Delta G^\circ_{f(\text{reaktan})} \\
 &= \Delta G^\circ_{f(\text{produk})} - \Delta G^\circ_{f(\text{reaktan})} \\
 &= \Delta G^\circ_{f(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)} - (\Delta G^\circ_{f(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)} + \Delta G^\circ_{f(\text{H}_2\text{O})}) \\
 &= -304,47 - ((-228,6) + (-13,1)) \\
 &= -62,77 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai negatif (-) yang menunjukkan reaksi tersebut berlangsung spontan

$$\Delta^\circ G_f = -R \cdot T \cdot \ln K$$

$$\ln K_{(298)} = \frac{\Delta^\circ G_f}{-R \cdot T}$$

$$\ln K_{(298)} = \frac{-62,77 \text{ kJ/mol}}{-\left(\frac{8,314}{1000}\right) \text{ kJ/mol} \times 298K}$$

$$K_{(298)} = \exp(25,335)$$

$$K_{(298)} = 1,006 \times 10^{11}$$

Untuk mengetahui arah reaksi (*reversible* atau *irreversible*) dapat ditentukan dengan cara menghitung konstanta kesetimbangan pada suhu operasi 207°C (480 K) menggunakan persamaan dari Van Hoff sebagai berikut:

$$\ln\left(\frac{K}{K_{298}}\right) = -\frac{\Delta H_{298K}}{R} \times \left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T}\right)$$

$$\ln\left(\frac{K}{1,006 \times 10^{11}}\right) = -\frac{-94,89 \text{ kJ/mol}}{8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol.K}} \times \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{480}\right)$$

$$\left(\frac{K}{1,006 \times 10^{11}}\right) = \exp(14,522)$$

$$\left(\frac{K}{1,006 \times 10^{11}}\right) = 2,02686 \times 10^6$$

$$K = 2,03902 \times 10^{17}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh konstanta kesetimbangan sebesar  $2,03902 \times 10^{17}$ . Dimana dapat dikatakan bahwa reaksi dari pembuatan etilen glikol berlangsung secara *irreversible* (searah) karena konstanta yang dihasilkan lebih besar dari 1 ( $K > 1$ ).

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai target pada perancangan ini, maka mekanisme pembuatan Etilen Glikol dirancang berdasarkan variable utama yaitu: spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku dan pengendalian kualitas.

#### 2.1 Spesifikasi Produk

Etilen Glikol memiliki 99,80% etilen glikol dan 0,02 berupa impuritas.

##### 2.1.1 Sifat Fisis dan Kimia Produk

###### a. Etilen Glikol

Wujud	: Cair
Kenampakan	: Jernih, tak berwarna
Rumus Molekul	: HOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> )
Kemurnian	: 99,8%
Tekanan Operasi	: 1,5 atm
Suhu	: 30°C
Berat Molekul	: 62
Titik Didih	: 197°C
Titik Beku	: -13°C
<i>Density</i>	: 1,11336 gr/mL
<i>Temperature</i> Kritis	: 645,2°C

Tekanan Kritis	: 74,295 atm
<i>Density</i> Kritis	: 0,333 gr/mL
Panas Penguapan, 760 mmHg	: 202 kkal/mol
Panas Pembakaran	: -283,1 kkal/mol
Panas Pembentukan	: -108,1 kkal/mol
Tegangan Permukaan, 20°C	: 48,8 dyne/cm
Viskositas, 20°C	: 19,83 cP

### 2.1.2 Spesifikasi Produk Samping

#### a. Dietilen Glikol

Wujud	: Cair
Kenampakan	: Jernih, tak berwarna
Rumus Molekul	: HO(CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> O
Berat Molekul	: 106
Titik Didih	: 244,8°C
Titik Beku	: -6,5°C
<i>Flash Point</i>	: 280°C
<i>Temperature</i> Kritis	: 681,04°C
Tekanan Kritis	: 45,45 atm
<i>Density</i> Kritis	: 0,330 gr/mL
<i>Density</i> , 20°C	: 1,116 gr/mL
Panas Penguapan	: 129 kkal/kg (760 mmHg)
Viskositas, 20°C	: 36 cP

**b. Trietilen Glikol**

Wujud	: Cair
Kenampakan	: Jernih, tak berwarna
Rumus Molekul	: $\text{HO}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_3\text{H}$
Berat Molekul	: 150
Titik Didih	: 285,5°C
Titik Beku	: - 4,3°C
<i>Flash Point</i>	: 342°C
<i>Temperature Kritis</i>	: 712,32°C
Tekanan Kritis	: 32,727 atm
<i>Density Kritis</i>	: 0,337 gr/mL
<i>Density, 20°C</i>	: 1,123gr/mL
Panas Penguapan	: 97 kkal/kg (760 mmHg)
Panas Pembakaran	: 23,68 MJ/kg
Viskositas, 20°C	: 49 cP

**2.2 Spesifikasi Bahan Baku**

Etilen oksida dibuat dengan etilen dan udara, dimana komposisi etilen 99,95% dan untuk komposisi udara yaitu 21% oksigen dan 79% nitrogen. Sedangkan dalam pembuatan produk utama yaitu Etilen Glikol adalah Etilen Oksida dan Air.

### 2.2.1 Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku

#### a. Etilen Oksida

Sifat Fisis

Rumus molekul	: $C_2H_4O$
Wujud	: Gas
Berat molekul	: 44,054
Densitas	: 899 kg/m <sup>3</sup> cairan
Titik didih	: 10,3°C
Titik leleh	: -112,2°C
Temperature kritis	: 469 K
Tekanan kritis	: 71,9 bar
Kapasitas Panas (Cp)	: $-7,519 T + 22,224 \times 10^{-2} T^2 + (-1,256 \times 10^{-4} T^3) + 25,916 \times 10^{-9} T^4$ (J/mol.K)

Sifat kimia dari etilen oksida adalah senyawa yang reaktif. Biasanya reaksi dimulai dari terbakarnya struktur cincin dan umumnya bersifat eksotermis. Suatu ledakan dapat terjadi jika etilen oksida dalam bentuk uap mendapatkan pemanasan yang berlebihan.

#### b. Air

Sifat Fisis

Rumus Molekul	: $H_2O$
Berat Molekul	: 18,015 kg/kmol
Densitas	: 998 kg/m <sup>3</sup> cairan

Wujud	: liquid
Titik didih	: 100°C
Titik leleh	: 0°C
<i>Temperatur kritis</i>	: 647,3 K
Tekanan kritis	: 220 bar
Kapasitas Panas (Cp)	: $32,243 T + 19,238 \times 10^{-4} T^2 + 10,555 \times 10^{-6} T^3 + (- 3,596 \times 10^{-9} T^4)$ (J/mol.K)

Sifat kimia dari air adalah bereaksi dengan C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (Etilen Oksida) membentuk MEG.



### 2.3 Pengendalian Kualitas

Dalam perancangan suatu industri, terdapat dua hal yang harus diperhatikan dalam produksi yaitu perencanaan produksi dan pengendalian produksi. Perencanaan produksi berkaitan dengan faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan, seperti faktor *eksternal* dan faktor *internal*. Faktor *eksternal* adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan dan faktor *internal* adalah kemampuan pabrik untuk memproduksi. Sedangkan pengendalian bahan produksi meliputi pengendalian kualitas, pengendalian kuantitas, pengendalian waktu, dan pengendalian bahan proses. Pengendalian kualitas dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan, hal ini harus dilakukan mulai dari pemilihan bahan baku sampai menjadi produk. Pengendalian

kualitas (*Quality Control*) pada pabrik Etilen Glikol ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian produk.

### **2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku**

Pengendalian kualitas bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku digunakan, karena bahan baku dapat menentukan kualitas produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, sebelum dilakukan proses produksi perlu dilakukan pengecekan terkait pengujian kualitas bahan baku apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan dalam pembuatan produk dengan spesifikasi yang diharapkan oleh pabrik.

Semua pengawasan yang terkait dengan mutu bahan baku dapat dilakukan melalui analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol. Setelah dilakukan analisa pada bahan baku maka dapat diketahui hasil dari kualitas bahan baku yang masuk dan apabila bahan baku yang masuk tidak memenuhi standar yang sudah ditentukan maka bahan baku tersebut akan dikembalikan kepada *supplier*.

### **2.3.2 Pengendalian Kualitas Produksi**

Untuk menjaga kelancaran proses, maka perlu diadakan pengawasan dan pengendalian bahan selama proses berlangsung. Pengendalian proses produksi pabrik ini meliputi alat sistem kontrol dan aliran sistem kontrol. Agar proses selalu stabil dibutuhkan instalansi alat-alat pengendalian. Alat-alat pengendali berpusat di *control room*, dilakukan dengan cara *automatic control* dengan menggunakan *indicator*. Apabila prosesnya terjadi penyimpangan *indicator* yang telah ditetapkan

atau disett baik itu *flow rate* bahan baku, produk, *level control*, maupun *temperature control* dapat diketahui dari sinyal atau tanda yang diberikan seperti nyala lampu dan bunyi alarm. Beberapa alat *control* yang harus diatur pada kondisi operasi baik tekanan maupun suhu. Alat *control* yang harus diatur pada kondisi tertentu antara lain:

1. *Level Control*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian atas tangki yang berfungsi sebagai pengendalian volume cairan tangki/*vessel*. Jika belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, maka akan menimbulkan tanda/isyarat berupa suara dan nyala lampu.

2. *Temperature Control*

Alat ini mempunyai *set point* / batasan nilai suhu yang dapat diatur. Jika belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, maka akan menimbulkan tanda/isyarat berupa suara dan nyala lampu.

3. *Flow Control*

Merupakan alat yang dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk dan aliran keluar proses. Jika pengendalian proses dilakukan terhadap kerja pada suatu harga tertentu supaya dihasilkan produk yang memenuhi standar, maka pengendalian mutu dilakukan untuk mengetahui apakah bahan baku dan produk telah sesuai dengan spesifikasi. Setelah perencanaan produksi disusun dan proses produksi dijalankan perlu adanya pengawasan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik.

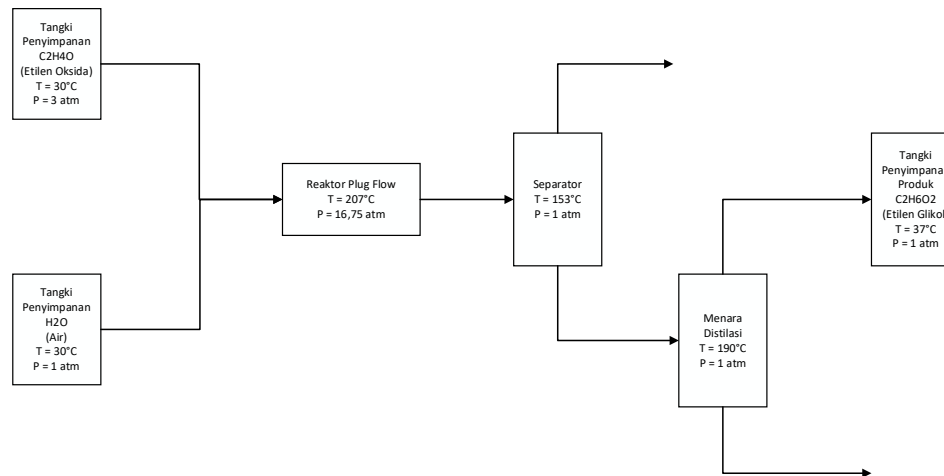
### **2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk**

Saat perencanaan produksi dijalankan, perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Meskipun, dari setiap produk tidak memiliki keseragaman kualitas, tetapi pada dasarnya produk itu mempunyai standar yang telah ditetapkan. Dengan adanya standar kualitas dapat memperoleh mutu produk yang sesuai standar dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara *system control* sehingga didapatkan produk yang berkualitas, mengurangi pemborosan terhadap biaya produksi, dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi kerja, dan dapat dipasarkan.

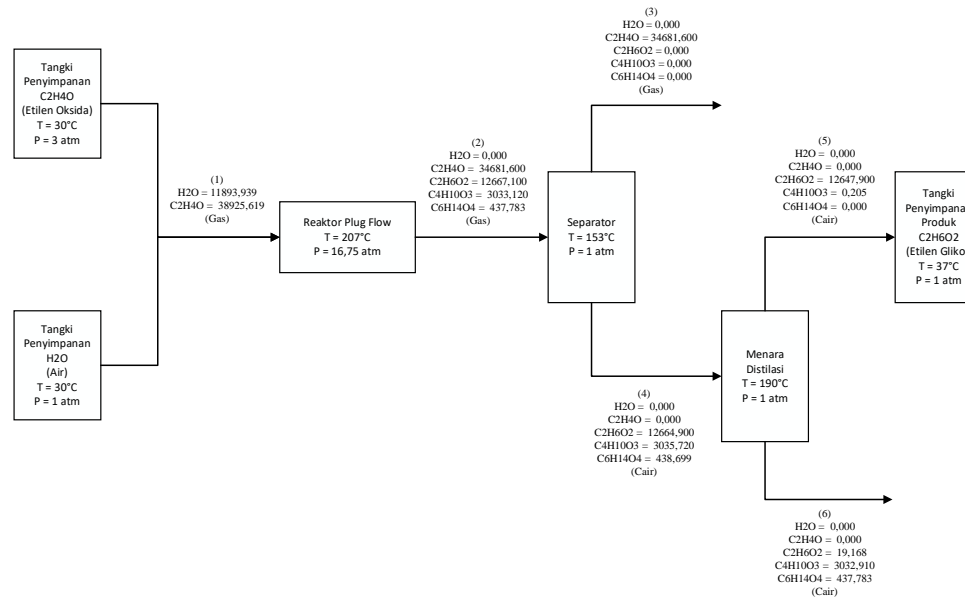
## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

#### 3.1 Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3.1 Diagram Kualitatif Pabrik Etilen Glikol



Gambar 3.2 Diagram Kuantitaif Etilen Glikol

### 3.2 Uraian Proses

Proses pembuatan etilen glikol dengan proses hidrasi non katalitik menggunakan bahan baku etilen oksida dan air. Bahan baku etilen oksida dengan kemurnian 99,5% yang disimpan dalam wujud cair dengan tekanan 3 atm dan suhu 30°C. Bahan baku kedua berupa air disimpan dalam wujud cair dengan tekanan 1 atm dan suhu 30°C. Kemudian etilen oksida dan air dengan perbandingan 1:8 berat, dipompa hingga tekanan 18 atm menuju *static-mixer*. *Static mixer* ini berguna untuk mencampurkan air dan etilen oksida. Setelah bahan baku tercampur dipanaskan terlebih dahulu menggunakan steam sebelum masuk ke reaktor hingga mencapai suhu 207°C agar direaksikan dalam fase gas.

Campuran yang sudah dipanaskan akan diumpakan ke reaktor *plug flow*. Reaksi berlangsung pada tekanan 16,75 atm dan suhu 207°C, hal ini dimaksudkan untuk menjaga reaksi supaya berlangsung dalam fase gas dan menghasilkan produk etilen glikol yang optimal. Reaksi pada reaktor *plug flow* ini berlangsung secara adiabatik non isothermal. Reaksi pembentukan etilen glikol ini memiliki konversi 99,8%. Pada reaksi tidak digunakan katalis dan mencapai selektivitas etilen glikol 88,85%. Setelah itu, produk dan reaktan yang telah bereaksi keluar reaktor pada suhu 210°C. Campuran kemudian diumpakan menuju *expansion valve* untuk menurunkan tekanan menjadi 1 atm lalu didinginkan kedalam *Cooler-01* hingga suhu 153°C sebelum masuk kedalam Separator-01. Pada Separator-01 terjadi pemurnian dengan cara menguapkan air sehingga nantinya didapatkan etilen glikol yang lebih murni. Hasil atas Separator-01 yang berupa uap air kemudian dialirkan menuju *Waste Water Treatment (WWT)*. Hasil bawah Separator-01 berupa etilen

glikol, dietilen glikol, dan trietilen glikol kemudian diumpungkan masuk ke dalam Menara Distilasi-01 yang sebelumnya dinaikan suhunya menggunakan *Heater-04* hingga mencapai 190°C.

Menara Distilasi-01 digunakan untuk memisahkan antara etilen glikol dengan dietilen glikol dan trietilen glikol, sehingga diperoleh etilen glikol yang lebih murni. Hasil atas Menara Distilasi-01 berupa etilen glikol murni yang kemudian didinginkan hingga suhu 37°C untuk kemudian disimpan didalam tangki penyimpanan etilen glikol dan sebagian digunakan sebagai *reflux*. Hasil bawah Menara Distilasi-01 berupa dietilen glikol dan trietilen glikol dengan berat yang sedikit kemudian dimasukan kedalam reboiler untuk dipanaskan dan keluaranya Sebagian dikembalikan kedalam distilasi dan sebagiannya lagi didinginkan hingga suhu 30°C kemudian dialirkan menuju Unit Pengolahan Limbah (UPL).

### 3.3 Spesifikasi Alat

#### 3.3.1 Spesifikasi Alat Perekasi

##### a. Reaktor (R-01)

Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor

Spesifikasi Reaktor	
Kode	R-01
Fungsi	Tempat merekasikan Etilen Oksida dan Air menjadi Etilen Glikol
Jenis/ Tipe	<i>Plug Flow Reactor</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 143.156,019
Suhu, °C	207
Tekanan, atm	16,755

Lanjutan Tabel 3.1

<b>Spesifikasi Reaktor</b>	
Kondisi operasi	<i>Non-Isothermal, Adiabatis</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel 304</i>
<b>Mechanical Design</b>	
Volume reaktor, m <sup>3</sup>	12,065
Tinggi reaktor, m	15
Diameter reaktor, m	1,012
Tebal shell, in	0,569
Tebal head, in	0,513
Tinggi head, m	0,261
Tinggi total reaktor, m	15,523

### 3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah

#### a. Separator (S-01)

Tabel 3.2 Spesifikasi Separator

<b>Spesifikasi Separator</b>	
Kode	S-01
Fungsi	Memisahkan Etilen Glikol dan Air keluaran R-01
Jenis/ Tipe	<i>Silinder Vertikal</i> dengan alas dan tutup <i>Torispherical Dishead Head</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 25.355,600
Suhu, °C	153,089
Tekanan, atm	1
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Volume separator, m <sup>3</sup>	2,853
Diameter separator, m	2,134

Lanjutan Tabel 3.2

<b>Spesifikasi Separator</b>	
<b>Data Design</b>	
Tebal shell, m	0,005
Tebal head, m	0,006
Tinggi head, m	0,460
Tinggi total separator, m	2,995

**b. Menara Distilasi (MD-01)**

Tabel 3.3 Spesifikasi Menara Distilasi

<b>Spesifikasi Menara Distilasi</b>			
Kode	MD-01		
Fungsi	Memisahkan Etilen Glikol dari Dietilen Glikol dan Trietilen Glikol		
Jenis/ Tipe	<i>Tray Tower (sieve tray) bentuk Torispherical Dishead Head</i>		
Jumlah	1		
Harga	\$ 625.524,466		
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>		
<b>Kondisi Operasi</b>			
Tekanan Operasi	1 atm	14,696 psi	
Suhu	<i>Feed</i>	190,540 °C	463,690 °K
	<i>Top</i>	197,250 °C	470,400 °K
	<i>Bottom</i>	240,580 °C	513,730 °K
<b>Data Design</b>			
<i>Plate</i>	<i>Plate teoritis</i>	24	
	<i>Plate aktual</i>	68	
	Umpan masuk	pada plate ke 25	
Puncak menara	Diameter	84 in	

Lanjutan Tabel 3.2

<b>Spesifikasi Menara Distilasi</b>			
<b>Data Design</b>			
Puncak Menara	Tebal <i>shell</i>	3/16 in	
	Tebal <i>head</i>	1/4 in	
<b>Data Design</b>			
Dasar menara	Tinggi <i>head</i>	16,447 in	0,418 m
	Diameter	102 in	
	Tebal <i>shell</i>	3/16 in	
	Tebal <i>head</i>	1/4 in	
	Tinggi <i>head</i>	21,177 in	0,538 m
Tinggi Menara		32,715 m	

### 3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

#### a. Tangki Etilen Oksida (T-01)

Tabel 3.4 Spesifikasi Tangki Penyimpanan-01

<b>Spesifikasi Tangki Penyimpanan EO</b>	
Kode	T-01
Fungsi	Tempat menyimpan Etilen Oksida
Jenis/ Tipe	<i>Cylindrical Vessel, Flat Bottom, Torispherical Dishead Head</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 1.094.051,675
Suhu, °C	30
Tekanan, atm	3
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Waktu Penyimpanan	30 hari
Volume tangki, m <sup>3</sup>	473.431,788

Lanjutan Tabel 3.4

<b>Spesifikasi Tangki Penyimpanan EO</b>	
<b>Dimensi</b>	
Diameter tangki, m	30,479
Tinggi tangki, m	12,191
Jumlah <i>course</i> , m	5
Tebal <i>shell course</i> tangki, m	
<i>Course</i> ke-1	0,025
<i>Course</i> ke-2	0,022
<i>Course</i> ke-3	0,016
<i>Course</i> ke-4	0,011
<i>Course</i> ke-5	0,008
Tebal <i>head</i> tangki, m	0,051
Tinggi head tangki, m	4,299
Tinggi total tangki, m	16,490
Diameter pipa pemasukan, m	0,610
Sch no	20
Diameter pipa pengeluaran, m	0,064
Sch no	40

**b. Tangki H<sub>2</sub>O (T-02)**

Tabel 3.5 Spesifikasi Tangki Penyimpanan-02

<b>Spesifikasi Tangki Penyimpanan H<sub>2</sub>O</b>	
Kode	T-02
Fungsi	Tempat menyimpan H <sub>2</sub> O
Jenis/ Tipe	<i>Cylindrical Vessel, Flat Bottom, Torispherical Dishead Head</i>
Jumlah	1
Harga	\$1.989.626,023

Lanjutan Tabel 3.5

<b>Spesifikasi Tangki Penyimpanan H<sub>2</sub>O</b>	
Suhu, °C	30
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Waktu Penyimpanan	15 hari
Volume tangki, m <sup>3</sup>	648.153,319
<b>Dimensi</b>	
Diameter tangki, m	38,098
Tinggi tangki, m	14,630
Jumlah <i>course</i> , m	7
Tebal <i>shell course</i> tangki, m	
<i>Course</i> ke-1	0,051
<i>Course</i> ke-2	0,051
<i>Course</i> ke-3	0,044
<i>Course</i> ke-4	0,030
<i>Course</i> ke-5	0,025
<i>Course</i> ke-6	0,019
<i>Course</i> ke-7	0,011
Tebal <i>head</i> tangki, m	0,032
Tinggi <i>head</i> tangki, m	5,337
Tinggi total tangki, m	19,967
Diameter pipa pemasukan, m	0,609
Sch no	20
Diameter pipa pengeluaran, m	0,152
Sch no	40

**c. Tangki Etilen Glikol (T-03)**

Tabel 3.6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan-03

<b>Spesifikasi Tangki Penyimpanan Etilen Glikol</b>	
Kode	T-03
Fungsi	Tempat menyimpan Etilen Glikol
Jenis/ Tipe	<i>Cylindrical Vessel, Flat Bottom, Torispherical Dishead Head</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 613.872,419
Suhu, °C	37
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Waktu Penyimpanan	15 hari
Volume tangki, m <sup>3</sup>	4936,767
Diameter tangki, m	24,383
Tinggi tangki, m	9,753
Jumlah <i>course</i> , m	4
Tebal <i>shell course</i> tangki, m	
<i>Course</i> ke-1	0,010
<i>Course</i> ke-2	0,008
<i>Course</i> ke-3	0,006
<i>Course</i> ke-4	0,005
Tebal <i>head</i> tangki, m	0,018
Tinggi <i>head</i> tangki, m	1,591
Tinggi total tangki, m	11,056
Diameter pipa pemasukan, m	0,152
Sch no	40
Diameter pipa pengeluaran, m	0,076
Sch no	40

d. *Accumulator MD-01 (ACC-01)*

Tabel 3.7 Spesifikasi *Accumulator*

<b>Spesifikasi <i>Accumulator MD-01</i></b>	
Kode	Acc - 01
Fungsi	Untuk menampung keluaran kondenser (CD-01)
Jenis/ Tipe	<i>Horizontal Cylinder</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 3.396,922
Suhu, °C	197,300
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Volume Embun, m <sup>3</sup> /menit	6,033
Kapasitas tangki, m <sup>3</sup>	7,240
Diameter tangki, m	0,610
Panjang tangki, m	1,829

### 3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

a. **Pompa 1 (P-01)**

Tabel 3.8 Spesifikasi Pompa-01

<b>Spesifikasi Pompa 1</b>	
Kode	P-01
Fungsi	Mengalirkan etilen oksida dari tangki 1 (T-01) ke <i>mixer</i> (M-01) dan menaikkan tekanan dari 3 atm ke 18 atm
Jenis/ Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1

Lanjutan Tabel 3.8

<b>Spesifikasi Pompa 1</b>	
Harga	\$ 9.462,855
Suhu, °C	30
Tekanan, atm	18
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Kapasitas, gal/min	73,432
Kecepatan Aliran, ft/s	11,549
Ukuran Pipa	
ID, in	1,610
OD, in	1,900
IPS, in	1,500
Flow Area, in <sup>2</sup>	2,040
Sch. No	40
Efisiensi Pompa, %	39
Power Pompa, HP	2,499
Power Motor, HP	3

**b. Pompa 2 (P-02)**

Tabel 3.9 Spesifikasi Pompa-02

<b>Spesifikasi Pompa 2</b>	
Kode	P-02
Fungsi	Mengalirkan etilen oksida dari tangki 2 (T-02) ke mixer (M-01) dan menaikkan tekanan dari 1 atm ke 17 atm
Jenis/ Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1

Lanjutan Tabel 3.9

<b>Spesifikasi Pompa 2</b>	
Harga	\$ 27.418,017
Suhu, °C	30
Tekanan, atm	17
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Kapasitas, gal/min	215,180
Kecepatan Aliran, ft/s	0,876
Ukuran Pipa	
ID, in	10,020
OD, in	10,750
IPS, in	10
Flow Area, in <sup>2</sup>	78,800
Sch. No	40
Efisiensi Pompa, %	50
Power Pompa, HP	4,655
Power Motor, HP	5

**c. Pompa 3 (P-03)**

Tabel 3.10 Spesifikasi Pompa-03

<b>Spesifikasi Pompa 3</b>	
Kode	P-03
Fungsi	Mengalirkan campuran cairan dari M-01 ke HE-01
Jenis/ Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 4.974.065
Suhu, °C	28

Lanjutan Tabel 3.10

<b>Spesifikasi Pompa 3</b>	
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Kapasitas, gal/min	294,802
Kecepatan Aliran, ft/s	7,447
Ukuran Pipa, in	3,770
ID, in	4,026
OD, in	4,500
IPS, in	4
Flow Area, in <sup>2</sup>	12,700
Sch. No	40
Efisiensi Pompa, %	57
Power Pompa, HP	0,425
Power Motor, HP	0,5

**d. Pompa-04 (P-04)**

Tabel 3.11 Spesifikasi Pompa-04

<b>Spesifikasi Pompa 4</b>	
Kode	P-04
Fungsi	Mengalirkan cairan dari HE-01 menuju HE-02
Jenis/ Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 4.974.065
Suhu, °C	108
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>

Lanjutan Tabel 3.11

<b>Spesifikasi Pompa 4</b>	
<b>Dimensi</b>	
Kapasitas, gal/min	318,821
Kecepatan Aliran, ft/s	8,054
Ukuran Pipa, in	3,881
ID, in	4,026
OD, in	4,500
IPS, in	4
Flow Area, in <sup>2</sup>	12,700
Sch. No	40
Efisiensi Pompa, %	59
Power Pompa, HP	0,480
Power Motor, HP	0,750

**e. Pompa-05 (P-05)**

Tabel 3.12 Spesifikasi Pompa-05

<b>Spesifikasi Pompa 5</b>	
Kode	P-05
Fungsi	Mengalirkan cairan dari HE-02 menuju HE-03
Jenis/ Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 4.974.065
Suhu, °C	188
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Kapasitas, gal/min	351,372
Kecepatan Aliran, ft/s	8,876

Lanjutan Tabel 3.12

<b>Spesifikasi Pompa 5</b>	
<b>Dimensi</b>	
Ukuran Pipa, in	4,023
ID, in	4,026
OD, in	4,500
IPS, in	4
Flow Area, in <sup>2</sup>	12,700
Sch. No	40
Efisiensi Pompa, %	59
Power Pompa, HP	0,583
Power Motor, HP	0,750

**f. Pompa-06 (P-06)**

Tabel 3.13 Spesifikasi Pompa-06

<b>Spesifikasi Pompa 6</b>	
Kode	P-06
Fungsi	Mengalirkan cairan dari HE-03 menuju R-01
Jenis/ Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 4.974.065
Suhu, °C	188
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Kapasitas, gal/min	351,372
Kecepatan Aliran, ft/s	8,876
Ukuran Pipa, in	4,023
ID, in	4,026

Lanjutan Tabel 3.13

<b>Spesifikasi Pompa 6</b>	
<b>Dimensi</b>	
OD, in	4,500
IPS, in	4
Flow Area, in <sup>2</sup>	12,700
Sch. No	40
Efisiensi Pompa, %	72
Power Pompa, HP	0,617
Power Motor, HP	0,750

**g. Pompa-07 (P-07)**

Tabel 3.14 Spesifikasi Pompa-07

<b>Spesifikasi Pompa 7</b>	
Kode	P-07
Fungsi	Mengalirkan cairan dari hasil atas S-01
Jenis/ Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 4.852.746
Suhu, °C	153
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Kapasitas, gal/min	203,637
Kecepatan Aliran, ft/s	8,853
Ukuran Pipa, in	3,093
ID, in	3,068
OD, in	3,500
IPS, in	3

Lanjutan Tabel 3.14

<b>Spesifikasi Pompa 7</b>	
<b>Dimensi</b>	
Flow Area, in <sup>2</sup>	7,380
Sch. No	40
Efisiensi Pompa, %	55
Power Pompa, HP	4,302
Power Motor, HP	5

**h. Pompa-08 (P-08)**

Tabel 3.15 Spesifikasi Pompa-08

<b>Spesifikasi Pompa 8</b>	
Kode	P-08
Fungsi	Mengalirkan cairan dari hasil bawah S-01 menuju HE-04
Jenis/ Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 4.852.746
Suhu, °C	153
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Kapasitas, gal/min	84,281
Kecepatan Aliran, ft/s	11,506
Ukuran Pipa, in	1,975
ID, in	2,067
OD, in	2,380
IPS, in	2
Flow Area, in <sup>2</sup>	2,350

Lanjutan Tabel 3.15

<b>Spesifikasi Pompa 8</b>	
<b>Dimensi</b>	
Sch. No	40
Efisiensi Pompa, %	39
Power Pompa, HP	3,371
Power Motor, HP	3

**i. Pompa-09 (P-09)**

Tabel 3.16 Spesifikasi Pompa-09

<b>Spesifikasi Pompa 9</b>	
Kode	P-09
Fungsi	Mengalirkan cairan dari HE-04 menuju MD-01
Jenis/ Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 4.852.746
Suhu, °C	191
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Kapasitas, gal/min	87,382
Kecepatan Aliran, ft/s	11,930
Ukuran Pipa, in	2,001
ID, in	2,067
OD, in	2,380
IPS, in	2
Flow Area, in <sup>2</sup>	2,350
Sch. No	40
Efisiensi Pompa, %	40
Power Pompa, HP	3,352
Power Motor, HP	3

**j. Pompa-10 (P-10)**

Tabel 3.17 Spesifikasi Pompa-10

<b>Spesifikasi Pompa 10</b>	
Kode	P-10
Fungsi	Mengalirkan cairan dari hasil atas MD-01 menuju C-02
Jenis/ Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 4.852.746
Suhu, °C	197,253
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Kapasitas, gal/min	69,028
Kecepatan Aliran, ft/s	6,610
Ukuran Pipa, in	1,764
ID, in	2,067
OD, in	2,380
IPS, in	2
Flow Area, in <sup>2</sup>	3,350
Sch. No	40
Efisiensi Pompa, %	36
Power Pompa, HP	0,298
Power Motor, HP	0,5

**k. Pompa-11 (P-11)**

Tabel 3.18 Spesifikasi Pompa-11

<b>Spesifikasi Pompa 11</b>	
Kode	P-11
Fungsi	Mengalirkan cairan dari C-02 menuju C-03
Jenis/ Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 4.852.746
Suhu, °C	117,698
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Kapasitas, gal/min	64,184
Kecepatan Aliran, ft/s	6,147
Ukuran Pipa, in	1,717
ID, in	2,067
OD, in	2,380
IPS, in	2
Flow Area, in <sup>2</sup>	3,350
Sch. No	40
Efisiensi Pompa, %	38
Power Pompa, HP	0,244
Power Motor, HP	0,5

### 1. Pompa-12 (P-12)

Tabel 3.19 Spesifikasi Pompa-12

<b>Spesifikasi Pompa 12</b>	
Kode	P-12
Fungsi	Mengalirkan cairan dari C-03 menuju Tangki Produk
Jenis/ Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 4.852.746
Suhu, °C	37
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Kapasitas, gal/min	60,656
Kecepatan Aliran, ft/s	5,809
Ukuran Pipa, in	1,681
ID, in	2,067
OD, in	2,380
IPS, in	2
Flow Area, in <sup>2</sup>	3,350
Sch. No	40
Efisiensi Pompa, %	35
Power Pompa, HP	0,237
Power Motor, HP	0,5

**m. Pompa-13 (P-13)**

Tabel 3.20 Spesifikasi Pompa-13

<b>Spesifikasi Pompa 13</b>	
Kode	P-13
Fungsi	Mengalirkan cairan dari hasil bawah MD-01 menuju C-04
Jenis/ Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 4.852.746
Suhu, °C	240,583
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Kapasitas, gal/min	19,718
Kecepatan Aliran, ft/s	7,321
Ukuran Pipa, in	0,903
ID, in	1,049
OD, in	1,320
IPS, in	1
Flow Area, in <sup>2</sup>	0,864
Sch. No	40
Efisiensi Pompa, %	40
Power Pompa, HP	0,180
Power Motor, HP	0,5

**n. Pompa-14 (P-14)**

Tabel 3.21 Spesifikasi Pompa-14

<b>Spesifikasi Pompa 14</b>	
Kode	P-14
Fungsi	Mengalirkan cairan dari C-04 menuju C-05
Jenis/ Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 4.852.746
Suhu, °C	160,241
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Kapasitas, gal/min	18,270
Kecepatan Aliran, ft/s	6,784
Ukuran Pipa, in	0,878
ID, in	1,049
OD, in	1,320
IPS, in	1
Flow Area, in <sup>2</sup>	0,864
Sch. No	40
Efisiensi Pompa, %	19
Power Pompa, HP	0,328
Power Motor, HP	0,5

**o. Pompa-15 (P-15)**

Tabel 3.22 Spesifikasi Pompa-15

<b>Spesifikasi Pompa 15</b>	
Kode	P-15
Fungsi	Mengalirkan cairan dari C-05 menuju C-06
Jenis/ Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 4.852.746
Suhu, °C	79,632
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Kapasitas, gal/min	17,165
Kecepatan Aliran, ft/s	6,373
Ukuran Pipa, in	0,858
ID, in	1,049
OD, in	1,320
IPS, in	1
Flow Area, in <sup>2</sup>	0,864
Sch. No	40
Efisiensi Pompa, %	18
Power Pompa, HP	0,306
Power Motor, HP	0,5

**p. Pompa-16 (P-16)**

Tabel 3.23 Spesifikasi Pompa-16

<b>Spesifikasi Pompa 16</b>	
Kode	P-16
Fungsi	Mengalirkan cairan dari C-06 menuju Unit Pengolahan Limbah (UPL)
Jenis/ Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 4.852.746
Suhu, °C	30
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Kapasitas, gal/min	16,598
Kecepatan Aliran, ft/s	6,163
Ukuran Pipa, in	0,847
ID, in	1,049
OD, in	1,320
IPS, in	1
Flow Area, in <sup>2</sup>	0,864
Sch. No	40
Efisiensi Pompa, %	16
Power Pompa, HP	0,322
Power Motor, HP	0,5

**q. Expansion Valve (EV-01)**

Tabel 3.24 Spesifikasi Valve-01

<b>Spesifikasi Expansion Valve</b>	
Kode	EV-01
Fungsi	Mengalirkan cairan dari hasil separator bawah ke HE-04
Jenis/ Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 272.858
Suhu, °C	153,096
Tekanan, atm	1
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Dimensi</b>	
Kapasitas, kg/jam	50.819,603
ID, in	19,250
OD, in	20
a't, ft <sup>2</sup>	2,021
Le, m	18,884

### 3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

**a. Condensor Total (CD-01)**

Tabel 3.25 Spesifikasi Condensor

<b>Spesifikasi Condensor</b>	
Kode	CD-01
Fungsi	Mengembukan kembali sebagian hasil atas Menara distilasi (MD-01)
Jenis/ Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 32.392,082
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>

Lanjutan Tabel 3.12

<b>Spesifikasi <i>Condensor</i></b>			
<b>Kondisi Operasi</b>			
Posisi	Shell	<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	<i>Cold</i>	<i>Hot</i>	
Suhu Masuk, °C	30	199,500	
Suhu Keluar, °C	50	197,300	
Tekanan, atm	1		
Beban Pendingin, Btu/jam	1186,089		
<b><i>Mechanical Design</i></b>			
<b><i>Shell (cold fluid)</i></b>		<b><i>Tube (hot fluid)</i></b>	
ID, in	15,250	<i>Length</i> , ft	16
<i>Passes</i>	1	ID, in	0,620
<i>Baffle spaces</i> , in	3,050	OD, in	0,750
		<i>Number tube</i> , buah	124
		<i>Passes</i>	2
		BWG	16
		<i>Pitch triangular</i> , in	1
$\Delta P$ terhitung, psi	0,130	$\Delta P$ terhitung, atm	2,125
$\Delta P$ diizinkan, psi	10	$\Delta P$ diizinkan, atm	10
$R_{dmin}$ , Btu/hr ft <sup>2</sup> °F		0,001	
$R_{dcal}$ , Btu/hr ft <sup>2</sup> °F		0,008	

**b. Reboiler (Rb-01)**

Tabel 3.26 Spesifikasi Reboiler

<b>Spesifikasi Reboiler</b>	
Kode	RB-01
Fungsi	Menguapkan kembali sebagian hasil bawah Menara distilasi (MD-01)
Jenis/ Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 323.556,866
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Spesifikasi</b>	
A, m <sup>2</sup>	219,184
Ud, kJ/m <sup>2</sup> .s.K	4,515
Uc, kJ/m <sup>2</sup> .s.K	7,595
Rd, m <sup>2</sup> .s.K/ kJ	0,702
Rd min, m <sup>2</sup> .s.K/ kJ	0,388
L, m	2,438
<b>Mechanical Design</b>	
<i>Tube (cold fluid)</i>	
BWG	14
IDt, in	0,584
ODt, in	0,750
Nt	1558
a", m	2,438
<i>Passes</i>	1
Hio, kJ/m <sup>2</sup> .s.K	8
<i>Shell (hot fluid)</i>	
IDs, in	42
<i>Pitch</i> , in	0,938
<i>Passes</i>	1
ho	1229,977

c. **Heater 1 (HE-01)**Tabel 3.27 Spesifikasi *Heater-01*

<b>Spesifikasi Heater 1</b>	
Kode	HE-01
Fungsi	Memanaskan arus outlet <i>mixer</i> (M-01) ke arus <i>inlet heater 2</i> (HE-02)
Jenis/ Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 95.472,409
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
TEMA Type	BEP
<i>Location of hot fluid</i>	<i>Tube Side</i>
<i>Tube OD/Pitch, in</i>	0,75 / 0,9375
<i>Tube Pattern</i>	<i>30-Triangular</i>
<i>Baffle Type</i>	<i>Single segmental</i>
<i>Baffle cut orientation</i>	<i>Horizontal</i>
<i>Default exchanger material</i>	<i>Carbon Steel</i>
Suhu <i>steam</i> masuk, °C	210
Suhu <i>steam</i> keluar, °C	210
<b>Mechanical Design</b>	
<i>Shell ID/OD, in</i>	40,354 / 41,378
<i>Tube Length, in</i>	165,354
<i>Baffle spacing center-center (BC), in</i>	18,504
<i>Number of Baffles</i>	6
<i>Number of Tubes/Tube Passes</i>	1445 / 1
<i>Shell in series</i>	1
<i>Shell in parallel</i>	1
<i>Excess Surface (%)</i>	15
<i>Dp ratio Shellside/Tubeside</i>	0,098 / 0,902

**d. Heater 2 (H-02)**

Tabel 3.28 Spesifikasi Heater-02

<b>Spesifikasi Heater 2</b>	
Kode	HE-02
Fungsi	Memanaskan arus <i>outlet heater</i> 1 (HE-01) ke arus <i>inlet heater</i> 3 (HE-03)
Jenis/ Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 185.716,297
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
TEMA Type	BEP
<i>Location of hot fluid</i>	<i>Tube Side</i>
<i>Tube OD/Pitch, in</i>	0,750 / 0,938
<i>Tube Pattern</i>	<i>30-Triangular</i>
<i>Baffle Type</i>	<i>Single segmental</i>
<i>Baffle cut orientation</i>	<i>Horizontal</i>
<i>Default exchanger material</i>	<i>Carbon Steel</i>
Suhu <i>steam</i> masuk, °C	210
Suhu <i>steam</i> keluar, °C	210
<b>Mechanical Design</b>	
<i>Shell ID/OD, in</i>	37,402 / 38,347
<i>Tube Length, in</i>	224,409
<i>Baffle spacing center-center (BC), in</i>	7,284
<i>Number of Baffles</i>	26
<i>Number of Tubes/Tube Passes</i>	1225 / 1
<i>Shell in series</i>	1
<i>Shell in parallel</i>	2
<i>Excess Surface (%)</i>	1
<i>Dp ratio Shellside/Tubeside</i>	0,938 / 0,160

e. **Heater 3 (H-03)**Tabel 3.29 Spesifikasi *Heater-03*

<b>Spesifikasi <i>Heater 3</i></b>	
Kode	HE-03
Fungsi	Memanaskan arus <i>outlet heater 2</i> (HE-02) ke arus <i>inlet reactor</i> (R-01)
Jenis/ Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 615.604,304
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
TEMA Type	BEM
<i>Location of hot fluid</i>	<i>Shell side</i>
<i>Tube OD/Pitch, in</i>	0,750 / 0,938
<i>Tube Pattern</i>	<i>30-Triangular</i>
<i>Baffle Type</i>	<i>Single segmental</i>
<i>Baffle cut orientation</i>	<i>Horizontal</i>
<i>Default exchanger material</i>	<i>Carbon Steel</i>
Suhu <i>steam</i> masuk, °C	210
Suhu <i>steam</i> keluar, °C	210
<b><i>Mechanical Design</i></b>	
<i>Shell ID/OD, in</i>	57,087 / 58,425
<i>Tube Length, in</i>	236,221
<i>Baffle spacing center-center (BC), in</i>	20
<i>Number of Baffles</i>	10
<i>Number of Tubes/Tube Passes</i>	3177 / 1
<i>Shell in series</i>	1
<i>Shell in parallel</i>	3
<i>Excess Surface (%)</i>	0
<i>Dp ratio Shellside/Tubeside</i>	0,201 / 0,131

f. **Cooler 1 (C-01)**

Tabel 3.30 Spesifikasi Cooler-01

<b>Spesifikasi Cooler 1</b>	
Kode	C-01
Fungsi	Mendinginkan hasil arus <i>outlet</i> reaktor (R-01) menggunakan <i>cooling water</i> untuk arus <i>inlet</i> separator (S-01)
Jenis/ Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 84.226,216
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
TEMA Type	BEM
<i>Location of hot fluid</i>	<i>Tube side</i>
<i>Tube OD/Pitch, in</i>	0,750 / 0,938
<i>Tube Pattern</i>	<i>30-Triangular</i>
<i>Baffle Type</i>	<i>Single segmental</i>
<i>Baffle cut orientation</i>	<i>Horizontal</i>
<i>Default exchanger material</i>	<i>Carbon Steel</i>
<b>Mechanical Design</b>	
<i>Shell ID/OD, in</i>	41,378 / 42,402
<i>Tube Length, in</i>	82,677
<i>Baffle spacing center-center (BC), in</i>	11,176
<i>Number of Baffles</i>	4
<i>Number of Tubes/Tube Passes</i>	1642 / 1
<i>Shell in series</i>	1
<i>Shell in parallel</i>	1
<i>Excess Surface (%)</i>	311
<i>Dp ratio Shellside/Tubeside</i>	0,083 / 0,823

g. **Heater 4 (H-04)**Tabel 3.31 Spesifikasi *Heater-04*

<b>Spesifikasi Heater 4</b>	
Kode	HE-04
Fungsi	Memanaskan hasil arus <i>outlet</i> separator bawah menggunakan steam untuk arus <i>inlet</i> MD-01
Jenis/ Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 123.510,034
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
TEMA Type	BEM
<i>Location of hot fluid</i>	<i>Tube side</i>
<i>Tube OD/Pitch, in</i>	0,750 / 0,938
<i>Tube Pattern</i>	<i>30-Triangular</i>
<i>Baffle Type</i>	<i>Single segmental</i>
<i>Baffle cut orientation</i>	<i>Horizontal</i>
<i>Default exchanger material</i>	<i>Carbon Steel</i>
Suhu <i>steam</i> masuk, °C	210
Suhu <i>steam</i> keluar, °C	210
<b>Mechanical Design</b>	
<i>Shell ID/OD, in</i>	35,433 / 36,378
<i>Tube Length, in</i>	70,866
<i>Baffle spacing center-center (BC), in</i>	7,874
<i>Number of Baffles</i>	6
<i>Number of Tubes/Tube Passes</i>	1192 / 1
<i>Shell in series</i>	1
<i>Shell in parallel</i>	2
<i>Excess Surface (%)</i>	22
<i>Dp ratio Shellside/Tubeside</i>	0,085 / 0,865

**h. Cooler 2 (C-02)**

Tabel 3.32 Spesifikasi Cooler-02

<b>Spesifikasi Cooler 2</b>	
Kode	C-02
Fungsi	Mendinginkan hasil arus <i>outlet</i> MD-01 atas menggunakan <i>cooling water</i> untuk arus <i>inlet</i> cooler 3 (C-03)
Jenis/ Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 11.447,452
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
TEMA Type	BEM
<i>Location of hot fluid</i>	<i>Tube side</i>
<i>Tube OD/Pitch, in</i>	0,750 / 0,938
<i>Tube Pattern</i>	<i>30-Triangular</i>
<i>Baffle Type</i>	<i>Single segmental</i>
<i>Baffle cut orientation</i>	<i>Horizontal</i>
<i>Default exchanger material</i>	<i>Carbon Steel</i>
<b>Mechanical Design</b>	
<i>Shell ID/OD, in</i>	8,071 / 8,625
<i>Tube Length, in</i>	153,543
<i>Baffle spacing center-center (BC), in</i>	9,646
<i>Number of Baffles</i>	14
<i>Number of Tubes/Tube Passes</i>	42 / 2
<i>Shell in series</i>	1
<i>Shell in parallel</i>	1
<i>Excess Surface (%)</i>	2
<i>Dp ratio Shellside/Tubeside</i>	0,629 / 0,972

**i. Cooler 3 (C-03)**

Tabel 3.33 Spesifikasi Cooler-03

<b>Spesifikasi Cooler 3</b>	
Kode	C-03
Fungsi	Mendinginkan hasil arus <i>outlet</i> cooler 2 (C-02) menggunakan <i>cooling water</i> untuk ke tangki penyimpanan etilen glikol (T-03)
Jenis/ Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 41.060,201
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
TEMA Type	BEM
<i>Location of hot fluid</i>	<i>Tube Side</i>
<i>Tube OD/Pitch, in</i>	0,750 / 0,938
<i>Tube Pattern</i>	<i>30-Triangular</i>
<i>Baffle Type</i>	<i>Single segmental</i>
<i>Baffle cut orientation</i>	<i>Horizontal</i>
<i>Default exchanger material</i>	<i>Carbon Steel</i>
<b>Mechanical Design</b>	
<i>Shell ID/OD, in</i>	24,000 / 24,750
<i>Tube Length, in</i>	240
<i>Baffle spacing center-center (BC), in</i>	23,500
<i>Number of Baffles</i>	8
<i>Number of Tubes/Tube Passes</i>	530 / 1
<i>Shell in series</i>	1
<i>Shell in parallel</i>	1
<i>Excess Surface (%)</i>	7
<i>Dp ratio Shellside/Tubeside</i>	0,078 / 0,123

**j. Cooler 4 (C-04)**

Tabel 3.34 Spesifikasi Cooler-04

<b>Spesifikasi Cooler 4</b>	
Kode	C-04
Fungsi	Mendinginkan hasil arus <i>outlet</i> MD-01 bawah menggunakan <i>cooling water</i> untuk ke arus <i>inlet</i> cooler 5 (C-05)
Jenis/ Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 9.517,476
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
TEMA Type	BEM
<i>Location of hot fluid</i>	<i>Tube side</i>
<i>Tube OD/Pitch, in</i>	0,750 / 0,938
<i>Tube Pattern</i>	<i>30-Triangular</i>
<i>Baffle Type</i>	<i>Single segmental</i>
<i>Baffle cut orientation</i>	<i>Horizontal</i>
<i>Default exchanger material</i>	<i>Carbon Steel</i>
<b>Mechanical Design</b>	
<i>Shell ID/OD, in</i>	8,071 / 8,625
<i>Tube Length, in</i>	48,000
<i>Baffle spacing center-center (BC), in</i>	5,250
<i>Number of Baffles</i>	6
<i>Number of Tubes/Tube Passes</i>	34 / 4
<i>Shell in series</i>	1
<i>Shell in parallel</i>	1
<i>Excess Surface (%)</i>	9
<i>Dp ratio Shellside/Tubeside</i>	0,104 / 0,495

**k. Cooler 5 (C-05)**

Tabel 3.35 Spesifikasi Cooler-05

<b>Spesifikasi Cooler 5</b>	
Kode	C-05
Fungsi	Mendinginkan hasil arus <i>outlet cooler 4</i> menggunakan <i>cooling water</i> untuk ke arus <i>inlet cooler 6 (C-06)</i>
Jenis/ Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 13.425,096
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
TEMA Type	BEM
<i>Location of hot fluid</i>	<i>Tube side</i>
<i>Tube OD/Pitch, in</i>	0,750 / 0,938
<i>Tube Pattern</i>	<i>30-Triangular</i>
<i>Baffle Type</i>	<i>Single segmental</i>
<i>Baffle cut orientation</i>	<i>Horizontal</i>
<i>Default exchanger material</i>	<i>Carbon Steel</i>
<b>Mechanical Design</b>	
<i>Shell ID/OD, in</i>	8,071 / 8,625
<i>Tube Length, in</i>	240
<i>Baffle spacing center-center (BC), in</i>	6,750
<i>Number of Baffles</i>	34
<i>Number of Tubes/Tube Passes</i>	51 /1
<i>Shell in series</i>	1
<i>Shell in parallel</i>	1
<i>Excess Surface (%)</i>	0
<i>Dp ratio Shellside/Tubeside</i>	0,187 / 0,151

**I. Cooler 6 (C-06)**

Tabel 3.36 Spesifikasi Cooler-06

<b>Spesifikasi Cooler 6</b>	
Kode	C-06
Fungsi	Mendinginkan hasil arus <i>outlet cooler 5 (C-02)</i> menggunakan <i>cooling water</i> untuk ke UPL
Jenis/ Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 39.044,424
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
TEMA Type	BEM
<i>Location of hot fluid</i>	<i>Tube Side</i>
<i>Tube OD/Pitch, in</i>	0,750 / 0,938
<i>Tube Pattern</i>	<i>30-Triangular</i>
<i>Baffle Type</i>	<i>Single segmental</i>
<i>Baffle cut orientation</i>	<i>Horizontal</i>
<i>Default exchanger material</i>	<i>Carbon Steel</i>
<b>Mechanical Design</b>	
<i>Shell ID/OD, in</i>	23,622 / 24,410
<i>Tube Length, in</i>	212,598
<i>Baffle spacing center-center (BC), in</i>	20
<i>Number of Baffles</i>	8
<i>Number of Tubes/Tube Passes</i>	518 / 1
<i>Shell in series</i>	1
<i>Shell in parallel</i>	1
<i>Excess Surface (%)</i>	2
<i>Dp ratio Shellside/Tubeside</i>	0,096 / 0,129

### 3.3.6 Spesifikasi Alat Pendukung

#### a. Mixer

Tabel 3.37 Spesifikasi Mixer

<b>Spesifikasi Mixer</b>	
Kode	M-01
Fungsi	Mencampurkan Etilen Oksida dan Air dengan perbandingan 1:8
Jenis/ Tipe	Tangki Silinder Berpengaduk
Jumlah	1
Harga	\$ 515.968,261
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Suhu, °C	28
Tekanan, atm	17
<b>Dimensi Mixer</b>	
ID, in	2,438
OD, in	2,438
Tinggi, in	5,765
Volume cairan dalam <i>head</i> , m <sup>3</sup>	1,116
Volume cairan dibadan mixer, m <sup>3</sup>	8,884
Tinggi cairan dibadan mixer, m	2,017
Tebal <i>head</i> , in	2,500
<b>Pengaduk</b>	
Jenis	Propeller dengan 4 <i>baffles</i>
Diameter <i>Impeller</i> , m	0,813
Lebar <i>Baffle</i> , m	0,213
Daya motor, HP	0,500

### 3.4 Neraca Massa

Basis perhitungan neraca massa

Kapasitas produk : 100.000 ton/tahun

Diambil dalam 1 tahun : 330 hari kerja

1 hari kerja : 24 jam

Basis perhitungan : 1 jam

$$= \left( \frac{100.000 \text{ ton}}{1 \text{ tahun}} \right) \times \left( \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \right) \times \left( \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \right) \times \left( \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \right)$$

$$= 12.626, \text{ kg/jam}$$

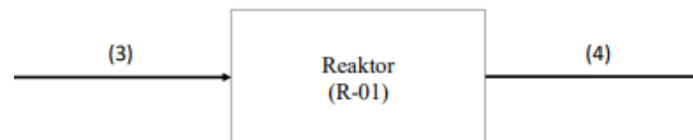
#### 3.4.1 Neraca Massa Overall

Tabel 3.38 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)		
	Arus 1	Arus 2	Arus 5	Arus 7	Arus 8
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	11.893,939	0,000	0,000	0,000	0,000
H <sub>2</sub> O	0,000	38.925,620	34.681,6	0,000	0,000
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	0,000	0,000	0,000	12.647,9	19,168
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,000	0,206	3.302,9
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	437,783
<b>Total</b>	11.893,939	38.925,620	34.681,6	12.648,106	3.489,861
		<b>50.819,6</b>		<b>50.819,6</b>	

### 3.4.2 Neraca Massa Masing-masing Alat

#### a. Reaktor

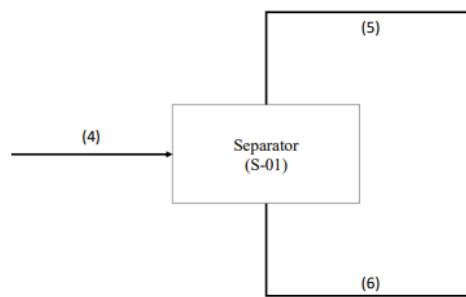


Gambar 3.3 Arus di Sekitar Reaktor

Tabel 3.39 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam
	Arus 3	Arus 4
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	11.893,939	0,000
H <sub>2</sub> O	38.925,620	34.681,600
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	0,000	12.677,100
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	0,000	3.033,120
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	0,000	437,783
<b>Total</b>	<b>50.819,603</b>	<b>50.819,603</b>

**b. Separator**

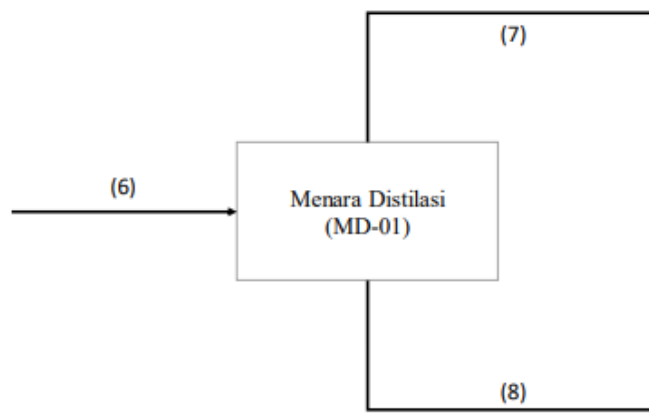


Gambar 3.4 Arus di Sekitar Separator

Tabel 3.40 Neraca Massa Separator

Komponen	Masuk, kg/jam		Keluar, kg/jam	
	Arus 4	Arus 5	Arus 5	Arus 6
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,000
H <sub>2</sub> O	34.681,600	34.681,600	34.681,600	0,000
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	12.677,100	0,000	0,000	12.677,100
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	3.033,120	0,000	0,000	3.033,120
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	437,783	0,000	0,000	437,783
Total		34.681,600	34.681,600	16.138,003
<b>Total</b>	<b>50.819,603</b>		<b>50.819,603</b>	

## c. Menara Distilasi 1



Gambar 3.5 Arus di Sekitar Menara Distilasi

Tabel 3.41 Neraca Massa Menara Distilasi

Komponen	Masuk, kg/jam		Keluar, kg/jam	
	Arus 6	Arus 7	Arus 7	Arus 8
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,000
H <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,000
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	12.677,100	12.647,900	12.647,900	19,168
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	3.033,120	0,206	0,206	3.032,910
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	437,783	0,000	0,000	437,783
Total		12.648,106	12.648,106	3.489,861
<b>Total</b>	<b>16.138,003</b>		<b>16.138,003</b>	

### 3.5 Neraca Panas

Neraca panas setiap alat dihitung dalam satuan kJ/jam dengan suhu referensi 25°C atau 298,15 K.

#### a. *Mixer (M-01)*

Tabel 3.42 Neraca Panas *Mixer*

Komponen	$\Delta H$ in (Kj/ jam)	$\Delta H$ out (Kj/ jam)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	121.837,147	76.811,425
H <sub>2</sub> O	815.670,298	515.167,654
Q steam	-	345.528,367
<b>Total</b>	<b>937.507,445</b>	<b>937.507,445</b>

#### b. *Heater 1 (HE-01)*

Tabel 3.43 Neraca Panas *Heater-01*

Komponen	$\Delta H$ in (Kj/ jam)	$\Delta H$ out (Kj/ jam)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	76.811,425	2.193.989,437
H <sub>2</sub> O	515.167,654	13.519.227,003
Q steam	15.121.237,360	-
<b>Total</b>	<b>15.713.216,439</b>	<b>15.713.216,439</b>

#### c. *Heater 2 (HE-02)*

Tabel 3.44 Neraca Panas *Heater-02*

Komponen	$\Delta H$ in (Kj/ jam)	$\Delta H$ out (Kj/ jam)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	2.193.989,437	4.824.591,514
H <sub>2</sub> O	13.519.227,003	26.921.492,082
Q steam	16.032.867,157	-
<b>Total</b>	<b>31.746.083,596</b>	<b>31.746.083,596</b>

d. *Heater 3 (HE-03)*

Tabel 3.45 Neraca Panas *Heater-03*

<b>Komponen</b>	<b><math>\Delta H</math> in (Kj/ jam)</b>	<b><math>\Delta H</math> out (Kj/ jam)</b>
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	2.578.331,893	2.948.159,166
H <sub>2</sub> O	12.011.890,369	13.498.471,570
Q steam	1.856.412,474	-
<b>Total</b>	<b>16.446.634,736</b>	<b>16.446.634,736</b>

e. *Reaktor (R-01)*

Tabel 3.46 Neraca Panas Reaktor

<b>Komponen</b>	<b><math>\Delta H</math> in (Kj/ jam)</b>	<b><math>\Delta H</math> out (Kj/ jam)</b>
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	2.948.159,166	-
H <sub>2</sub> O	13.498.475,570	12..203.665,095
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	-	4.212.259,059
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	-	865.073,333
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	-	126.420,587
$\Delta H$ Reaksi	-25.615.406,115	-
Q serap	26.576.189,452	-
<b>Total</b>	<b>17.407.418,073</b>	<b>17.407.418,073</b>

f. *Cooler 1 (C-01)*Tabel 3.47 Neraca Panas *Cooler-01*

<b>Komponen</b>	<b><math>\Delta H</math> in (Kj/ jam)</b>	<b><math>\Delta H</math> out (Kj/ jam)</b>
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-	-
H <sub>2</sub> O	12.203.665,095	8.394.063,402
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	4.212.259,059	2.818.524,815
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	865.073,333	558.666,039
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	126.420,587	82.974,418
Q pendingin	-	5.543.189,398
<b>Total</b>	<b>17.407.418,073</b>	<b>17.407.418,073</b>

g. *Separator (S-01)*Tabel 3.48 Neraca Panas *Separator*

<b>Komponen</b>	<b><math>\Delta H</math> in (Kj/ jam)</b>		<b><math>\Delta H</math> out (Kj/ jam)</b>	
	<b>Gas</b>	<b>Cair</b>	<b>Top</b>	<b>Bottom</b>
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-	-	-	-
H <sub>2</sub> O	8.394.063,402	18692910,932	8.394.063,402	-
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	2.818.524,815	15934686,633	-	15.934.686,633
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	568.666,039	989453,589	-	989.453,589
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	82.974,418	136554,887	-	136.554,887
Total	11.864.228,675	35753606,041	8.394.063,402	17.060.695,109
		47.617.834,716		25.454.758,511
Q terserap		-		22.163.076,205
<b>Total</b>		<b>47.617.834,716</b>		<b>47.617.834,716</b>

h. *Heater 4 (HE-04)*Tabel 3.49 Neraca Panas *Heater-04*

<b>Komponen</b>	<b><math>\Delta H</math> in (Kj/ jam)</b>	<b><math>\Delta H</math> out (Kj/ jam)</b>
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-	-
H <sub>2</sub> O	-	-
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	15.935.800,655	22.409.423,970
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	989.510,147	1.300.085,459
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	136.562,693	179.460,740
Q steam	6.827.096,674	-
<b>Total</b>	<b>23.888.970,168</b>	<b>23.888.970,168</b>

i. *Menara Distilasi (MD-01)*

Tabel 3.50 Neraca Panas Menara Distilasi

<b>Komponen</b>	<b><math>\Delta H</math> in (Kj/ jam)</b>	<b><math>\Delta H</math> out (Kj/ jam)</b>
$\Delta H$ Umpan	23.888.970,168	-
$\Delta H$ Distilat	-	3.887.190,007
$\Delta H$ Bottom	-	2.010.704,504
$\Delta H$ Condensor	-	13.374.390,920
$\Delta H$ Reboiler	-4.616.684,738	-
<b>Total</b>	<b>19.272.285,430</b>	<b>19.272.285,430</b>

j. *Cooler 2 (C-02)*Tabel 3.51 Neraca Panas *Cooler-02*

<b>Komponen</b>	<b><math>\Delta H</math> in (Kj/ jam)</b>	<b><math>\Delta H</math> out (Kj/ jam)</b>
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-	-
H <sub>2</sub> O	-	-
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	23.541.171,233	10.654.467,260
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	91,773	47,979
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	-	-
Q pendingin	-	12.886.747,766
<b>Total</b>	<b>23.541.263,006</b>	<b>23.541.263,006</b>

k. *Cooler 3 (C-03)*Tabel 3.52 Neraca Panas *Cooler-03*

<b>Komponen</b>	<b><math>\Delta H</math> in (Kj/ jam)</b>	<b><math>\Delta H</math> out (Kj/ jam)</b>
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-	-
H <sub>2</sub> O	-	-
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	10.654.467,260	1.171.585,423
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	47,979	6,139
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	-	-
Q pendingin	-	9.482.923,678
<b>Total</b>	<b>10.654.515,239</b>	<b>10.654.515,239</b>

**l. Cooler 4 (C-04)**

Tabel 3.53 Neraca Panas *Cooler-04*

<b>Komponen</b>	<b><math>\Delta H</math> in (Kj/ jam)</b>	<b><math>\Delta H</math> out (Kj/ jam)</b>
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-	-
H <sub>2</sub> O	-	-
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	48.964,694	25.858,968
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	1.723.591,587	1.047.329,268
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	238.148,222	144.553,342
Q pendingin	-	792.962,926
<b>Total</b>	<b>2.010.704,504</b>	<b>2.010.704,504</b>

**m. Cooler 5 (C-05)**

Tabel 3.54 Neraca Panas *Cooler-05*

<b>Komponen</b>	<b><math>\Delta H</math> in (Kj/ jam)</b>	<b><math>\Delta H</math> out (Kj/ jam)</b>
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-	-
H <sub>2</sub> O	-	-
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	25.858,968	8.745,408
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	1.047.329,268	411.328,532
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	144.553,342	56.797,833
Q pendingin	-	740.869,805
<b>Total</b>	<b>1.217.741,578</b>	<b>1.217.741,578</b>

n. *Cooler 6 (C-06)*Tabel 3.55 Neraca Panas *Cooler-06*

<b>Komponen</b>	<b><math>\Delta H</math> in (Kj/ jam)</b>	<b><math>\Delta H</math> out (Kj/ jam)</b>
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-	-
H <sub>2</sub> O	-	-
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	8.745,408	716,994
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	411.328,532	37.038,749
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	56.797,833	5.117,869
Q pendingin		433.998,162
<b>Total</b>	<b>476.871,773</b>	<b>476.871,773</b>

## BAB IV

### PERANCANGAN PABRIK

#### 4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pendirian pabrik merupakan salah satu hal penting dalam tahap pendirian pabrik yang dapat mempengaruhi kelangsungan pengoperasian suatu pabrik, seperti tempat karyawan bekerja, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku, tempat penyimpanan produk baik produk utama ataupun produk samping. Pemilihan lokasi pabrik dirancang dengan mempertimbangkan penempatan alat-alat pabrik sebagai bentuk keamanan, keselamatan, dan kenyamanan bagi karyawan. Selain peralatan yang tercantum dalam *flow sheet* proses, beberapa bangunan fisis seperti kantor, laboratorium, kantin. *Fire safety*, musholla, dan pos penjagaan yang ditempatkan pada bagian yang tidak mengganggu yang ditinjau dari segi lalu lintas dan *control* keamanan. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan dan tata letak pabrik adalah:

1. Sumber Bahan Baku

Bahan baku pembuatan produk Etilen Glikol yaitu Etilen Oksida dan Air. Bahan baku Etilen Oksida akan bekerja sama dengan PT. Polychem Indonesia yang berada di Cilegon, Banten dengan kapasitas produksi sebesar 50.000 ton/tahun. Pemilihan lokasi yang dekat dengan pemasok bahan baku dan pelabuhan akan dapat menghemat biaya transportasi.

2. Sarana Transportasi

Tata letak suatu pabrik harus memperhatikan kelancaran distribusi bahan baku, proses, dan produk. Transportasi bahan baku sebelum diolah dan produk sudah jadi harus di perhatikan tata letaknya sesuai dengan jangkauan alat produksi dan efektifitas dari luas area yang akan dipakai. Sarana transportasi dapat digunakan melalui jalur darat (jalan), jalur laut (pelabuhan), dan jalur udara (bandara).

### 3. Pemasaran Produk

Pendirian pabrik etilen glikol bertujuan agar mampu memenuhi kebutuhan konsumsi etilen glikol. Produk etilen glikol jenis polyester grade ditujukan terutama untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pabrik – pabrik yang memanfaatkan etilen glikol sebagai bahan bakunya antara lain pabrik *Polyester Staple Fiber (PSF)*, *Polyester Filament Yarn (PSY)* dan *Polyester terephthalat resin (PET)* untuk membuat plastik. Konsumen produk etilen glikol hampir seluruhnya berada di Jawa Barat dan Banten. Oleh karena itu, pendirian pabrik etilen glikol lebih baik berada di daerah Jawa Barat atau Banten untuk mempermudah pendistribusian etilen glikol ke konsumen.

### 4. Ketersediaan Tenaga Kerja

Tenaga kerja juga merupakan aspek yang penting dimana akan direkrut sumber daya manusia (SDM) yang berpengalaman dibidangnya dan diperoleh dari penduduk yang bertempat tinggal disekitar pabrik maupun dari daerah lain yang sesuai dengan kebutuhan, sehingga diharapkan dapat mengurangi pengangguran di Indonesia.

### 5. Kondisi Geografi dan Sosial

Kondisi geografi dan sosial juga merupakan faktor yang penting dengan mempertimbangkan lokasi yang luas, struktur tanah yang datar, dan tidak rawan bencana akan sangat menguntungkan. Pemilihan lokasi yang akan didirikan di kawasan industri di Kota Cilegon, Indonesia sehingga pengaturan dan penanggulangan mengenai dampak lingkungan dapat dilaksanakan dengan baik serta Kota Cilegon memiliki iklim yang stabil sepanjang tahun.

#### 6. Ketersediaan Energi dan Air

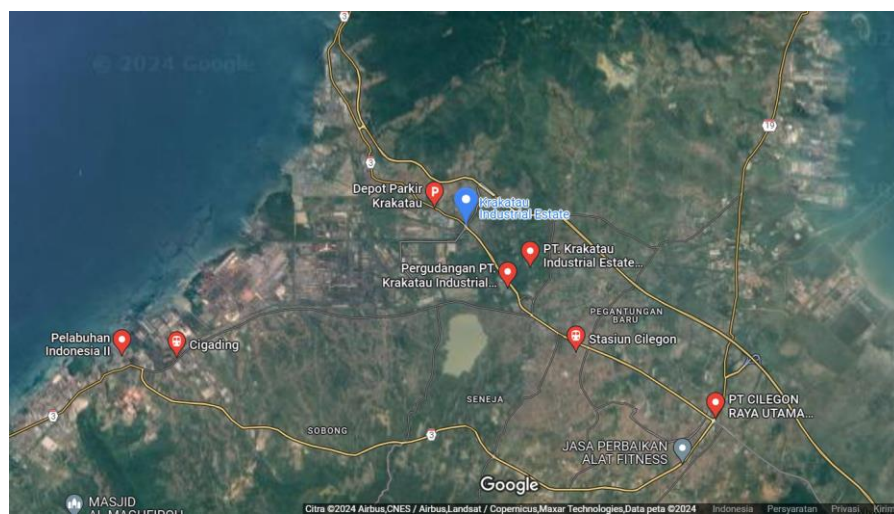
Pengoperasian pabrik juga membutuhkan bahan-bahan penunjang seperti ketersediaan air dan energi dalam unit utilitas dimana harus mempertimbangkan terkait sumber utilitas yang memadai.

#### 7. Keamanan

Keamanan dalam proses industri tidak menutup kemungkinan dapat terjadi kecelakaan kerja atau bahaya yang mengancam seperti kebakaran, ledakan, asap, dan gas beracun yang menguap sehingga perlu adanya perencanaan tata letak pabrik yang strategis. Peralatan pemadam kebakaran maupun *safety station* dengan lengkap dan memadai sangatlah di perlukan dalam penanggulangan bahaya. Bangunan perkantoran hendaknya berjauhan dengan instalasi proses, hal ini didasarkan pada faktor keamanan (untuk mencegah akibat yang buruk apabila terjadi ledakan maupun kebakaran).

Dari beberapa aspek diatas, alternatif lokasi pembangunan pabrik yang dapat dipilih antara lain Karawang, Cilegon, dan Tangerang, dengan demikian perancang memilih lokasi di Krakatau Industrial Estate Cilegon, Banten. Hal ini berkaitan dengan penyedia bahan baku yakni PT Polychem Indonesia, bahan baku air

proses, air utilitas, air laboratorium, dan air sanitasi yang akan diperoleh dari sungai Cidanau Cilegon dan PT Krakatau Tirta Industri. Selain itu, kawasan tersebut dekat dengan sarana dan prasana seperti Jalan Tol Jakarta-Merak, Bandara Soekarno-Hatta, dan sarana pengangkutan kereta api. Aspek tersebut akan memudahkan dalam pengiriman produk, operasional administrasi, dan pengolahan manajemen perusahaan.



Gambar 4.1 Lokasi Pabrik Etilen Glikol

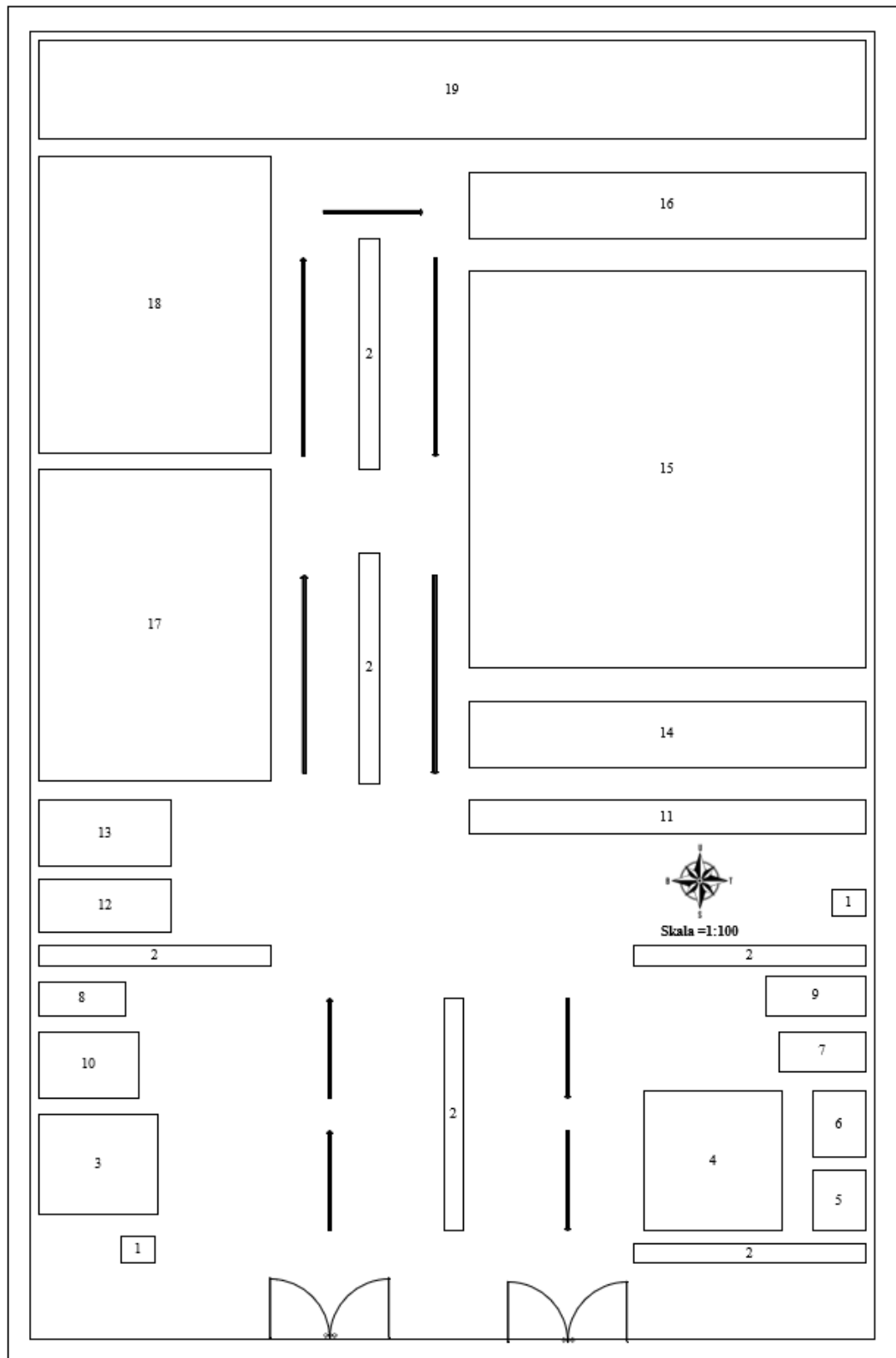
Sumber: Google Maps, 2024

## 4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)

Tata letak pabrik yang dirancang sedemikian rupa dengan mempertimbangkan aspek *Health, Safety and Environment* (HSE), sehingga penggunaan area pabrik menjadi efisien dan kelancaran proses terjamin. Adapun tabel perincian luas tanah bangunan pabrik sebagai berikut:

Tabel 4.1 Tata Letak Pabrik

No	Jenis Bangunan	Jumlah	Bangunan (m)		Luas (m <sup>2</sup> )
			Panjang	Lebar	
1	Pos keamanan	2	4	5	40
2	Jalan dan Taman	-	-	-	-
3	Lapangan Parkir	1	15	13	195
4	Gedung Kantor Utama	1	17	17	289
5	Kantin	1	8	6	48
6	Musholla	1	8	7	56
7	Poliklinik	1	6	10	60
8	Bengkel	1	4	11	44
9	Pemadam Kebakaran	1	5	9	45
10	Parkir Truk	1	10	12	120
11	Gudang	1	5	21	105
12	Laboratorium	1	8	15	120
13	<i>Control Room</i>	1	10	15	150
14	Unit Penyimpanan Bahan Baku	1	40	70	2.800
15	Unit Proses	1	60	60	3.600
16	Unit Tangki Penyimpanan Produk	1	40	70	2.800
17	Unit Utilitas	1	70	47	3.290
18	Unit Pengolahan Limbah	1	70	45	3.150
19	Area Perluasan	1	45	15	675
Total Luas Bangunan			425	448	17.587
Total Luas Tanah					23.000



Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik

Keterangan gambar tata letak pabrik:

- |                                  |                                 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 1. Pos keamanan                  | 11. Gudang                      |
| 2. Taman                         | 12. Laboratorium                |
| 3. Area parkir karyawan dan tamu | 13. Control room                |
| 4. Gedung kantor utama           | 14. Area penyimpanan bahan baku |
| 5. Kantin                        | 15. Unit operasi                |
| 6. Musholla                      | 16. Area penyimpanan produk     |
| 7. Poliklinik                    | 17. Unit utilitas               |
| 8. Bengkel                       | 18. Unit pengolahan limbah      |
| 9. Pemadam kebakaran             | 19. Area perluasan              |
| 10. Area parkir truk             |                                 |

#### **4.3 Tata letak Mesin/Alat Proses (Machines Layout)**

Tata letak untuk alat-alat proses dimaksimalkan selesai dengan urutan kerja dan fungsi masing-masing alat. Dalam perancangan lay out peralatan proses yang digunakan pada pengoperasian pabrik terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya yaitu :

##### **1. Aliran Bahan Baku dan Produk**

Peletakan aliran bahan baku dan produk yang tepat berpengaruh pada keuntungan nilai ekonomi yang tinggi. Hal tersebut dikarenakan semakin dekat penempatan bahan baku dan produk dengan jalur transportasi, maka semakin efisien dana yang akan dikeluarkan.

## 2. Cahaya

Penerangan pada area pabrik harus memadai terutama pada area-area proses yang beresiko dan berbahaya.

## 3. Aliran Udara

Aliran udara yang ada di dalam dan di sekitar area proses wajib diperhatikan lancar agar proses pengoperasian tidak terhambat.

## 4. Tata Letak Alat Proses

Penataan alat-alat proses yang tepat akan berpengaruh mempercepat jalannya proses sehingga akan berjalan dengan lancar.

## 5. Tata Letak Area Proses

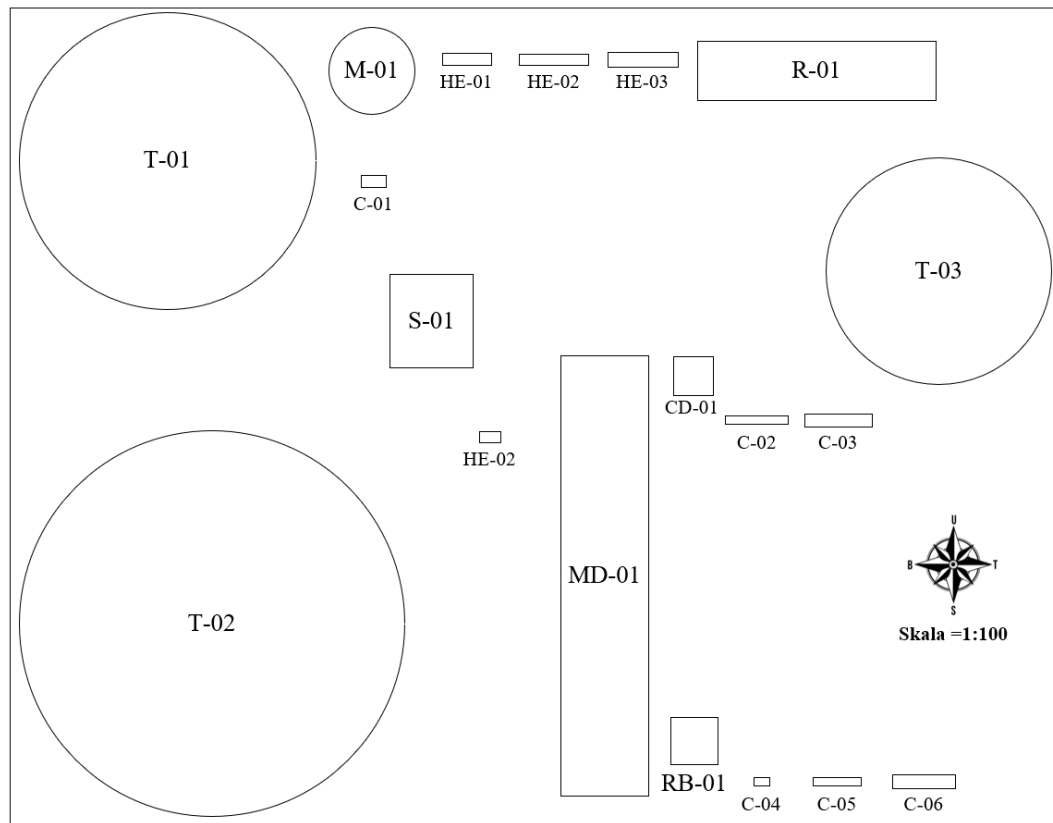
Penataan alat-alat proses pada pabrik dioptimalkan agar dapat menekan biaya operasi yang akan dikeluarkan dan menjamin keamanan produksi pabrik.

## 6. Jarak Antar Alat Proses

Perlu diberi jarak antar alat proses terutama pada alat produksi yang mudah meledak atau terbakar letaknya harap dijauhkan dari peralatan lainnya. Hal ini bertujuan agar apabila terjadi ledakan atau kebakaran tidak membahayakan peralatan lainnya.

## 7. Kelancaran Lalu Lintas

Kelancaran lalu lintas manusia ataupun barang sangat berpengaruh terhadap proses pengoperasian pabrik.



Gambar 4.3 Tata Letak Alat Unit Proses

## 4.4 Organisasi Perusahaan

### 4.4.1 Bentuk Perusahaan

Perusahaan harus ditunjang dengan struktur organisasi yang baik sehingga memiliki efisiensi yang tinggi dalam pekerjaan dapat tercapai. Jika kondisi efisiensi dalam perusahaan tinggi maka akan menciptakan produktifitas kerja yang meningkat dan mampu menghasilkan kuantitas maupun kualitas produk yang optimal. Kondisi tersebut sangat diharapkan oleh perusahaan sehingga aspek-aspek yang harus diperhatikan agar arah dan tujuan sebuah perusahaan dapat tercapai antara lain bergantung pada bentuk, struktur perusahaan, dan manajemen perusahaan. Ketiga unsur tersebut tidak dapat dipisahkan dalam menjalankan sebuah perusahaan agar tujuan perusahaan tersebut dapat tercapai.

Perancangan Pabrik Etilen Glikol rencana akan didirikan dengan bentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan status Perusahaan terbuka (Tbk) yang mendapatkan modal dari penjualan saham ke publik bursa efek.

Perseroan Terbatas adalah suatu badan usaha yang umum digunakan pada perusahaan-perusahaan besar di Indonesia. Dalam Perseroan Terbatas tanggung jawab dari para pemegang saham Perseroan Terbatas berdasarkan pada jumlah saham yang dia miliki tanpa melibatkan harta pribadi atau perseorangan yang ada di dalamnya. Sebagaimana dalam Undang-undang No. 40 tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas (UUPT) adalah badan usaha berbentuk badan hukum yang merupakan persekutuan modal, didirikan berdasarkan perjanjian, dan melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham. Pertimbangan dipilihnya bentuk perusahaan ini dalam membentuk Perseroan Terbatas (PT) menurut Budiyo (2011) adalah didasarkan atas beberapa faktor sebagai berikut: Perseroan Terbatas merupakan badan hukum sehingga keseluruhan hidup perusahaan akan terjamin meskipun nantinya terjadi pergantian kepemilikan.

1. Efektifitas Manajemen. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai Dewan Komisaris dan Direktur yang cakap dan berpengalaman
2. Perseroan Terbatas memiliki jangka waktu hidup yang tidak terbatas (eternal live)
3. Wewenang dan tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.

4. Mudah untuk mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan dan meminta pinjaman dari pihak yang berkepentingan seperti badan usaha atau perseorangan.
5. PT memiliki sistem tanggung gugat terbatas, dimana batas pertanggung jawaban seorang pemegang saham pada dasarnya hanya dibatasi sampai dengan jumlah saham yang dimilikinya kecuali memang ada alasan untuk mengubahnya menjadi tanggungjawab pribadi berdasarkan doktrin *Piercing The Corporate Veil*.
6. Mudah untuk memindahkan hak milik dengan menjual saham kepada orang lain.
7. Memiliki status sebagai badan hukum, sehingga PT merupakan subjek hukum dan mandiri, status sebagai badan hukum juga membuka kemungkinan usaha lebih luas, lebih fleksibel, karena hampir semua bentuk kegiatan ekonomi terbuka bagi PT.
8. Pemilik dan pengurus perusahaan berbeda satu sama lain, sehingga pemusatan manajemen, yang memungkinkan segala urusan pengelolaan perusahaan diserahkan kepada sekelompok orang yang dinilai profesional (Direktur) dan pengawasannya juga diserahkan kepada sekelompok orang yang memiliki kompetensi (Dewan Komisaris).
9. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena mudah memperoleh tambahan modal untuk memperluas volume usaha, misalnya dengan mengeluarkan saham baru untuk dijual ke investor.

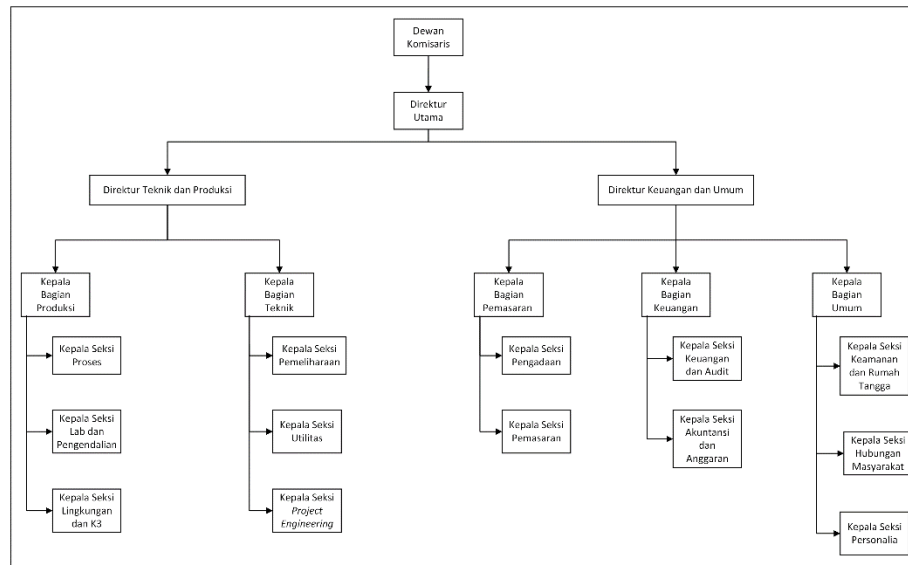
Tabel 4.2 Kelebihan Kekurangan PT

No	Kelebihan	Kekurangan
1.	Kelangsungan hidup PT lebih terjamin dan dapat dilakukan dalam jangka panjang, selama perusahaan belum mengalami kebangkrutan	Memerlukan modal yang besar untuk mendirikan dan menjalankan opera-sional perusahaan.
2.	Lebih mudah untuk melakukan perluasan dan pengembangan usaha.	Pajak perusahaan menjadi lebih besar.
3.	Kemampuan untuk mendapatkan pinjaman kredit sebagai modal usaha dari bank menjadi lebih mudah.	Rahasia perusahaan kurang terjamin karena seluruh kegiatan perusahaan harus dilaporkan kepada pemilik modal atau saham
4.	Modal yang dikumpulkan lebih besar yaitu melalui penjualan saham	Saham-sahamnya mudah di per-dagangkan sehingga menimbulkan spekulasi
5.	Manajemen dapat dikembangkan dan dilakukan lebih baik.	Keputusan tidak dapat diambil dengan cepat karena perlu dilakukan rapat terlebih dahulu dengan dewan Direktur.

#### **4.4.2 Struktur Organisasi dan Deskripsi Tugas**

Untuk memperlancar berjalannya perusahaan dengan baik, maka diperlukan adanya struktur organisasi perusahaan sehingga pembagian tugas dan wewenang pada masing-masing karyawan jelas dan dapat berjalan dengan baik. Dengan dipilihnya pendirian pabrik dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT), maka kekuasaan tertinggi ditangan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang memiliki hak untuk menunjuk Dewan Direksi sebagai penanggungjawab kegiatan perusahaan.

Struktur manajemen perusahaan rencananya akan dibagi menjadi 4 level struktural. Pimpinan tertinggi perusahaan adalah Direktur Utama yang akan membawahi 6 Departemen yaitu Teknik, Produksi, Keuangan, Umum, Sumber Daya Manusia dan Dukungan Operasi. Keenam Departemen tersebut akan dipimpin oleh masing-masing Direktur. Direktur Utama dengan keenam Direktur di masing-masing Departemen disebut dengan Direksi Perusahaan. Tingkatan manajemen yang terendah adalah Manajer. Manajer membawahi kelompok-kelompok fungsional multi disiplin. Struktur organisasi secara lengkap akan disajikan dalam bentuk diagram yang terdapat pada gambar berikut.



Gambar 4.4 Struktur Organisasi Pabrik

Berikut merupakan tugas dan tanggungjawab masing-masing jabatan adalah sebagai berikut :

#### 1. Dewan Komisaris

Tugas : Melakukan pengawasan terhadap direksi, menetapkan regulasi yang sesuai dengan regulasi pemerintah, menganalisis laporan keuangan, melindungi kepentingan pemegang saham, dan mengadakan rapat dewan komisaris setiap tahun.

Pendidikan : Sarjana

## 2. Dewan Direksi

### a. Direktur Utama

Tugas : Melaksanakan fungsi pimpinan dan penanggungjawab tertinggi dari perusahaan, memimpin seluruh kegiatan pabrik, menentukan dan menerapkan sistem kerja dan arah kebijaksanaan perusahaan, serta bertanggungjawab terhadap kelangsungan pabrik

Pendidikan : Sarjana Teknik

### b. Direktur Teknik dan Produksi

Tugas : Bertanggungjawab terhadap kebijakan perusahaan dalam bidang teknologi pendukung proses dan keberlangsungan operasi perusahaan serta bidang produksi dan keberlangsungan keseluruhan proses produksi baik secara kualitas dan kuantitas

Pendidikan : Sarjana Teknik (S1)

### c. Direktur Keuangan dan Umum

Tugas : Bertanggungjawab terhadap kebijakan perusahaan dalam bidang perancangan dan pengolahan keuangan serta pemasaran dan hubungan masyarakat.

Pendidikan : Sarjana Ekonomi/Akuntansi/Manajemen (S1)

### 3. Sekretaris

Tugas : Menyiapkan dan membuat agenda rapat dan janji dengan klien, menerima telepon untuk pimpinan, menjadi notulen rapat, menerima surat, mengurus masalah bank, dan melakukan koordinasi.

Pendidikan : Sarjana

### 4. Kepala Bagian

#### a. Kepala Bagian Produksi

Tugas : Bertanggung jawab kepada direktur produksi dan teknik dalam bidang kualitas dan kuantitas produksi. Kepala bagian produksi membawahi kepala seksi proses, kepala seksi laboratorium dan pengendalian, serta kepala lingkungan (HSE) & K3.

Pendidikan : Sarjana Teknik (S1)

#### b. Kepala Bagian Teknik

Tugas : Bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam pemeliharaan, perbaikan fasilitas, dan keselamatan produksi. Kepala bagian teknik membawahi seksi pemeliharaan, seksi utilitas, dan seksi project engineering.

Pendidikan : Sarjana Teknik (S1)

#### c. Kepala Bagian Pemasaran

Tugas : Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang bahan baku dan pemasaran hasil produksi.

Kepala bagian pemasaran mengoordinasi kepala-kepala seksi yang berada di bawahnya, yaitu kepala seksi pembelian dan kepala seksi penjualan.

Pendidikan : Sarjana Ekonomi/Manajemen (S1)

d. Kepala Bagian Keuangan

Tugas : Bertanggung jawab kepada direktur umum dan keuangan dalam bidang administrasi dan keuangan. Kepala bagian keuangan membawahi seksi administrasi, seksi akuntansi, dan seksi pembelian dan pemasaran.

Pendidikan : Sarjana Ekonomi/Manajemen (S1)

e. Kepala Bagian Umum

Tugas : Bertanggung jawab kepada direktur teknik dan produksi dalam bidang personalia, hubungan masyarakat dan keamanan. Kepala bagian umum membawahi seksi personalia, seksi hubungan masyarakat, seksi keamanan.

Pendidikan : Sarjana Hukum/Ilmu Sosial/FISIP (S1)

5. Kepala Seksi

a. Kepala Seksi Proses

Tugas : Menjalankan dan mengawasi jalannya proses produksi dan mengambil tindakan seperlunya bila ada permasalahan teknis alat proses selama produksi berlangsung.

Pendidikan : Sarjana Teknik (S1)

b. Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian

Tugas : Mengawasi mutu proses hasil-hasil produksi, mutu bahan baku utama dan pendukung serta analisa limbah ataupun hal-hal yang berhubungan dengan buangan pabrik ke lingkungan sekitar.

Pendidikan : Sarjana Teknik Kimia/Ilmu Kimia (S1)

c. Kepala Seksi Lingkungan dan K3

Tugas : Mengawasi mutu proses hasil-hasil produksi, mutu bahan baku utama dan pendukung serta analisa limbah ataupun hal-hal yang berhubungan dengan buangan pabrik ke lingkungan sekitar.

Pendidikan : Sarjana Teknik Kimia/ Teknik Lingkungan/ Kesehatan Masyarakat

d. Kepala Seksi Pemeliharaan

Tugas : Melakukan pemeliharaan dan perbaikan kerusakan peralatan pabrik. Serta memastikan dilakukan pengecekan dan pembersihan alat secara berkala. Memelihara semua mesin, peralatan listrik dan instrumentasi agar tetap dalam kondisi layak operasi.

Pendidikan : Sarjana Teknik Kimia/ Teknik Elektro/ Teknik Fisika/ Instrumentasi

e. Kepala Seksi Utilitas

Tugas : Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk kelancaran proses produksi, dan memenuhi semua kebutuhan proses (kebutuhan air, kebutuhan steam, kebutuhan listrik dan kebutuhan bahan bakar).

Pendidikan : Sarjana Teknik Kimia

f. Kepala Seksi *Project Engineering*

Tugas : Melakukan perhitungan desain awal (*preliminary design*) ketika akan dilakukan pengembangan alat proses ataupun sistem produksi. Selain itu merupakan seksi yang berhubungan dengan kontraktor saat proses pendirian project tersebut, sebagai fungsi pengawasan dan kontrol.

Pendidikan : Sarjana Teknik Mesin/ Teknik Eletro

g. Kepala Seksi Pengadaan

Tugas : Mengkoordinir seksi dalam membeli bahan baku utama ataupun pendukung dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan.

Pendidikan : Sarjana Ekonomi/ Manajemen/ Ilmu Bisnis

h. Kepala Seksi Pemasaran

Tugas : Mengkoordinir seksi dalam mengatur dan merencanakan strategi penjualan hasil produksi kepada konsumen.

Pendidikan : Sarjana Ekonomi/ Manajemen/ Ilmu Bisnis

i. Kepala Seksi Keuangan dan Audit

Tugas : Mengkoordinir seksi dalam melakukan pencatatan hutang piutang, penanaman modal, perhitungan prediksi keuntungan perusahaan, dan melakukan audit tentang penggunaan uang di tiap bagian perusahaan.

Pendidikan : Sarjana Ekonomi/ Akuntansi

j. Kepala Seksi Akuntansi dan Anggaran

Tugas : Mengkoordinir seksi dalam menghitung semua penggunaan uang perusahaan dalam mengadakan perhitungan gaji dan insentif karyawan, serta pemasukan perusahaan, dan membuat laporan penggunaan kas modal perusahaan secara berkala.

Pendidikan : Sarjana Ekonomi/ Anggaran

k. Kepala Seksi Keamanan dan Rumah Tangga

Tugas : Mengkoordinir seksi dalam menjaga keamanan pabrik dan mengawasi keluar masuknya orang maupun barang di lingkungan pabrik, serta bertanggung jawab terhadap kebersihan perusahaan dan lingkungan pabrik, serta penyediaan konsumsi bagi para pegawai.

Pendidikan : Sarjana Ekonomi/ Hukum/ FISIP

i. Kepala Seksi Hubungan Masyarakat

Tugas : Mengkoordinir seksi dalam mengatur hubungan perusahaan dengan masyarakat diluar perusahaan, dan bertanggung

jawab terhadap program CSR perusahaan dalam rangka menjaga citra baik perusahaan di masyarakat.

Pendidikan : Sarjana FISIP/ Hukum (S1)

j. Kepala Seksi Personalia

Tugas : Mengkoordinir seksi dalam melakukan penerimaan dan pembinaan tenaga kerja, dan melakukan pendataan secara administratif terhadap data seluruh pegawai, dan menyediakan fasilitas training pelatihan secara rutin dan berkala kepada seluruh pegawai perusahaan.

Pendidikan : Sarjana Psikologi (S1)

#### **4.4.3 Jumlah Karyawan dan Gaji**

Jumlah dan gaji karyawan harus ditentukan dengan tepat dengan cara menghitung jumlah karyawan proses berdasarkan jumlah peralatan, jumlah karyawan proses per unit, dan rincian karyawan lain ditentukan sehingga semua pekerjaan yang ada dapat dilakukan dengan baik dan efektif. Berikut perincian jumlah karyawan:

Tabel 4.3 Jumlah Karyawan

No	Jabatan	Jumlah
1	Dewan Komisaris	3
2	Direktur Utama	1
3	Direktur Teknik dan Produksi	1
4	Direktur Keuangan dan Umum	1
5	Sekretaris	2
6	Kepala Bagian Produksi	1
7	Kepala Bagian Teknik	1
8	Kepala Bagian Pemasaran	1
9	Kepala Bagian Keuangan	1
10	Kepala Bagian Umum	1
11	Kepala Seksi Proses	1
12	Kepala Seksi Lab dan Pengendalian	1
13	Kepala Seksi Lingkungan dan K3	1
14	Kepala Seksi Pemeliharaan	1
15	Kepala Seksi Utilitas	1
16	Kepala Seksi <i>Project Engineering</i>	1
17	Kepala Seksi Pengadaan	1
18	Kepala Seksi Pemasaran	1
19	Kepala Seksi Keuangan dan Audit	1
20	Kepala Seksi Akuntansi dan Anggaran	1
21	Kepala Seksi Keamanan dan Rumah Tangga	1
22	Kepala Seksi Hubungan Masyarakat	1
23	Kepala Seksi Personalia	1
24	Karyawan Proses	20
25	Karyawan Lab dan Pengendalian	8
26	Karyawan Lingkungan dan K3	8
27	Karyawan Pemeliharaan	8
28	Karyawan Utilitas	20

Lanjutan Tabel 4.3

No	Jabatan	Jumlah
29	Karyawan <i>Project Engineering</i>	4
30	Karyawan Pengadaan	2
31	Karyawan Pemasaran	2
32	Karyawan Keuangan dan Audit	2
33	Karyawan Akuntansi dan Anggaran	2
34	Karyawan Keamanan dan Rumah Tangga	16
35	Karyawan Hubungan Masyarakat	2
36	Karyawan Personalia	2
37	Dokter	2
38	Supir	4
39	<i>Office boy</i>	2
40	<i>Cleaning Service</i>	6
<b>Jumlah</b>		<b>136</b>

Berikut rincian penggajian karyawan adalah seperti tabel berikut:

Tabel 4.4 Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/ Orang/ Bulan	Total Gaji/ Bulan
1	Dewan Komisaris	2	Rp40.000.000	Rp80.000.000
2	Direktur Utama	1	Rp40.000.000	Rp40.000.000
3	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
4	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
5	Sekretaris	2	Rp5.500.000	Rp11.000.000
6	Kepala Bagian Produksi	1	Rp22.000.000	Rp22.000.000

Lanjutan Tabel 4.4

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/ Orang/ Bulan	Total Gaji/ Bulan
7	Kepala Bagian Teknik	1	Rp22.000.000	Rp22.000.000
8	Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp17.000.000	Rp17.000.000
9	Kepala Bagian Keuangan	1	Rp17.000.000	Rp17.000.000
10	Kepala Bagian Umum	1	Rp17.000.000	Rp17.000.000
11	Kepala Seksi Proses	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
12	Kepala Seksi Lab dan Pengendalian	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
13	Kepala Seksi Lingkungan dan K3	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
14	Kepala Seksi Pemeliharaan	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
15	Kepala Seksi Utilitas	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
16	Kepala Seksi <i>Project Engineering</i>	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000
17	Kepala Seksi Pengadaan	1	Rp9.600.000	Rp9.600.000
18	Kepala Seksi Pemasaran	1	Rp9.600.000	Rp9.600.000
19	Kepala Seksi Keuangan dan Audit	1	Rp9.600.000	Rp9.600.000
20	Kepala Seksi Akuntansi dan Anggaran	1	Rp9.600.000	Rp9.600.000

Lanjutan Tabel 4.4

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/ Orang/ Bulan	Total Gaji/ Bulan
21	Kepala Seksi Keamanan dan Rumah Tangga	1	Rp9.600.000	Rp9.600.000
22	Kepala Seksi Hubungan Masyarakat	1	Rp9.600.000	Rp9.600.000
23	Kepala Seksi Personalia	1	Rp9.600.000	Rp9.600.000
24	Karyawan Proses	20	Rp5.800.000	Rp116.000.000
25	Karyawan Lab dan Pengendalian	8	Rp5.800.000	Rp46.400.000
26	Karyawan Lingkungan dan K3	8	Rp5.800.000	Rp46.400.000
27	Karyawan Pemeliharaan	8	Rp5.800.000	Rp46.400.000
28	Karyawan Utilitas	20	Rp5.800.000	Rp116.000.000
29	Karyawan <i>Project Engineering</i>	4	Rp5.800.000	Rp23.200.000
30	Karyawan Pengadaan	2	Rp5.000.000	Rp10.000.000
31	Karyawan Pemasaran	2	Rp5.000.000	Rp10.000.000
32	Karyawan Keuangan dan Audit	2	Rp5.000.000	Rp10.000.000
33	Karyawan Akuntansi dan Anggaran	2	Rp5.000.000	Rp10.000.000
34	Karyawan Keamanan dan Rumah Tangga	16	Rp5.000.000	Rp80.000.000

Lanjutan Tabel 4.4

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/ Orang/ Bulan	Total Gaji/ Bulan
35	Karyawan Hubungan Masyarakat	2	Rp5.000.000	Rp10.000.000
36	Karyawan Personalia	2	Rp5.000.000	Rp10.000.000
37	Supir	4	Rp4.900.000	Rp19.600.000
38	Office boy	2	Rp4.900.000	Rp9.800.000
39	Cleaning Service	6	Rp4.900.000	Rp29.400.000
<b>Jumlah</b>		<b>133</b>		<b>Rp1.018.400.000</b>

#### 4.4.4 Jam Kerja Karyawan

Pabrik Etilen Glikol dari Etilen Oksida dan air ini beroperasi 24 jam sehari dari 330 hari dalam setahun. Berdasarkan jam kerjanya, karyawan Perusahaan di golongkan menjadi 2 yaitu:

1. Karyawan *non-shift* (regular)

Karyawan *non-shift* merupakan karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung seperti seksi proses, produksi, dan utilitas. Karyawan *non-shift* adalah direktur, staff ahli, kepala bagian, kepala seksi, serta seluruh karyawan dinaungan direktur keuangan dan umum, terkecuali di seksi keamanan. Karyawan *non-shift* bekerja selama 5 hari dalam seminggu dan libur pada hari Sabtu, Minggu, dan Hari Besar dengan jam kerja:

- Hari Senin – Kamis

Jam kerja : 07.30-16.30 WIB

Jam istirahat : 12.00-13.00 WIB

- Hari Jumat

Jam kerja : 07.30-16.30 WIB

Jam istirahat : 11.00-13.00 WIB

## 2. Karyawan *shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang secara langsung menangani proses produksi atau menjalankan bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Kegiatan perusahaan yang dijalani oleh pekerja *shift* adalah selama 8 jam kerja per hari. Karyawan *shift* antara lain seksi proses produksi, sebagian seksi laboratorium, seksi pemeliharaan, seksi utilitas dan seksi keamanan. Berikut pembagian *shift* karyawan:

Tabel 4.5 Pembagian Shift Karyawan

<i>Shift</i>	Operasi	Keamanan
Malam	23.00-07.00 WIB	22.00-06.00 WIB
Pagi	07.00-15.00 WIB	06.00-14.00 WIB
Sore	15.00-23.00 WIB	14.00-22.00 WIB

Karyawan *shift* terdiri dari 4 grup setiap harinya yang terbagi menjadi *shift* pagi, siang, dan malam serta satu *shift* libur dan dikarenakan secara bergantian. Tiap kelompok akan mendapat giliran 5 hari kerja 2 hari libur tiap *shift* dan masuk lagi untuk *shift* berikutnya. Untuk hari besar agama dan nasional yang ditetapkan pemerintah, karyawan *shift* tetap masuk. Berikut jadwal kerja setiap kelompok:

Tabel 4.6 Jadwal Kerja Setiap Kelompok

Kelompok	Hari ke-													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I	L	L	P	P	S	S	M	M	L	L	P	P	S	S
II	P	P	S	S	M	M	L	L	P	P	S	S	M	M
III	S	S	M	M	L	L	P	P	S	S	M	M	L	L
IV	M	M	L	L	P	P	S	S	M	M	L	L	P	P

Keterangan:

M : *shift* malam

P : *shift* pagi

S : *shift* siang

L : libur

Jam kerja tersebut dapat berubah-ubah dengan kepinginan operasional perusahaan, yang tentunya dengan mengindahkan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Kelancaran produksi dari suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh faktor kedisiplinan karyawannya. Untuk itu kepada seluruh karyawan diberlakukan presensi kehadiran yang akan digunakan pimpinan perusahaan sebagai dasar dalam mengembangkan karir para karyawan dalam perusahaan.

#### 4.4.5 Hak dan Fasilitas Karyawan

Salah satu faktor yang berperan untuk meningkatkan efektivitas kerja adalah hak dan fasilitas karyawan yang diberikan oleh perusahaan. Untuk meningkatkan kesejahteraan karyawan, perusahaan memberikan hak dan fasilitas berupa:

1. Tunjangan
  - Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.

- Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja diluar jam kerja. Tunjangan ini besarnya ditentukan oleh jumlah jam kerja lembur.

## 2. Cuti

- Cuti tahunan diberikan kepada karyawan selama dua belas hari kerja dalam satu tahun.
- Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

## 3. Pakaian kerja

Pakaian kerja diberikan kepada karyawan sejumlah tiga pasang untuk setiap tahun.

## 4. Pengobatan

- Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak disebabkan karena kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.
- Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit akibat kecelakaan kerja biaya pengobatan akan ditanggung oleh perusahaan sesuai dengan undang–undang yang berlaku.

## 5. Fasilitas Koperasi

Koperasi karyawan didirikan dengan tujuan untuk meningkatkan kesejahteraan karyawan dan memenuhi kebutuhan sehari–hari karyawan.

## 6. Asuransi Tenaga Kerja (ASTEK)

Karyawan yang bekerja di perusahaan ini didaftarkan sebagai anggota asuransi Jaminan Sosial Tenaga Kerja (JAMSOSTEK).

7. Fasilitas Transportasi

Perusahaan memberikan fasilitas transportasi berupa mobil beserta sopir untuk kegiatan operasional bagi beberapa karyawan sesuai dengan jabatannya.

8. Fasilitas Peribadatan

Perusahaan menyediakan tempat peribadatan di sekitar areal pabrik.

9. Fasilitas Kantin

Kantin disediakan untuk memenuhi kebutuhan makan bagi para karyawan.

10. Fasilitas Penunjang Lain Perusahaan memberikan tunjangan – tunjangan lain berupa:

- Bonus bagi produksi yang melebihi target yang ditetapkan.
- Tunjangan hari raya (THR) bagi semua karyawan.
- Tunjangan perjalanan dinas.
- Tunjangan hari tua yang dibayar sekaligus.
- Tunjangan kematian.

11. Peralatan Safety

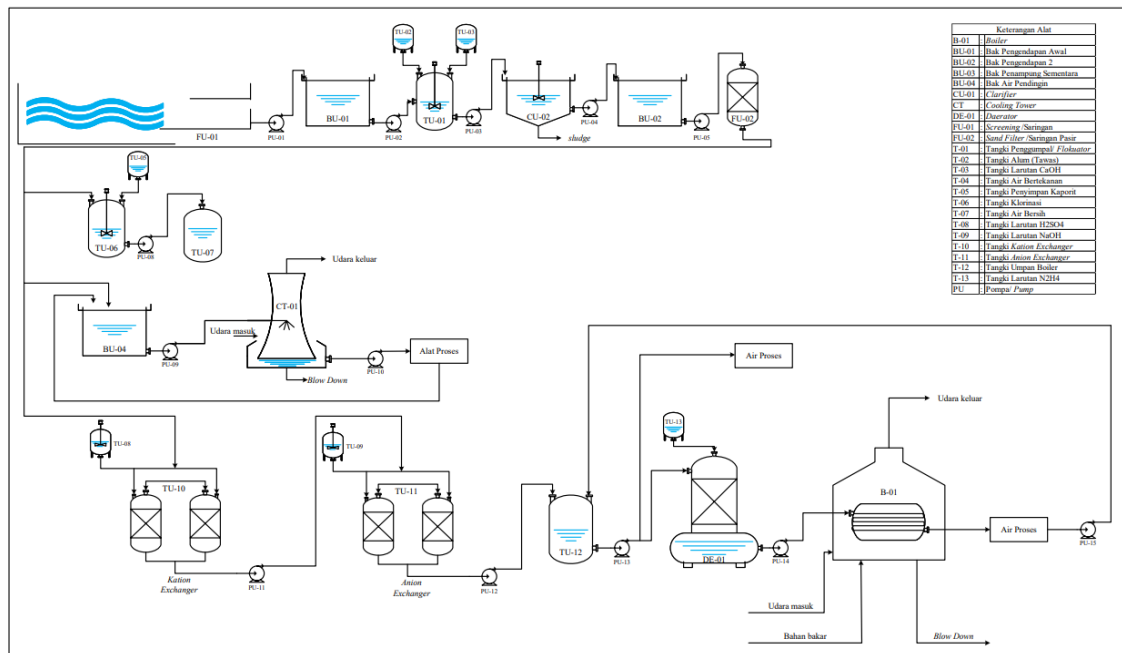
Untuk menjaga keselamatan kerja karyawan di pabrik, diberikan peralatan safety shoes, safety helmet, masker dan alat – alat safety yang lain.

## **BAB V**

### **UTILITAS**

Fasilitas pendukung pada pabrik diperlukan untuk mendukung proses tersebut untuk kelancaran proses produksi. Fasilitas penunjang sumber daya lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan penolong sehingga proses produksi dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Unit utilitas disebuah pabrik terdiri atas berbagai komponen yang mendukung berbagai kebutuhan operasional. Unit utilitas terdiri dari:

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air
2. Unit Pembangkit *Steam*
3. Unit Pembangkit Listrik
4. Unit Penyedia Udara Tekan
5. Unit Penyedia Bahan Bakar
6. Unit Pengolahan Limbah



Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas

## 5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Pada pabrik etilen glikol unit penyediaan air ini berperan untuk menyediakan kebutuhan air mulai dari pengadaan, pengolahan, hingga air yang sesuai dengan standar yang berlaku.

### 5.2.1 Unit Penyediaan Air

Unit penyediaan air diperuntukkan untuk menunjang keperluan proses produksi etilen glikol dari bahan baku etilen oksida dengan proses hidrasi nonkatalitik, yang terdiri dari :

#### 1. Air proses

Air proses merupakan air yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan etilen glikol. Dalam perancangan pabrik etilen glikol ini, sumber air yang digunakan berasal dari air Sungai Cidanau. Pertimbangan penggunaan air sungai sebagai penyediaan sumber air pada pabrik antara lain :

- a. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya lebih besar karena membutuhkan alat yang relatif lebih mahal.
- b. Jumlah air sungai yang lebih banyak dibandingkan jumlah air sumur.
- c. Lokasi sungai berada tidak jauh dari lokasi pembangunan pabrik.

Air dari sungai Cidanau masih mengandung impuritas dan mineral yang dapat mengganggu proses reaksi maupun menyebabkan kerusakan alat. Impuritas dan mineral tersebut harus dihilangkan dengan cara melakukan pengolahan air, sehingga nantinya air bebas dari semua kontaminan baik terlarut maupun tersuspensi, organik maupun anorganik serta ion-ion, biasa juga disebut sebagai *Demineralized (DM) air*.

Tabel 5.1 Kualitas Air Proses

No	Parameter	Jumlah
1	pH	6,8 – 7,0
2	Turbiditas	Nil
3	<i>Total Dissolved Solids (TDS)</i>	Nil
4	<i>Oxygen</i>	Nil
5	Konduktivitas	< 0,2 $\mu\text{S/cm}$
6	<i>Silica</i>	< 0,02 mg/L
7	<i>Hardness</i>	Nil

(Elshorbagy dan Chowdhury, 2013)

## 2. Air Pendingin

Air pendingin (*cooling water*) adalah air yang dapat menyerap dan memindahkan panas dari suatu sistem. Sistem yang dilalui oleh aliran air

pendingin disebut sebagai sistem air pendingin (*cooling water system*). Pabrik etilen glikol ini menggunakan sistem air pendingin resirkulasi terbuka yang dilengkapi dengan *cooling tower*. Untuk air pendingin resirkulasi terbuka perlu diperhatikan peningkatan *total dissolve solid* akibat menguapnya sebagian air saat didinginkan di *cooling tower*. *Total dissolved solid* yang tinggi akan menimbulkan terbentuknya kerak, maka diperlukan sistem *partial blow down* dan pemberian *make-up water*. Air pendingin di pabrik ini digunakan pada *cooler* untuk mendinginkan umpan hasil atas distilasi. Berikut ini kualitas air pendingin resirkulasi terbuka.

Tabel 5.2 Kualitas Air Pendingin

Parameter	Air Pendingin		
	<i>Circulating Water</i>	<i>Makeup Water</i>	<i>Transient Water</i>
pH	6,5 – 8,2	6,0 – 8,0	6,8 – 8,0
Konduktivitas Elektrik (mS/m)	< 80	< 30	< 40
Klorin (mg/L)	< 200	< 50	< 50
Sulfat (mg/L)	< 200	< 50	< 50
Alkalinitas (mg/L)	< 100	< 50	< 50
Total <i>Hardness</i> (mg/L)	< 200	< 70	< 70
Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	< 150	< 50	< 50
Silica (mg/L)	< 40	< 30	< 30

(Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association

Guidelines, 1994)

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada air pendingin yaitu :

- a. Kesadahan (*hardness*) dan silika, yang dapat menyebabkan kerak
- b. Besi dan oksigen terlarut, yang dapat menimbulkan korosi
- c. *Total suspended solid* dan lumut, yang dapat menyebabkan *fouling*

Air pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air pendingin yang telah digunakan dalam pabrik yang kemudian didinginkan pada cooling tower. Kehilangan air karena penguapan di cooling tower dan kehilangan air dari blow down perlu di make-up dengan air yang disediakan water storage.

### 3. Air Umpan Boiler

Boiler adalah alat penyedia steam yang dihasilkan dari air yang diuapkan dengan cara pemanasan. Panas yang digunakan adalah dari pembakaran bahan bakar di ruang bakar boiler. Air umpan boiler perlu perlakuan khusus agar dalam boiler tidak terbentuk kerak yang mengurangi efisiensi perpindahan panas. Berikut adalah persyaratan air umpan boiler :

Tabel 5.3 Syarat Air Umpan Boiler

Parameter	Satuan	Pengendalian Batas
Total Hardness	mg/L	0,1
pH	Unit	7,5-10
Oksigen terlarut	mg/L	0,04
Silika	mg/L	150
Fe	mg/L	0,1

(ASME, 1994)

Untuk mencapai batasan tersebut, air umpan boiler harus ditreatment secara eksternal dan internal. *External treatment* adalah perlakuan terhadap air sebelum masuk unit pembangkit uap. *Internal treatment* adalah treatment yang dilakukan

pada unit pembangkit uap sebagai pencegahan terjadinya kerak, korosi, serta *foaming*. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah sebagai berikut :

- a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi. Korosi yang terjadi di dalam boiler disebabkan karena air mengandung larutan-larutan asam dan gas-gas terlarut seperti O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, dan NH<sub>3</sub>.
- b. Zat yang menyebabkan kerak (*scale forming*). Pembentukan kerak disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat.
- c. Zat yang menyebabkan *foaming*. Air yang diambil dari proses pemanasan biasanya menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik, anorganik dan zat-zat yang tak larut dalam jumlah besar. Efek alkalinitas terjadi akibat alkalinitas yang tinggi.

#### 4. Air Sanitasi

Air kebutuhan sanitasi dan konsumsi dalam suatu pabrik digunakan untuk keperluan laboratorium, karyawan (minum), memasak, mencuci, dan mandi. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 tahun 2017 air sanitasi harus memenuhi syarat kualitas air bersih yang meliputi:

- a. Syarat Fisik
  - Tidak Berbau
  - Tidak Berasa
  - TDS tidak lebih dari 1500 mg/L
  - Kekeruhan maksimum 25 NTU

- Suhu + 3 °C dari suhu udara
- Warna tidak lebih dari 50 TCU

b. Syarat Kimia

- pH 6,5–9,0
- Tidak mengandung zat-zat kimia beracun dan berbahaya baik organik maupun anorganik
- Steril dari mikroba

c. Syarat Bakteriologis

- Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri pathogen
- Bakteri *Echeruchia Coli* kurang dari 1/100 ml
- Untuk air sanitasi ditambahkan kaporit ( $\text{Ca}(\text{Cl})_2$ ) atau desinfektan.

5. Air Hidrant

Salah satu bagian dari utilitas pabrik ini adalah air pemadam kebakaran (*hidrant*). Kebutuhan air untuk seksi ini sangat diperlukan jika suatu saat terjadi musibah kebakaran yang menimpa salah satu bagian dari pabrik. Jadi, penggunaan air untuk keperluan ini tidak dilakukan secara rutin dan kontinyu tetapi hanya bersifat insidental hanya saat terjadi kebakaran. Air hidran tidak menyangkut proses sehingga tidak membutuhkan spesifikasi yang komplek. Dalam prakteknya kebutuhan air ini disalurkan melalui pipa hidran yang tersambung melalui saluran yang melintasi seluruh lokasi pabrik. Pipa-pipa hidran terutama dipersiapkan pada lokasi pabrik yang cukup strategis dengan pertimbangan utama adalah pada kemudahan pencapaian pada semua lokasi pabrik.

### 5.2.2 Unit Pengolahan Air

Pengolahan air bertujuan untuk memenuhi syarat-syarat air untuk dapat digunakan. Sumber air yang digunakan untuk kebutuhan pabrik etilen glikol menggunakan proses hidrasi nonkatalitik ini diperoleh dari Sungai Cidanau 2.000 liter/detik (Krakatau tirta, 2019. Diakses 2024). Sungai cidanau mengalir dari Rawa Danau ke arah barat dan bermuaran ke selat sunda. Untuk dapat digunakan, air dari Sungai Cidanau harus terlebih dahulu diolah agar dapat memeneuhi syarat. Berikut bagan pengolahan air Sungai Cidanau:

#### 1. Unit Pengolahan

Tahap awal ini pengolahan air pertama dari sungai Cidanau. Mula-mula *raw water* *discreening* di dalam *rough screen* untuk memisahkan bahan yang terapung.

#### 2. Unit sedimentasi

Tahap sedimentasi merupakan suatu proses yang bertujuan untuk memisahkan atau mengendapkan zat-zat padat atau suspensi non-koloidal dalam air. Dilakukan dengan memanfaatkan gaya gravitasi sehingga padatan dapat mengendap dengan sendirinya. Selanjutnya, air akan masuk ke dalam *clarifier* untuk proses selanjutnya.

#### 3. Unit *Clarifier*

Pada unit ini bertujuan untuk menghilangkan padatan tersuspensi baik padatan kasar yang masih tersisa, padatan halus maupun yang bersifat koloid. Di dalam unit ini terjadi proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi.

- a. Koagulasi merupakan proses penetralan partikel-partikel yang ada dalam air sehingga dapat diendapkan dengan cara menambahkan bahan kimia

pengendap (koagulan). Koagulan yang digunakan adalah larutan alum ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) yang ditambahkan ke dalam air dan diaduk dengan cepat. Hasil reaksi kimia yang terjadi disebut flok yaitu partikel bukan koloid yang sangat halus (gumpalan padatan yang besar).

- b. Flokulasi merupakan kelanjutan dari proses koagulasi dimana pada proses ini partikel-partikel halus hasil koagulasi membentuk suatu gumpalan besar sehingga lebih mudah mengendap. Proses ini menggunakan pengadukan lambat.
- c. Sedimentasi merupakan proses terakhir dalam unit ini. Air yang telah melewati proses koagulasi dan flokulasi kemudian masuk ke dalam tahap ini dimana nantinya flok-flok akan mengendap sehingga didapat air yang bersih.

#### 4. Unit Klorinasi

Air yang berasal dari unit *clarifier* masuk kedalam *sand filter* dan kemudian masuk ke dalam unit klorinasi. Di dalam unit ini ditambahkan zat klorin untuk menghilangkan mikroorganisme di dalam air. Selain itu, didalam unit ini ditambahkan juga kapur untuk menetralisasi air yang sebelumnya bersifat asam akibat penambahan alum. Selanjutnya, air ditampung didalam *filtered water storage* yang kemudian dapat digunakan sebagai air pendingin, air sanitasi, dan air hidran. Untuk air proses dan air umpan boiler akan diproses lebih lanjut menuju *carbon filter*.

#### 5. Carbon Filter

Unit ini akan mengolah air untuk menjadi air umpan *boiler*. Unit ini bertujuan untuk menghilangkan warna yang berasal dari logam berat. Proses penjerapan

dengan *carbon filter* dilakukan terlebih dahulu sebelum unit demineralisasi untuk mengurangi beban kerja pada unit demineralisasi.

#### 6. Unit Demineralisasi

Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung didalam air seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , dan lain-lain dengan menggunakan resin. Demineralisasi diperlukan karena air umpan *boiler* harus memenuhi syarat-syarat tertentu. Hal ini dimaksudkan agar:

- a. Bebas dari gas-gas yang dapat mengakibatkan korosi.
- b. Tidak menimbulkan kerak pada kondisi uap yang dikehendaki maupun pemanas *tube heat exchanger* jika uap digunakan sebagai pemanas. Hal tersebut akan mengakibatkan turunnya efisiensi operasi bahkan bisa mengakibatkan tidak beroperasi sama sekali.

Demineralisasi terdiri dari tahapan berikut ini:

##### 1. Penukar kation

Air yang berasal dari *carbon filter* diumpankan ke dalam alat penukar kation untuk menghilangkan kandungan kation seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , dan  $\text{Fe}^{2+}$  dengan menggunakan resin. Prinsip resin penukar kation yaitu resin akan menyerap ion mineral bermuatan positif (misalnya  $\text{M}^+$ ) dan resin akan melepas ion hidrogen. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



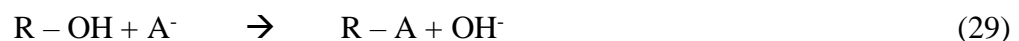
Resin yang sudah jenuh maka kemampuan mengikat mineralnya akan turun, hal ini ditandai dengan meningkatnya konduktivitas air yang dihasilkan. Untuk meregenerasi resin yang telah jenuh, dilakukan dengan cara

mengalirkan larutan asam  $\text{H}_2\text{SO}_4$  untuk mengikat  $\text{H}^+$ . Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



## 2. Penukar anion

Air yang keluar dari alat penukar kation kemudian diumpankan ke alat penukar anion untuk menghilangkan anion-anion mineralnya. Prinsip resin penukar anion yaitu resin akan menyerap ion mineral bermuatan negatif (misal  $\text{A}^-$ ) dan resin akan melepas hidroksi ( $\text{OH}^-$ ). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Resin yang sudah jenuh maka kemampuan mengikat mineralnya akan turun, hal ini ditandai dengan meningkatnya konduktivitas air yang dihasilkan. Untuk meregenerasi resin yang telah jenuh, dilakukan dengan menggunakan larutan  $\text{NaOH}$  untuk mengikat  $\text{OH}^-$ . Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Air yang keluar dari demineralisasi sebagian ada yang digunakan untuk air proses dan sebagian masuk ke dalam pengolahan deaerator untuk digunakan sebagai air umpan boiler.

## 7. Unit Deaerator

Air yang telah mengalami demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut terutama gas oksigen dan karbon dioksida. Gas-gas ini harus dihilangkan dari air karena dapat menyebabkan korosi pada peralatan proses. Gas tersebut dihilangkan

dengan menggunakan proses stripping menggunakan steam bertekanan rendah suhu 130°C. Steam akan menyerap O<sub>2</sub> yang terlarut pada air sehingga didapatkan air yang bebas dari O<sub>2</sub>. Selain itu steam juga akan meningkatkan suhu air mendekati titik didihnya yaitu sekitar 90°C. Di dalam deaerator juga diinjeksikan bahan-bahan kimia seperti berikut ini:

a. Hidrazin

Larutan ini berfungsi untuk mengikat O<sub>2</sub> yang masih tersisa. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



b. Ammonia

Larutan ini digunakan untuk mengontrol pH sehingga keluaran deaerator air berada pada pH antara 8,5-9,5.

c. Larutan fosfat (Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>O)

Larutan ini digunakan untuk mengatur kesadahan air yang tersisa dengan cara mengendapkan semua kesadahan sebagai fosfat.

### 5.1.3 Kebutuhan Air

Secara umum penyediaan kebutuhan air digunakan untuk air proses, air pendingin dan steam. Berikut adalah kebutuhan air yang diperlukan:

1. Air Proses

Pada pabrik etilen glikol air kebutuhan proses yang diperlukan sebesar 38925,620 kg/jam yang digunakan untuk keperluan bahan baku. Perancangan dibuat over design sebanyak 20% sehingga menjadi 46710,744 kg/jam

## 2. Air Pendingin

Air pendingin (*cooling water*) digunakan untuk mendinginkan umpan keluaran beberapa alat sebagai berikut :

Tabel 5.4 Kebutuhan Air Pendingin

No	Nama Alat	Kebutuhan (Kg/jam)
1	<i>Condensor-01</i>	127.606,251
2	<i>Cooler-01</i>	50.000
3	<i>Cooler-02</i>	23.000
4	<i>Cooler-03</i>	18.300
5	<i>Cooler-04</i>	5.000
6	<i>Cooler-05</i>	4.800
7	<i>Cooler-06</i>	4.000
<b>Total</b>		<b>23.706,251</b>

Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 279247,501 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pendingin mengalami *blowdown* pada unit *cooling water* sehingga diperlukan adanya air *make-up*. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan kebutuhan air *make-up* yaitu sebesar 10.681,217 kg/jam.

## 3. Air Pemanas (*Steam*)

Air *steam* dalam pabrik digunakan untuk media pemanas. Steam yang digunakan dalam pabrik ini adalah saturated steam. Air *steam* yang dapat digunakan untuk *boiler* harus memenuhi persyaratan. Jumlah kebutuhan *steam* untuk peralatan pada pabrik etilen glikol ini adalah sebagai berikut:

Tabel 5.5 Kebutuhan *Steam*

No	Nama Alat	Kebutuhan (Kg/jam)
1	HE-01	40.000
2	HE-02	36.205
3	HE-03	35.800
4	HE-04	60.000
5	<i>Reboiler-01</i>	100.312,899
<b>Total</b>		<b>272.317,899</b>

Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 326.781,480 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pembangkit steam mengalami *blowdown* pada *boiler* sebesar 15% dan penggunaan *steam trap* sebesar 5%, sehingga jumlah air *make-up* yang dibutuhkan setelah dilakukan perhitungan yaitu sebesar 78.427,555 kg/jam.

#### 4. Air Domestik dan Kebutuhan lainnya

Selain untuk kebutuhan proses, air digunakan pula untuk kebutuhan umum seperti air kantor dengan jumlah karyawan yaitu 136 orang dengan perkiraan kebutuhan air/orang adalah 100 kg/hari, air *service* (*laboratorium*, pemadam kebakaran, bengkel, kantin, dll), dan air rumah tangga dengan rencana perumahan yaitu 15 rumah dengan kapasitas tiap rumah yaitu 6 orang yang diperkirakan kebutuhan air/orang adalah 200 kg/hari.

Tabel 5.6 Kebutuhan Domestik dan Kebutuhan Lainnya

No	Kebutuhan Air	Kebutuhan (Kg/hari)
1	Air Kantor	13.600
2	Air Service	3.500
3	Air Rumah Tangga	18.000
<b>Total</b>		<b>35.100</b>
<b>Overdesign 20% (kg/jam)</b>		<b>1.755</b>

Total air sungai yang dibutuhkan dihitung dengan dengan menjumlahkan semua komponen pada poin-poin diatas. Jumlah air laut yang harus disediakan sebagai berikut :

Tabel 5.7 Total Kebutuhan Air

No	Utilitas	Kebutuhan (Kg/jam)
1	Air proses	46.710,744
2	Air pendingin	279.247,501
3	Air steam	326.781,480
4	Air domestik dan kebutuhan lainnya	1.755
<b>Total</b>		<b>654.494,724</b>

## 5.2 Unit Pembangkit Steam

Unit ini berfungsi untuk menyediakan steam yang digunakan untuk proses pemanasan pada *heat exchanger* dan reboiler. Agar boiler tetap awet diperlukan berbagai perlakuan seperti pengendalian *blow down*, penambahan inhibitor untuk menghambat timbulnya kerak atau korosi, pemasangan instrument pengaman, dan penyediaan air umpan *boiler* sesuai baku mutu air umpan *boiler*. Kapasitas boiler

874.093,674 kJ/jam dengan luas perpindahan panas yaitu 3.669,897 m<sup>2</sup>. Bahan bakar yang digunakan sebagai bahan bakar *boiler* adalah solar dengan jumlah yang dibutuhkan yaitu 23.895,156 kg/jam.

### 5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan tenaga listrik pada pabrik etilen glikol diperoleh melalui 2 sumber, yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator untuk listrik cadangan apabila ada gangguan pasokan listrik dari PLN setempat. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung *kontinyu* meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. Energi listrik yang dihasilkan generator berasal dari putaran poros engkol yang digerakkan oleh panas yang dihasilkan dari bahan bakar solar. Spesifikasi generator yang digunakan dalam pabrik yaitu :

Jenis = *Silinder* tegak

Kapasitas = 2.400 kW

Jumlah solar =14,955 L/jam (dengan asumsi penggunaan generator 5 jam/minggu)

Energi listrik pada pabrik etilen glikol meliputi :

#### 1. Kebutuhan Listrik Alat Proses

Tabel 5.8 Kebutuhan Listrik Alat Proses

No	Jenis Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Pompa 1	P-01	3	2,237
2	Pompa 2	P-02	5	3,729
3	Pompa 3	P-03	0,5	0,373
4	Pompa 4	P-04	0,75	0,559
5	Pompa 5	P-05	0,75	0,559

6	Pompa 6	P-06	0,75	0,559
7	Pompa 7	P-07	5	3,729
8	Pompa 8	P-08	3	2,237
9	Pompa 9	P-09	3	2,237
10	Pompa 10	P-010	0,5	0,373
11	Pompa 11	P-11	0,5	0,373
12	Pompa 12	P-12	0,5	0,373
13	Pompa 13	P-13	0,5	0,373
14	Pompa 14	P-14	0,5	0,373
15	Pompa 15	P-15	0,5	0,373
16	Pompa 16	P-16	0,5	0,373
<b>Total</b>			<b>23,75</b>	<b>18,829</b>

## 2. Kebutuhan Listrik Utilitas

Tabel 5.9 Kebutuhan Listrik Utilitas

No	Jenis Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Kompressor	KU-01	1	0,746
2	<i>Blower Cooling Tower</i>	BU-01	10	7,457
3	Pengaduk <i>Flokulator</i>	MU-01	1	0,746
4	Klarifier	KL-01	5	3,729
8	Pompa utilitas 1	PU-01	75	55,928
9	Pompa utilitas 2	PU-02	60	44,742
10	Pompa utilitas 3	PU-03	100	74,570
11	Pompa utilitas 4	PU-04	75	55,928
12	Pompa utilitas 5	PU-05	100	74,570
13	Pompa utilitas 6	PU-06	100	74,570
14	Pompa utilitas 7	PU-07	75	55,928
15	Pompa utilitas 8	PU-08	0,33	0,246

Lanjutan Tabel 5.9

No	Jenis Alat	Kode Alat	Hp	kW
16	Pompa utilitas 9	PU-09	125	93,213
17	Pompa utilitas 10	PU-10	125	93,213
18	Pompa utilitas 11	PU-11	15	11,186
19	Pompa utilitas 12	PU-12	60	44,742
20	Pompa utilitas 13	PU-13	20	14,914
21	Pompa utilitas 14	PU-14	40	29,828
22	Pompa utilitas 15	PU-15	15	11,186
<b>Total</b>			<b>1.002,33</b>	<b>747,437</b>

Sehingga total kebutuhan listrik untuk proses dan utilitas = 766,266 kW  
kemudian di *overdesign* 10% = 842,893 kW

3. Kebutuhan Listrik Alat kontrol, Listrik Penerangan, Peralatan Kantor, Bengkel, Laboratorium, dan Perumahan
  - a. *Power* yang dibutuhkan alat kontrol diperkirakan sebesar 25% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor yaitu 191,567 kW dengan *overdesign* 10% yaitu 210,723 kW
  - b. *Power* yang dibutuhkan untuk penerangan diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor yaitu 114,940 kW dengan *overdesign* 10% yaitu 126,434 kW
  - c. *Power* yang dibutuhkan untuk kantor (AC, *computer*, dll) diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor yaitu 114,940 kW dengan *overdesign* 10% yaitu 126,434 kW

- d. *Power* yang dibutuhkan untuk bengkel dan laboratorium diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor yaitu 114,940 kW dengan *overdesign* 10% yaitu 126,434 kW

Jadi kebutuhan listrik total yang dibutuhkan pada pabrik DME ini adalah sebagai berikut :

Tabel 5.10 Total Kebutuhan Listrik

No	Kebutuhan Listrik	kW
1.	Listrik Proses dan Utilitas	842,893
2.	Listrik Instrumentasi	210,723
3.	Listrik Kantor dan Penerangan	252,868
4.	Listrik Bengkel dan Laboratorium	126,434
<b>Total Kebutuhan Listrik</b>		<b>1.432,918</b>

#### 5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan digunakan sebagai penggerak alat-alat kontrol yang bekerja secara pneumatis. Dalam pabrik etilen glikol ini terdapat sekitar 21 alat *control* yang memerlukan udara tekan untuk menggerakkannya. Mekanisme untuk membuat udara tekan yaitu udara lingkungan ditekan menggunakan *compressor* yang dilengkapi *filter* (penyaring) udara hingga mencapai tekanan 7,2 atm kemudian udara tersebut dialirkan menuju alat kontrol dan alat proses yang membutuhkannya. Jumlah udara tekan yang dibutuhkan diperkirakan 39,252 m<sup>3</sup> /jam dengan tekanan 7,2 atm. Udara yang digunakan harus dalam keadaan kering sehingga begitu keluar dari *blower*, udara dilewatkan melalui sebuah tangki udara (bejana pengering) yang berisi *silica gel*.

## 5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang dipergunakan *boiler* dan generator. Bahan bakar yang digunakan adalah solar. Keperluan solar dari *boiler* sebesar 23.895,156 L/jam dan untuk generator sebesar 14,955 L/jam

## 5.6 Unit Pengolahan Limbah

Unit ini berfungsi untuk mengolah semua limbah (buangan) yang ada sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah yang dihasilkan pada Pabrik Etilen Glikol berupa limbah gas dan limbah cair.

Limbah gas terdiri dari gas sisa hasil pembakaran *boiler*. Penanganan limbah gas ini secara umum dilakukan dengan pembakaran di menara pembakaran (*flare*) sebelum dilepas ke *atmosfer*.

Limbah cair terdiri dari:

1. Air berminyak dari minyak mesin proses

Air berminyak ini berasal dari pompa. Minyak tersebut awalnya digunakan sebagai minyak pelumas pada pompa. Pemisahan dilakukan berdasarkan perbedaan berat jenis. Minyak dibagian atas dikumpulkan dan ditampung dalam tangki, sedangkan minyak dibagian bawah dialirkan ke penampungan akhir yang kemudian akan dibuang.

2. Air regenerasi dan *backwash* dari unit demineralisasi

Air sisa regenerasi dan *backwash* dari unit demineralisasi biasanya memiliki pH asam/basa. Sebelum air tersebut dibuang ke lingkungan, air tersebut harus dinetralkan terlebih dahulu agar tidak mencemari lingkungan. Air tersebut dinetralkan dalam kolam penetralan dengan menggunakan HCl

jika pH air lebih dari 7,0 atau dengan menggunakan NaOH jika pH air kurang dari 7,0. Selanjutnya, air yang sudah netral dialirkan ke penampungan akhir bersama-sama dengan aliran air pengolahan yang lain.

### 3. Air buangan sanitasi

Air buangan sanitasi dikumpulkan pada satu tempat dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif. Setelah itu, air diaerasi menjadi tempat tumbuh dan berkembang biak bakteri dimana diharapkan bakteri dapat menguraikan senyawa organik yang terkandung dalam air tersebut sehingga dapat mengurangi potensi bahaya. Kemudian setelah dilakukan aerasi, air diberi desinfektan kalsium hipoklorit untuk mematikan bakteri-bakteri yang ada.

### 4. Limbah proses

Limbah proses adalah limbah yang dihasilkan selama proses berlangsung, biasanya hal ini terjadi karena adanya kebocoran pada alat. Limbah proses ini terdiri dari berbagai senyawa organik, seperti etilen oksida, etilen glikol, dietilen glikol, dan trietilen glikol. Pengolahan limbah organik ini sama dengan pengolahan limbah air buangan sanitasi. Limbah dikumpulkan pada satu tempat dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif. Setelah itu, limbah diaerasi supaya menjadi tempat tumbuh dan berkembang biak bakteri dimana diharapkan bakteri dapat menguraikan senyawa organik yang terkandung dalam limbah tersebut sehingga dapat mengurangi potensi bahaya. Kemudian setelah dilakukan aerasi, limbah diberi desinfektan kalsium hipoklorit untuk mematikan bakteri-bakteri yang ada.

## 5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

### 1. Pompa Utilitas

Tabel 5.11 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode	PU -01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai yang melewati <i>screening</i> (FU-01) ke bak pengendapan 1 (BU-01)	Mengalirkan air dari Bak pendendapan I (BU-01) ke Tangki Flokulator/ Penggumpal (TU01)	Mengalirkan air dari Tangki Flokulator/ Penggumpal (TU01) ke Klarifier (KL-01)	Mengalirkan air dari Klarifier (KL-01) ke Bak Pengendap 2 (BU02)	Mengalirkan air dari Bak Pengendap 1 (BU02) ke Bak Saringan Pasir/Sand Filter (FU-02)
Jenis	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>				
Bahan	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>				
Kapasitas (gpm)	4.059,283	4.059,283	4.060,486	4.060,486	4.060,486
<b><i>Mechanical Design</i></b>					
IPS	18	18	18	20	18
Sch No.	20	20	20	20	20
OD (in)	18	18	18	20	18
ID (in)	17,250	17,250	17,250	19.250	17,250
Efisiensi Pompa (Hp)	61,150	49,090	79,280	75,720	88,480
Tenaga Motor (Hp)	75	60	100	75	100

Tabel 5.12 Lanjutan Spesifikasi Pompa Utilitas

<b>Kode</b>	<b>PU -06</b>	<b>PU-07</b>	<b>PU-08</b>	<b>PU-09</b>	<b>PU-10</b>
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Saringan Pasir/Sand Filter (FU-02) ke Bak Penampungan Sementara (BU03)	Mengalirkan air dari Bak Penampungan Sementara (BU-03) ke Pengolahan Air untuk kebutuhan Air Bertekanan, Air Domestik, Air Pendingin, dan Steam	Mengalirkan air dari Tangki Klorinasi (TU-06) ke Tangki Penampungan Air Bersih (TU-07)	Mengalirkan air dari Bak Air Pendingin (BU04) ke Cooling Towe (CL-01)	Mengalirkan air dari Alat Proses ke Bak Air Pendingin (BU04)
Jenis	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>				
Bahan	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>				
Kapasitas (gpm)	4060,486	4.060,486	9,071	1.443,282	1.388,077
<b><i>Mechanical Design</i></b>					
IPS	18	18	1,25	12	12
Sch No.	20	20	40	30	30
OD (in)	18	18	1,667	12,750	12,750
ID (in)	87,210	17,250	1,38	12,090	12,090
Efisiensi Pompa (Hp)	100	69,680	0,270	107,630	105,210
Tenaga Motor (Hp)	75	75	0,33	125	125

Tabel 5.13 Lanjutan Spesifikasi Pompa Utilitas

<b>Kode</b>	<b>PU -11</b>	<b>PU-12</b>	<b>PU-13</b>	<b>PU-14</b>	<b>PU-15</b>
Fungsi	Mengalirkan air dari Kation Exchanger ke Anion Exchanger	Mengalirkan air dari Anion Exchanger ke BakUmpan Boiler	Mengalirkan air dari Baik Umpan Boiler ke Deaerator	Mengalirkan air dari Deaerator keBoiler	Mengalirkan air dari Alat Proses keBak Umpan Boiler
Jenis	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>				
Bahan	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>				
Kapasitas (gpm)	1.930,383	1.930,383	1.688,960	1.688,960	1.283,610
<b><i>Mechanical Design</i></b>					
IPS	12	12	12	12	10
Sch No.	30	30	30	30	40
OD (in)	12,750	12,750	12,750	12,750	10,750
ID (in)	12,090	12,090	12,090	12,090	10,020
Efisiensi Pompa (Hp)	14,440	59,660	15,780	28,150	13,260
Tenaga Motor (Hp)	15	60	20	40	15

## 2. Bak Utilitas

Tabel 5.14 Spesifikasi Bak Utilitas

<b>Bak</b>	<b>BU-01</b>	<b>BU-02</b>	<b>BU-03</b>	<b>BU-04</b>
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok dengan proses flokulasi	Menampung sementara raw water setelah disaring sand filter	Menampung air untuk kebutuhan cooling tower
Jenis	Bak persegi			
Bahan	Beton bertulang			
<i>Mechanical Design</i>				
Kapasitas, m <sup>3</sup> /jam	786,061	943,553	785,626	279,248
Panjang, m	26,621	22,455	22,449	25,243
Lebar, m	26,621	22,455	22,449	25,243
Tinggi, m	13,310	11,228	11,224	12,621

### 3. Tangki Utilitas

Tabel 5.15 Spesifikasi Tangki Utilitas

Tangki	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04	TU-05
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran yang berupa dispersi dengan menambahkan koagulan	Menyimpan larutan alum 5 % untuk 2 minggu operasi	Menyimpan larutan CaOH untuk 1 minggu	Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu
Jenis	Tangki Silinder Berpengaduk	Tangki Silinder	Tangki Silinder	Tangki Silinder	Tangki Silinder
Bahan	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
<b><i>Mechanical Design</i></b>					
Tinggi, m	10,629	5,557	6,099	4,008	0,111
Diameter, m	10,629	2,778	3,050	4,008	0,111
Volume, m <sup>3</sup>	942,752	33,675	44,524	50,544	0,001
Jenis Impeller	<i>Marine Propeller</i>	-	-	-	-
Jumlah Impeller	1	-	-	-	-
Power Motor	1	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5.16 Lanjutan Spesifikasi Tangki Utilitas

Tangki	TU-06	TU-07	TU-08	TU-09	TU-10
Fungsi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	Menyimpan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> untuk regenerasi penukar kation	Menyimpan NaOH untuk regenerasi penukar anion	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air dengan cara mengikat ion positif (Na <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Ba) yang ada dalam air
Jenis	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>
<b><i>Mechanical Design</i></b>					
Tinggi, m	1,390	4,008	1,548	0,951	2,286
Diameter, m	1,390	4,008	1,548	0,951	4,788
Volume, m <sup>3</sup>	2,106	50,544	2,912	0,676	34,280
Jenis Impeller	-	-	-	-	-
Jumlah Impeller	-	-	-	-	-
Power Motor	-	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5.17 Lanjutan Spesifikasi Tangki Utilitas

<b>Tangki</b>	<b>TU-11</b>	<b>TU-12</b>	<b>TU-13</b>
Fungsi	Menghilangkan ion-ion negatif yang masih terbawa dari bak air bersih	Mencampur kondensat sirkulasi dan <i>make up</i> air umpan <i>boiler</i> sebelum dibangkitkan sebagai <i>steam</i> dalam <i>boiler</i>	Menyimpan larutan N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
Jenis	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
<b><i>Mechanical Design</i></b>			
Tinggi, m	2,286	8,296	7,978
Diameter, m	4,553	8,296	7,978
Volume, m <sup>3</sup>	30,994	448,191	398,597
Jenis Impeller	-	-	-
Jumlah Impeller	-	-	-
Power Motor	-	-	-
Jumlah	1	1	1

#### 4. Clarifier

Tabel 5.18 Spesifikasi Clarifier

<b>Kode</b>	<b>CL-01</b>
Fungsi	Mengendapkan kotoran yang bersifat koloid
Jenis	Tangki silinder <i>conical bottom</i> berpengaduk
<b><i>Mechanical Design</i></b>	
Diameter, m	16,873
Tinggi, m	18,982
Volume, m	3771,007

#### 5. Saringan Utilitas

Tabel 5.19 Spesifikasi Saringan Utilitas

<b>Kode</b>	<b>FU-01</b>
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar misalnya daun , ranting dan sampah-sampah lainnya
Bahan	<i>Aluminium</i>
<b><i>Mechanical Design</i></b>	
Kapasitas, kg/jam	78.500
Panjang, m	10
Lebar, m	8
Diameter lubang saringan, cm	1

## 6. Saringan Pasir Utilitas

Tabel 5.20 Spesifikasi Saringan Pasir Utilitas

<b>Kode</b>	<b>FU-02</b>
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai
Jenis	Tangki Silinder
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Ukuran pasir, mesh	48
<b><i>Mechanical Design</i></b>	
Volume, m <sup>3</sup>	7,822
Panjang, m	2,501
Lebar, m	2,501
Tinggi, m	1,251

## 7. Cooling Tower

Tabel 5.21 Spesifikasi *Cooling Tower*

<b>Kode</b>	<b>CT-01</b>
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Bahan	<i>Cooling Tower Induced Draft</i>
<b><i>Mechanical Design</i></b>	
Panjang, m	9,648
Lebar, m	2,941
Tinggi, m	15,579

## 8. Deaerator

Tabel 5.22 Spesifikasi Deaerator

<b>Kode</b>	<b>De-01</b>
Fungsi	Menghilangkan gas CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> yang terikat dalam <i>feed water</i> yang menyebabkan kerak pada <i>reboiler</i> dan turbin
Bahan	Tangki Silinder
<b><i>Mechanical Design</i></b>	
Kapasitas, kg/jam	326781,480
Diameter, m	7,935
Tinggi, m	7,935
Volume, m <sup>3</sup>	392,138

## 9. Blower Cooling Tower

Tabel 5.23 Spesifikasi Blower Cooling Tower

Kode	BL-01
Fungsi	Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan
Jenis	<i>Centrifugal Blower</i>
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
<b><i>Mechanical Design</i></b>	
Kapasitas, kg/jam	279199,708
Efisiensi	0,860
Power, Hp	10

## **BAB VI**

### **EVALUASI EKONOMI**

Evaluasi ekonomi merupakan salah satu aspek yang sangat penting untuk mendirikan suatu pabrik. Tujuan dari dilakukannya evaluasi ekonomi agar mampu memperkirakan modal investasi dan mengetahui kelayakan pabrik yang sedang dirancang untuk didirikan. Salah satu bagian penting dalam perancangan pabrik adalah mengestimasi harga dari alat-alat yang diperlukan dalam pengoperasian pabrik. Hal itu dikarenakan harga alat dapat menjadi dasar patokan untuk estimasi evaluasi analisa ekonomi tentang kelayakan investasi penanaman modal dalam kegiatan produksi suatu pabrik dengan mempertimbangkan kebutuhan modal investasi, lamanya modal penanaman investasi dapat dikembalikan, besarnya laba yang akan diperoleh kedepannya dan terjadinya titik balik modal.

Untuk itu pada perancangan pabrik etilen glikol ini, terdapat beberapa faktor-faktor yang ditinjau dalam menghitung evaluasi ekonomi meliputi :

- a. Modal (*Capital Investment*)
  1. Modal tetap (*Fixed Capital Cost*)
  2. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
- b. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
  1. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
  2. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
  3. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
- c. Pengeluaran Umum (*General Cost*)

d. Analisa Kelayakan Ekonomi

1. *Percent return on investment (ROI)*
2. *Pay out time (POT)*
3. *Break event point (BEP)*
4. *Discounted cash flow (DCF)*

### 6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga peralatan yang ada, dapat ditaksir dari harga tahun lalu berdasarkan index harga. Jenis indeks harga yang digunakan adalah *Chemical Engineering Plant Cost Index* dari data *plant cost index* di *Chemical Engineering Online*.

Indeks harga alat pada tahun 2028 dapat diperkirakan dengan menggunakan linier data indeks pada tahun 1990 hingga 2020 yang kemudian dilakukan regresi linier dari tahun 2021 hingga 2028. Berikut adalah tabel indeks harga yang diperoleh dari data *plant cost index* di *Chemical Engineering Online*.

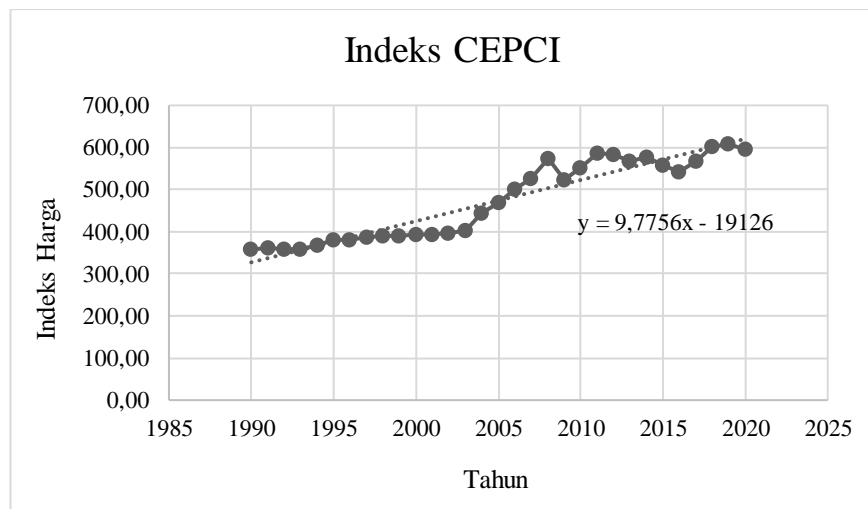
Tabel 6.1 Index Harga

<b>Tahun (Xi)</b>	<b>Indeks (Yi)</b>
1990	357,600
1991	361,300
1992	358,200
1993	359,200
1994	368,100
1995	381,100
1996	381,700
1997	386,500

Lanjutan Tabel 6.1

<b>Tahun (Xi)</b>	<b>Indeks (Yi)</b>
1998	389,500
1999	390,600
2000	394,100
2001	394,300
2002	395,600
2003	402,000
2004	444,200
2005	468,200
2006	499,600
2007	525,400
2008	575,400
2009	521,900
2010	550,800
2011	585,700
2012	584,600
2013	567,300
2014	576,100
2015	556,800
2016	541,700
2017	567,500
2018	603,100
2019	607,500
2020	596,200

Dari data yang tertera diperoleh persamaan linier menggunakan grafik berikut ini:



Persamaan yang diperoleh dari grafik diatas adalah  $y = 9,7756x - 19126$ .

Denagan menggunakan persamaan linier tersebut dapat dicari nilai *cost engineering plant* indeks dari tahun 2021 hingga tahun pembangunan yaitu 2028 yang terdapat pada tabel berikut ini:

Tabel 6.2 *Cost Engeneering Plant*

Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
2021	630,49
2022	640,26
2023	650,04
2024	659,81
2025	669,59
2026	679,37
2027	689,14
2028	698,92

Didapatkan nilai *cost engineering plant* indeks pada tahun referensi 2014 adalah 576,10. Sementara nilai *cost engineering plant* indeks pada tahun perancangan 2028 sebesar 698,92.

Untuk memperkirakan harga alat pada Pabrik Etilen Glikol dapat diperoleh melalui situs ([www.matche.com](http://www.matche.com)) sertadapat menggunakan referensi lainnya. Perhitungan harga alat pada tahun 2028 saat pabrik didirikan diperoleh dengan rumus berikut:

$$Ex = \left( \frac{Nx}{Ny} \right) \times Ey \quad (\text{Aries \& Newton})$$

Keterangan:

Ex : Harga tahun pembelian

Ey : Harga pembelian alat pada tahun referensi

Nx : Indeks harga pada tahun pembelian

Ny : Indeks harga pada tahun referensi

Berdasarkan nilai tersebut, dapat ditentukan harga alat proses dan utilitas adalah sebagai berikut:

Tabel 6.3 Harga Alat Proses

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY (\$)	EX (\$)
			2014	2028	2014	2028
Tangki Etilen Glikol	T-01	1	576,100	698,917	\$901.800,000	\$1.094.051,675
Tangki H2O	T-02	1	576,100	698,917	\$1.640.000,000	\$1.989.626,023

Lanjutan Tabel 6.3

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY (\$)	EX (\$)
			2014	2028	2014	2028
Tangki Produk	T-03	1	576,100	698,917	\$506.000,000	\$613.872,419
Pompa EO	P-01	1	576,100	698,917	\$7.800,000	\$9.462,855
Pompa H2O	P-02	1	576,100	698,917	\$22.600,000	\$27.418,017
Pompa 3	P-03	1	576,100	698,917	\$4.100,000	\$4.974,065
Pompa 4	P-04	1	576,100	698,917	\$4.100,000	\$4.974,065
Pompa 5	P-05	1	576,100	698,917	\$4.100,000	\$4.974,065
Pompa 6	P-06	1	576,100	698,917	\$4.100,000	\$4.974,065
Pompa 7	P-07	1	576,100	698,917	\$4.000,000	\$4.852,746
Pompa 8	P-08	1	576,100	698,917	\$4.000,000	\$4.852,746
Pompa 9	P-09	1	576,100	698,917	\$4.000,000	\$4.852,746
Pompa 10	P-10	1	576,100	698,917	\$4.000,000	\$4.852,746
Pompa 11	P-11	1	576,100	698,917	\$4.000,000	\$4.852,746
Pompa 12	P-12	1	576,100	698,917	\$4.000,000	\$4.852,746
Pompa 13	P-13	1	576,100	698,917	\$4.000,000	\$4.852,746
Pompa 14	P-14	1	576,100	698,917	\$4.000,000	\$4.852,746
Pompa 15	P-15	1	576,100	698,917	\$4.000,000	\$4.852,746
Pompa 16	P-16	1	576,100	698,917	\$4.000,000	\$4.852,746
<i>Mixer</i>	M-01	1	576,100	698,917	\$425.300,000	\$515.968,261
<i>Heater 1</i>	HE-01	1	659,810	698,917	\$90.131,000	\$95.472,409
<i>Heater 2</i>	HE-02	1	659,810	698,917	\$175.326,000	\$185.716,297

Lanjutan Tabel 6.3

<i>Heater 3</i>	HE-03	1	659,810	698,917	\$581.163,000	\$615.604,304
<i>Heater 4</i>	HE-04	1	659,810	698,917	\$116.600,000	\$123.510,034
<i>Cooler 1</i>	C-01	1	659,810	698,917	\$79.514,000	\$84.226,216
<i>Cooler 2</i>	C-02	1	659,810	698,917	\$10.807,000	\$11.447,452
<i>Cooler 3</i>	C-03	1	659,810	698,917	\$38.763,000	\$41.060,201
<i>Cooler 4</i>	C-04	1	659,810	698,917	\$8.985,000	\$9.517,476
<i>Cooler 5</i>	C-05	1	659,810	698,917	\$12.674,000	\$13.425,096
<i>Cooler 6</i>	C-06	1	659,810	698,917	\$36.860,000	\$39.044,424
<i>Reaktor</i>	R-01	1	576,100	698,917	\$118.000,000	\$143.156,019
<i>Expansion Valve</i>	EV-01	1	576,100	698,917	\$224,910	\$272,858
<i>Separator</i>	S-01	1	576,100	698,917	\$20.900,000	\$25.355,600
<i>Menara Distilasi</i>	MD-01	1	576,100	698,917	\$515.604,500	\$625.524,466
<i>Condensor</i>	CD-01	1	576,100	698,917	\$26.700,000	\$32.392,082
<i>Reboiler</i>	RB-01	1	576,100	698,917	\$266.700,000	\$323.556,866
<i>Accumulat or</i>	ACC-01	1	576,100	698,917	\$2.800,000	\$3.396,922
<b>Total</b>		37				<b>\$6.691.501,698</b>
						<b>Rp107.344.066.506,592</b>

Tabel 6.4 Harga Alat Utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY (\$)	EX (\$)
			2014	2028	2014	2028
Bak pengendapan awal	BU-01	1	576,100	698,917	\$770.900,000	\$935.245,550
Bak pengendapan 2	BU-02	1	576,100	698,917	\$553.200,000	\$671.134,827
Bak penampung sementara	BU-03	1	576,100	698,917	\$552.900,000	\$670.770,871
Bak Saringan Pasir	FU-02	1	576,100	698,917	\$7.700,000	\$9.341,537
Bak air pendingin dan proses	BU-04	1	576,100	698,917	\$695.000,000	\$843.164,687
Tangki Flukuator	TU-01	1	576,100	698,917	\$172.500,000	\$209.274,689
Tangki larutan alum	TU-02	1	576,100	698,917	\$19.800,000	\$24.021,095
Tangki CaOH	TU-03	1	576,100	698,917	\$23.700,000	\$28.752,522
Tangki air bertekanan	TU-04	1	576,100	698,917	\$25.800,000	\$31.300,214
Tangki kaporit	TU-05	1	576,100	698,917	\$100,000	\$121,319
Tangki klorinasi	TU-06	1	576,100	698,917	\$3.300,000	\$4.003,516
Tangki air bersih	TU-07	1	576,100	698,917	\$25.800,000	\$31.300,214
Tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	TU-08	1	576,100	698,917	\$5.400,000	\$6.551,208
Tangki NaOH	TU-09	1	576,100	698,917	\$1.600,000	\$1.941,099
Tangki kation	TU-10	1	576,100	698,917	\$22.000,000	\$26.690,105
Tangki anion	TU-11	1	576,100	698,917	\$20.700,000	\$25.112,963

Lanjutan Tabel 6.4

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY (\$)	EX (\$)
			2014	2028	2014	2028
Tangki umpan boiler	TU-12	1	576,100	698,917	\$106.400,000	\$129.083,054
Tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	TU-13	1	576,100	698,917	\$98.600,000	\$119.620,199
Tangki dearator	De-01	1	576,100	698,917	\$97.500,000	\$118.285,693
Clarifier	CL-01	1	576,100	698,917	\$424.800,000	\$515.361,667
Tangki Silica Gel	TU-14	1	576,100	698,917	\$200,000	\$242,637
Tangki bahan bakat	TU-15	1	576,100	698,917	\$317.200,000	\$384.822,789
Cooling tower	CT-01	1	576,100	698,917	\$44.000,000	\$53.380,210
Blower cooling tower	BL-01	1	576,10	698,917	\$2.900,000	\$3.518,241
Boiler	B-01	1	576,100	698,917	\$8.282.300,00	\$10.047.975,373
Pompa 1	PU-01	1	576,100	698,917	\$8.800,000	\$10.676,042
Pompa 2	PU-02	1	576,100	698,917	\$8.800,000	\$10.676,042
Pompa 3	PU-03	1	576,100	698,917	\$8.800,000	\$10.676,042
Pompa 4	PU-04	1	576,100	698,917	\$8.800,000	\$10.676,042
Pompa 5	PU-05	1	576,100	698,917	\$8.800,000	\$10.676,042
Pompa 6	PU-06	1	576,100	698,917	\$8.800,000	\$10.676,042
Pompa 7	PU-07	1	576,100	698,917	\$8.800,000	\$10.676,042
Pompa 8	PU-08	1	576,100	698,917	\$600,000	\$727,912
Pompa 9	PU-09	1	576,100	698,917	\$8.800,000	\$10.676,042
Pompa 10	PU-10	1	576,100	698,917	\$8.800,000	\$10.676,042
Pompa 11	PU-11	1	576,100	698,917	\$8.800,000	\$10.676,042
Pompa 12	PU-12	1	576,100	698,917	\$8.800,000	\$10.676,042
Pompa 13	PU-13	1	576,100	698,917	\$8.800,000	\$10.676,042
Pompa 14	PU-14	1	576,100	698,917	\$8.800,000	\$10.676,042
Pompa 15	PU-15	1	576,100	698,917	\$7.000,000	\$8.492,306
Kompresor	KU-01	1	576,100	698,917	\$53.800,000	\$65.269,439
<b>Total</b>		44				<b>\$15.104.294,483</b>
						<b>Rp242.300.826.452,775</b>

## 6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi	: 100.000 Ton/Tahun
Pabrik beroperasi	: 330 hari kerja
Pabrik didirikan tahun	: 2028
Pabrik beroperasi tahun	: 2029
Umur alat	: 10 tahun
Kurs mata uang	: 1 \$ = Rp 16.041,850 (per Bualan Mei 2024)

## 6.3 Komponen Biaya

### 6.3.1 Modal (Capital Investment)

*Capital investment* atau yang bisa disebut dengan modal investasi adalah sejumlah uang yang harus disiapkan untuk mendirikan dan menjalankan suatu pabrik. *Capital investment* terbagi menjadi 2 macam diantaranya yaitu:

#### 1. *Fixed Capital Investment*

*Fixed capital investment* merupakan modal tetap yang harus dikeluarkan untuk pengadaan fasilitas-fasilitas di suatu pabrik dan alat operasi lainnya. Hasil perhitungan untuk merencanakan pendirian Pabrik Etilen Glikol meliputi *Physical Plant Cost*, *Direct Plant Cost*, dan *Fixed Capital Investment* seperti pada tabel berikut:

Tabel 6.5 *Physical Plant Cost*

No	Komponen		Jumlah Biaya		
1	PPC Alat Proses	\$	22.389.765	Rp	359.173.246.531
2	PPC Alat Utilitas	\$	56.459.853	Rp	905.720.489.280
3	Bangunan	\$	2.904.746	Rp	46.597.500.000
4	Tanah	\$	301.087	Rp	4.830.000.000
<b>Total</b>		<b>\$</b>	<b>82.055.451</b>	<b>Rp</b>	<b>1.316.321.235.812</b>

Tabel 6.6 *Direct Plant Cost*

No	Komponen		Jumlah Biaya		
1	<i>Purchasing Equipment Cost</i>	\$	30.514.115	Rp	489.502.850.143
2	Instalasi	\$	4.577.117	Rp	168.407.351.491
3	Instrumentasi dan Kontrol	\$	19.590.786	Rp	73.425.427.521
4	Pemipaan	\$	11.228.470	Rp	420.972.451.123
5	Instalasi Listrik	\$	3.096.896	Rp	73.425.427.521
6	Instalasi Isolasi	\$	57.209.301	Rp	39.160.228.011
<b>Total</b>		<b>\$</b>	<b>126.216.685</b>	<b>Rp</b>	<b>1.264.893.735.812</b>

Tabel 6.7 *Fixed Capital Investment*

No	Komponen		Jumlah Biaya		
1	<i>Direct Plant Cost</i>	\$	98.466.541	Rp	1.579.585.482.974
2	<i>Engineering and Construction</i>	\$	98.466.541	Rp	1.579.585.482.974
3	<i>Contractor Fee</i>	\$	2.953.996	Rp	47.387.564.489
4	<i>Contingency Cost</i>	\$	24.616.635	Rp	394.896.370.743
<b>Total</b>		<b>\$</b>	<b>224.503.714</b>	<b>Rp</b>	<b>3.601.454.901.180</b>

## 2. *Working Capital Investment*

*Working capital investment* merupakan modal biaya yang diperlukan untuk mendirikan pabrik atau usaha yang digunakan untuk mengoperasikan suatu pabrik selama kurun waktu tertentu. Beberapa sumber modal yang bisa didapatkan dalam pendirian suatu pabrik yaitu dari pinjaman bank, uang pribadi atau uang dari pihak investor. Rasio perbandingan antara uang pribadi dengan uang pinjaman dari bank tergantung pada jumlah uang sendiri atau uang pinjaman, bisa menggunakan *sharing profit* dengan perbandingan 40:60 atau 30:70 ataupun bisa dengan perbandingan lainnya menyesuaikan dengan uang yang ditanamkan. Penanaman modal ini bertujuan untuk mendapatkan keuntungan dari modal yang sudah ditanam. Ada beberapa ciri-ciri investasi yang baik dan tepat diantaranya adalah:

- Investasi cepat kembali.
- Biasa menghasilkan keuntungan yang maksimum.
- Menganut hukum yang baik, teknologi yang memadai, aman, dan lain-lainnya.

Tabel 6.8 *Working Capital Investment*

No	Komponen		Jumlah Biaya		
1	<i>Raw Material Inventory</i>	\$	14.350.744	Rp	230.212.481.101
2	<i>In process inventory</i>	\$	3.494.479	Rp	56.057.907.260
3	<i>Product inventory</i>	\$	19.413.772	Rp	311.432.818.109
4	<i>Available cash</i>	\$	19.413.772	Rp	311.432.818.109
5	<i>Extended credit</i>	\$	465.930.528	Rp	7.474.387.634.624
	<b>Total</b>	<b>\$</b>	<b>522.603.294</b>	<b>Rp</b>	<b>8.383.523.659.203</b>

### 6.3.2 Biaya Produksi (*Mnaufacturing Cost*)

*Manufacturing cost* merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk melakukan produksi dalam pabrik. Biaya ini terdiri dari *direct cost*, *indirect cost*, dan *fixed cost* yang berkaitan dengan pembuatan suatu produk. *Manufacturing cost* terdiri dari:

#### 1. *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

*Direct manufacturing cost* atau dapat disebut dengan biaya langsung merupakan biaya pengeluaran yang masuk berkaitan langsung dalam pembuatan produk yang berhubungan dengan memproduksi suatu produk dalam pabrik.

Tabel 6.9 *Direct Manufacturing Cost*

No	Komponen		Jumlah Biaya		
1	Bahan Baku	\$	91.410.585	Rp	1.466.394.896.729
2	Bahan Utilitas	\$	80.798.342	Rp	1.296.154.876.482
3	Gaji Karyawan	\$	801.603	Rp	12.859.200.000
4	<i>Supervise</i>	\$	17.220.893	Rp	276.254.977.321
5	<i>Maintenance</i>	\$	11.225.186	Rp	180.072.745.059
6	<i>Plant Supplies</i>	\$	1.683.778	Rp	27.010.911.759
7	<i>Royalties</i>	\$	50.513	Rp	810.327.353
	<b>Total</b>	<b>\$</b>	<b>203.190.900</b>	<b>Rp</b>	<b>3.259.557.934.702</b>

#### 2. *Indirect Manufacturing Cost* (IMC)

*Indirect manufacturing cost* atau biaya tidak langsung merupakan biaya-biaya yang tidak ikut terkait langsung oleh unit produksi dalam pabrik.

Tabel 6.10 *Indirect Manufacturing Cost*

No	Komponen	Jumlah Biaya			
1	<i>Payoll Overhead</i>	\$	160.321	Rp	2.571.840.000
2	<i>Laboratory</i>	\$	120.240	Rp	1.928.880.000
3	<i>Plant Overhead</i>	\$	641.283	Rp	10.287.360.000
4	<i>Packaging and Shipping</i>	\$	4.157.112	Rp	66.687.763.480
<b>Total</b>		<b>\$</b>	<b>5.078.956</b>	<b>Rp</b>	<b>81.475.843.480</b>

### 3. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

*Fixed manufacturing cost* atau biaya tetap merupakan biaya yang dikeluarkan oleh pabrik pada saat kondisi operasi ataupun tidak. Pengeluaran ini bersifat konstan atau tetap dimana tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 6.11 *Fixed Manufacturing Cost*

No	Komponen	Jumlah Biaya			
1	<i>Depreciation</i>	\$	20.205.334	Rp	324.130.941.106
2	<i>Property tax</i>	\$	2.245.037	Rp	36.014.549.012
3	<i>Insurance</i>	\$	2.245.037	Rp	36.014.549.012
<b>Total</b>		<b>\$</b>	<b>4.695.409</b>	<b>Rp</b>	<b>396.160.039.130</b>

Tabel 6.12 *Total Manufacturing Cost*

No	Komponen	Jumlah Biaya			
1	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	\$	203.190.900	Rp	3.259.557.934.702
2	<i>Inderect Manufacturing Cost</i>	\$	5.078.956	Rp	81.475.843.480
3	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	\$	24.695.409	Rp	396.160.039.130
<b>Total</b>		<b>\$</b>	<b>232.965.264</b>	<b>Rp</b>	<b>3.737.193.817.312</b>

### 6.3.3 Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

*General expenses* atau disebut pengeluaran umum terdiri dari pengeluaran-pengeluaran yang berhubungan dengan fungsi dari perusahaan dimana tidak termasuk *manufacturing cost*. Biaya yang harus dikeluarkan guna kepentingan kelancaran jalannya perusahaan secara keseluruhan.

Tabel 6.13 *General Expenses*

No	Komponen		Jumlah Biaya		
1	<i>Administrasi</i>	\$	22.413.210	Rp	359.549.356.811
2	<i>Sales</i>	\$	22.413.210	Rp	359.549.356.811
3	<i>Finance</i>	\$	29.884.280	Rp	479.399.142.415
4	<i>Research</i>	\$	29.884.280	Rp	479.399.142.415
<b>Total</b>		<b>\$</b>	<b>104.594.981</b>	<b>Rp</b>	<b>1.677.896.998.454</b>

Tabel 6.14 *Total Production Cost*

No	Komponen		Jumlah Biaya		
1	<i>Manufacturing Cost</i>	\$	232.965.264	Rp	3.737.193.817.312
2	<i>General Expense</i>	\$	104.594.981	Rp	1.677.896.998.454
<b>Total</b>		<b>\$</b>	<b>337.560.245</b>	<b>Rp</b>	<b>5.415.090.815.765</b>

## 6.4 Analisa Keuntungan

### 1. Keuntungan sebelum pajak

Total penjualan : Rp 6.668.776.347.965,820

Total biaya produksi : Rp 5.415.090.815.765,430

Keuntungan : total penjualan - total biaya produksi

: Rp 6.668.776.347.965,820- Rp 5.415.090.815.765,430

: Rp 1.253.685.532.200,390

## 2. Keuntungan sesudah pajak

Pajak : 25% x Rp 1.253.685.532.200,390

: Rp 313.421.383.050.098

Keuntungan : keuntungan sebelum pajak – pajak

: Rp 1.253.685.532.200,390 - Rp 313.421.383.050.098

: Rp 940.264.149.150,293

## 6.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan bertujuan untuk mengetahui laba (keuntungan) yang didapatkan agar mendapatkan keuntungan maksimum dan bisa melihat hasil keuntungan kecil atau besar, agar bisa dikategorikan pabrik yang potensi atau tidak dari sisi ekonomi. Berikut beberapa cara untuk mengetahui suatu kelayakan pabrik:

### 6.5.1 *Return on Investment (ROI)*

*Return On Investment* merupakan rasio profit yang didapatkan dari investasi atau keuntungan yang didapatkan dari hasil investasi yang sudah dikeluarkan. Jumlah yang diterima atau hilang disebut dengan laba atau rugi ataupun bunga.

$$\%ROI = \frac{\textit{Profit}}{\textit{Fixed capital investment}} \times 100\%$$

#### 1. ROI sebelum pajak (ROI b)

Syarat ROI sebelum pajak untuk sebuah pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% dan resiko tinggi minimum adalah 44% (Aries & Newton, 1955)

$$\%ROI\ b = \frac{\textit{Keuntungan sebelum pajak}}{\textit{Fixed capital investment}} \times 100\%$$

% ROI b = 34,81 %

## 2. ROI setelah pajak (ROI a)

$$\%ROI a = \frac{\text{Keuntungan sebelum pajak}}{\text{Fixed capital investment}} \times 100\%$$

$$\% ROI a = 26,11 \%$$

**6.5.2 Pay Out Time (POT)**

*Pay Out Time* adalah jumlah dari tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan profit sebelum dikurang dengan deperesiasi. *Pay Out Time* juga bisa dikatakan jangka waktu pengembalian modal yang sudah ditanam berdasarkan keuntugan yang sudah dicapai. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk mengembalikan suatu modal tetap yang diutanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan. Waktu dalam pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang didapatkan. Perhitungan ini dibutuhkan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang sudah dilakukan akan kembali.

## 1. POT sebelum pajak (POT b)

$$POT b = \frac{\text{Fixed capital investment}}{(\text{Keuntungan sebelum pajak} + 0,1 \times \text{Depresiasi})} \times 100\%$$

$$POT b = 2,28 \text{ tahun}$$

## 2. POT setelah pajak (POT a)

$$POT a = \frac{\text{Fixed capital investment}}{(\text{Keuntungan sesudah pajak} + 0,1 \times \text{Depresiasi})} \times 100\%$$

$$POT a = 2,85 \text{ tahun}$$

### 6.5.3 Break Event Point (BEP)

*Break Event Point* adalah titik impas atau biasa disebut balik modal yaitu suatu titik dimana kondisi pabrik mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Perusahaan yang sudah mencapai titik. *Break Event Point* yaitu perusahaan yang sudah mempunyai kesamaan antara modal yang digunakan untuk melakukan proses suatu produksi dengan pendapatan produk yang sudah dihasilkan. Jumlah produksi saat penjualan sama dengan pengeluaran. Pabrik akan mengalami kerugian jika beroperasi dibawah *Break Event Point* dan apabila beroperasi diatas *Break Event Point* pabrik bisa dikatakan untung. Nilai BEP pabrik kimia pada umumnya adalah 40-60%.

$$BEP = \frac{Fa + 0,3Ra}{Sa - Va - (-0,7Ra)} \times 100\%$$

Keterangan:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum *Annual*

Tabel 6.15 *Annual Fixed Manufacturing Cost*

No	Komponen		Jumlah Biaya		
1	Depreciation	\$	20.205.334	Rp	324.130.941.106
2	Property Taxes	\$	2.245.037	Rp	36.014.549.012
3	Insurances	\$	2.245.037	Rp	36.014.549.012
	<b>Total</b>	<b>\$</b>	<b>24.695.409</b>	<b>Rp</b>	<b>396.160.039.130</b>

Tabel 6.16 *Annual Regulated Expenses*

No	Komponen		Jumlah Biaya		
1	Gaji Karyawan	\$	801.603	Rp	12.859.200.000
2	Payoll Overhead	\$	160.321	Rp	2.571.840.000
3	Plant Overhead	\$	641.283	Rp	10.287.360.000
4	Supervise	\$	17.220.893	Rp	276.254.977.321
5	Laboratory	\$	120.240	Rp	1.928.880.000
6	General Expenses	\$	104.594.981	Rp	1.677.896.998.454
7	Maintennace	\$	11.225.186	Rp	180.072.745.059
8	Plant Supplies	\$	1.683.778	Rp	27.010.911.759
<b>Total</b>		<b>\$</b>	<b>136.448.284</b>	<b>Rp</b>	<b>2.188.882.912.593</b>

Tabel 6.17 *Annual Variable Value*

No	Komponen		Jumlah Biaya		
1	Bahan Baku	\$	91.410.585	Rp	1.466.394.896.729
2	Packaging and shipping	\$	4.157.112	Rp	66.687.763.480
3	Biaya bahan utilitas	\$	80.798.342	Rp	1.296.154.876.482
4	Royalties and patens	\$	50.513	Rp	810.327.353
<b>Total</b>		<b>\$</b>	<b>176.416.552</b>	<b>Rp</b>	<b>2.830.047.864.043</b>

Tabel 6.18 *Annual Sales Value*

No	Komponen		Jumlah Biaya		
1	<i>Annual Sales</i>	\$	415.711.177	Rp	6.668.776.347.966
<b>Total</b>		<b>\$</b>	<b>415.711.177</b>	<b>Rp</b>	<b>6.668.776.347.966</b>

Dengan menggunakan data tersebut. Maka didapatkan nilai BEP sebesar:

$$\text{BEP} = 45,65 \%$$

#### 6.5.4 *Shut Down Point (SDP)*

*Shut Down Point* adalah titik dimana suatu aktivitas produksi dalam pabrik harus berhenti, hal ini disebabkan ada beberapa penyebab diantaranya yaitu *variable cost* yang sangat tinggi, atau keputusan yang salah dalam pengambilan keputusan yang mengakibatkan *cost* tidak ekonomis dan menyebabkan pabrik tidak menghasilkan profit yang diharapkan. Kapasitas persen minimal suatu pabrik bisa mencapai kapasitas produk dalam jangka waktu satu tahun, apabila persen yang ditentukan tidak bisa dicapai dalam waktu satu tahun maka pabrik yang sebelumnya beroperasi harus diberhentikan atau ditutup sementara atau ditutup secara permanen.

$$SDP = \frac{0,3Ra}{Sa - Va - (-0,7Ra)} \times 100\%$$

Keterangan:

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

Didapatkan nilai perhitungan SDP sebagai berikut:

$$SDP = 28,47 \%$$

#### 6.5.5 *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

*Discounted Cash Flow Rate of Return* adalah salah satu metode yang digunakan untuk menghitung prospek suatu pertumbuhan investasi dalam beberapa kurun waktu kedepan. Gambaran metode *Discounted Cash Flow Rate of Return* ini jika kita sebagai investor dan menginvestasikan sebagian dana, ingin mengetahui pertumbuhan berapa persen atau mungkin berapa kali lipat setelah beberapa waktu

kedepan. Biasa disebut juga arus kas yang terdiskon, dikarenakan dari cara menghitungnya adalah dengan mengestimasi arus yang akan datang untuk kemudian dipotong dan bisa menghasilkan nilai pada masa terkini. Persamaan untuk menghitung DCFR adalah sebagai berikut:

$$(FC + WC)(1 + i)^n - SV - WC = CF[(1 + i)^{n-1} + (1 + i)^{n-2} + \dots + (1 + i) + 1]$$

$$R = S$$

Keterangan:

FC : Keuntungan setelah pajak

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value* (10% FCI)

CF : *Cash flow* setelah pajak

n : Umur pabrik

i : *Interest discounted cash flow*

Sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut:

CF = Rp 1.743.794.232.671,850

FCI = Rp 3.601.454.901.180,340

WC = Rp 8.383.523.659.202,780

sV = Rp 360.145.490.118,030

n = 10 tahun

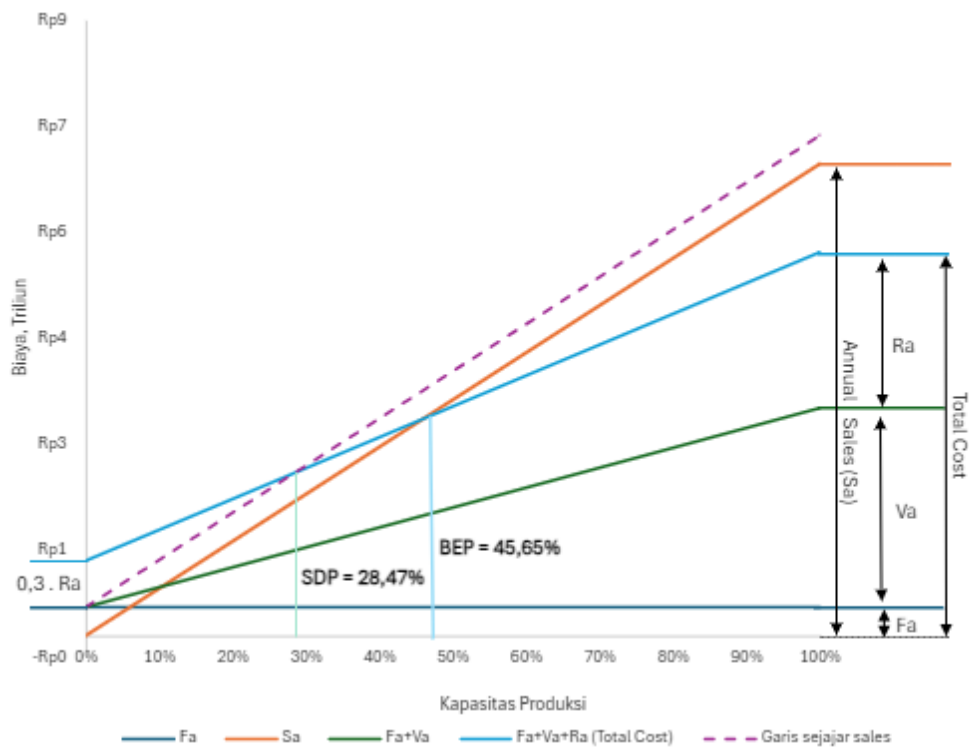
Sehingga diperoleh *trail & error* dihitung nilai DCFR. Diperoleh nilai

DCFR adalah:

DCFR = 14,76 %

Bunga Bank Indonesia pada tahun 2024 = 6,25 %

1,5 dari Bunga Bank Indonesia = 9,38 %



Gambar 6.1 Grafik Evaluasi Ekonomi

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan pabrik etilen glikol dengan metode hidrasi non katalitik pada kapasitas 100.000 ton/tahun baik ditinjau secara teknis maupun ekonomi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Pendirian pabrik Etilen Glikol dengan kapasitas 100.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan etilen glikol dalam negeri dan mengurangi ketergantungan jumlah impor.
- b. Pabrik Etilen Glikol berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didirikan di Krakatau Industrial Estate Cilegon, Banten dengan luas tanah 23000 m<sup>2</sup> dan jumlah karyawan 136 orang.
- c. Dari segi evaluasi ekonomi serta analisis kelayakan, pabrik ini cukup menarik dan layak untuk didirikan dengan beberapa parameter kelayakan sebagai berikut:
  1. Keuntungan pabrik sebelum pajak sebesar Rp 1.253.685.532.200,390 per tahun dan setelah pajak sebesar Rp 940.264.149.150.293 per tahun.
  2. *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 34,81 % dan setelah pajak sebesar 26,11 %. Syarat  $ROI < 44\%$  = Pabrik tergolong *low risk*.
  3. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 2,28 tahun dan setelah pajak selama 2,85 tahun. Syarat POT untuk pabrik beresiko rendah maksimal 5 tahun.

4. *Break Event Point* (BEP) pada pabrik Etilen Glikol sebesar 45,65 %. Nilai tersebut sudah termasuk kedalam syarat BEP dari pabrik kimia antara 40% - 60%.
  5. *Shut Down Point* (SDP) untuk nilai SDP didapatkan sebesar 28,47 %.
  6. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) pada pabrik Etilen Glikol sebesar 9,38%. Syarat minimum DCFR adalah diatas suku bunga pinjaman bank yaitu sebesar 1,5 x suku bunga pinjaman bank.
- d. Melalui evaluasi ekonomi yang dilakukan, Pabrik Etilen Glikol dari Etilen Oksida dan Air yang dirancang pada kapasitas 100.000 ton/tahun layak dan menarik untuk didirikan.

## 7.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pabrik untuk didirikan diantaranya sebagai berikut:

- a. Perlu dilakukan optimasi pemilihan alat utama maupun alat penunjang serta bahan baku sehingga mengoptimalkan keuntungan yang didapatkan.
- b. Dalam perancangan pabrik kimia diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang didukung dengan adanya referensi dan pranalar lain yang berhubungan dengan konsep dasar pendirian suatu pabrik.
- c. Mempelajari lebih dalam akan seluruh konsep tersebut harapannya akan menjadikan produk Etilen Glikol dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor keluar negeri dimasa yang akan mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S., and R. D. Newton., 1955, "Chemical Engineering Cost Estimation",  
New York: McGraw Hill Book Company.
- ASME., 1994, "Water Quality Standard", Diakses dari  
[www.asme.org/files/asme.doc](http://www.asme.org/files/asme.doc) pada 17 Mei 2024
- Badan Pusat Statistik., "Impor dan Ekspor Dinamis", Diakses dari web  
[www.bps.go.id](http://www.bps.go.id) pada tanggal 28 September 2023
- Brown, G.G., 1963, "Unit Operation", 14th ed, Modern Asia Edition, John Wiley  
and Sons. Inc, New York.
- Brownell, L.E. and Young, E.H., 1959., "Process equipment design: vessel design",  
John Wiley & Sons.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 1983, "Chemical Engineering", vol.6,  
Pergamon Press, Oxford
- Elshorbagy, w., and Chowdhury, R.K., 2013. "Water Treatment", Intech Prepress,  
Croatia
- Geankoplis, J.C., 1978, "Transport Process and Unit Operation", Prentice Hall  
International.
- Google Maps., 2024, "Krakatau Industrial Estate Cilegon"
- Green, D. W., & Perry, R. H., 2008, "Perry's Chemical Engineers' Handbook (8th  
ed.)", McGraw-Hill, Inc.
- ICIS Plant and Project Database, "Ethylene Oxide Industry". Japan Refrigeration  
and Air Conditioning Industry Association Guidelines, 1994

- van Hal, J. W., Ledford, J. S., & Zhang, X., 2007, "Investigation of three types of catalysts for the hydration of ethylene oxide (EO) to monoethylene glycol (MEG)", *Catalysis Today*, 123(1-4), 310-315.
- Kementrian Kesehatan RI., 2017., "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 32 tahun 2017, tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higienie Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum", Diakses dari web <https://peraturan.bpk.go.id/Details/112092/permenkes-no-32-tahun-2017> pada 10 Mei 2024
- Kern, D.Q., 1950, "Process Heat Transfer", McGraw-Hill Corp., New York.
- Kirk, R.E. and Othmer, V.R., 1994, "Encyclopedia of Chemical Technology, vol.11 Flavor Characterization to Fuel Cells, 4th ed.", John Wiley & Sons Inc., New York
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1998, "Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed.", Interscience Publishers, John Wiley and Sons, New York, 10, 437-459
- Krakatau Tirta., 2019, "Air Bersih", Diakses dari web <https://www.krakatautirta.co.id/main-business/water-fresh> pada 5 Mei 2023
- Ludwig, E.E., 1991, "Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants", vol. 1, 2nd ed., Gulf Publishing Company Book Division, Houston
- Matches., 2024, "Index of Process Equipment", Diakses dari web <http://www.matche.com/equipcost/EquipmentIndex.htm> pada 15 Mei 2024
- Mc.Ketta, J.J., and Cunningham, W., 1984, "Encyclopedia of Chemical Processing and Design", Volume 20, Merrell Dekker, Inc., New York

- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D., 1991, "Plant and Design Economic for Chemical Engineers, 4th ed", Singapore: Mc. Graw Hill Book International Edition.
- PT Polychem Indonesia., 2020, "Products", Diakses dari web <https://polychemindo.com/id/produk> pada tanggal 29 September 2023
- Rase, H.F., and Holmes, J. R., 1977, "Chemical Reactor Design for Process Plant", vol. 1, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Rebsdats, Siegfried and Mayer, Dieter., 2005, "Ethylene Oxide" in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH, Weinheim. doi:10.1002/14356007.a10\_117.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., Abbott M., 1997, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics", 6ed, McGraw-Hill, Int.ed., New York.
- Ullmann., 2003, "Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry 7th ed", VCH Verlagsgesell Scahft.
- US Patent Mitsubishi Chemical Corporation., 1998, "Ethylene Glicol Process".
- Yaws, C.L., 1999, "Chemical properties handbook: physical, thermodynamic, environmental, transport, safety, and health related properties for organic and inorganic chemicals", McGraw-Hill, Int.ed., New York.

## **LAMPIRAN A**

### **Perhitungan Reaktor**

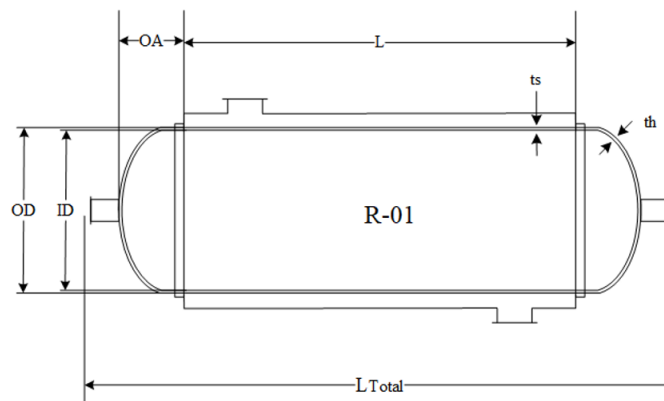
## REAKTOR

### (R-01)

Fungsi : Sebagai tempat berlangsungnya reaksi Etilen Oksida dan Air menjadi Etilen Glikol

Jenis : *Plug Flow Reactor*

Tujuan : 1. Menentukan Data Kinetika Reaktor  
2. Menghitung Volume Reaktor  
3. Menghitung Desain Reaktor



#### 1. Dasar Pemilihan Reaktor

- Proses berlangsung secara *adiabatic* non-isothermal
- Reaksi eksotermis sehingga diperlukan luas perpindahan panas yang tidak terlalu besar

#### 2. Penyusunan Modelan Matematis dan Menentukan Data Kinetika Reaksi

##### Tinjauan Kinetika

Berdasarkan jurnal hasil penelitian (Jaap W, 2007), dimana nilai  $k$  dapat dihitung menggunakan persamaan orde 1 dengan cara membuat berlebih pada salah satu pereaktan.

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

Sehingga persamaan laju reaksinya adalah:

$$-r_A = k' \cdot C_A$$

Dimana,

$-r_A$  = Kecepatan reaksi Etilen Okisda, mol/m<sup>3</sup>.jam

K = Konstanta Kecepatan Reaksi, (1/jam)

$C_A$  = Konsentrasi Etilen Okisda, (mol/m<sup>3</sup>)

$C_B$  = Konsentrasi Air, (mol/m<sup>3</sup>)

A = Faktor frekuensi reaksi, (mol.g.kpa.jam)

E = Energi aktivasi reaksi, (kJ/mol)

R = Konstanta gas : 8,314 J/(mol.K)

T = Suhu reaksi, (K)

Persamaan yang digunakan untuk reaksi orde 1 adalah sebagai berikut:

$$\frac{dC_A}{dt} = k' \cdot C_A$$

Untuk kondisi  $C_A = C_{A0} \cdot (1 - X_A)$  pada kondisi  $t = 0$ , maka didapatkan:

$$\frac{dC_A}{C_A} = k' \cdot dt$$

$$\frac{d[CA_0(1-XA)]}{CA_0(1-XA)} = k' \cdot dt$$

$$-CA_0 \frac{dXA}{CA_0(1-XA)} = k' \cdot dt$$

Diintegrasikan menjadi:

$$k' \int_0^t dt = - \int_{XA_0}^{XA} \frac{dXA}{1-XA}$$

$$A = - \int_0^{0,83} \frac{1}{(1-XA)} dx = -\ln(|1 - XA|) + C = 1,772$$

$$B = \int_0^1 dx = 1$$

Sehingga,

$$k' = \frac{A}{B} = \frac{1,772}{1} = 1,772$$

Sehingga diperoleh konstanta laju reaksi (k) sebesar 1,772 mol/m<sup>3</sup>.jam

### **Tinjauan Termodinamika**

Tinjauan secara termodinamika ditunjukkan untuk mengetahui sifat reaksi (eksotermis atau endotermis), mengetahui reaksi berlangsung secara spontan atau tidak spontan dan mengetahui arah reaksi (*reversible* atau *irreversible*). Reaksi pembuatan etilen glikol dari etilen oksida dan air pada suhu 25°C (298 K) dan tekanan 1 atm. Reaksi :



Penentuan sifat reaksi (eksotermis atau endotermis) dapat ditentukan dengan perhitungan panas pembentukan standar ( $\Delta H^\circ_f$ ) dengan harga  $\Delta H^\circ_f$  masing-masing komponen pada suhu  $25^\circ\text{C}$  (298 K) dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1.9 Harga  $\Delta H^\circ_f$  Masing-masing Komponen

Komponen	$\Delta H^\circ_f$ (kJ/mol)
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	-52,630
$\text{H}_2\text{O}$	-241,800
$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$	-389,320

$$\begin{aligned}
 \Delta^\circ H_{R(298K)} &= \Sigma \Delta H^\circ_{f(\text{produk})} - \Sigma \Delta H^\circ_{f(\text{reaktan})} \\
 &= \Delta H^\circ_{f(\text{produk})} - \Delta H^\circ_{f(\text{reaktan})} \\
 &= \Delta H^\circ_{f(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)} - (\Delta H^\circ_{f(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})} + \Delta H^\circ_{f(\text{H}_2\text{O})}) \\
 &= -389,32 - ((-52,63) + (-241,80)) \\
 &= -94,89 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai negatif (-) dimana hasil tersebut menunjukkan bahwa reaksi tersebut merupakan reaksi eksotermis (mengeluarkan panas) sehingga memerlukan pendingin reaktor.

Untuk mengetahui reaksi tersebut berlangsung secara spontan atau tidak, dapat ditentukan dengan menghitung energi bebas gibbs  $\Delta G^\circ_f$  dengan nilai masing-masing sebagai berikut:

Tabel 1.10 Harga  $\Delta G^\circ_f$  Masing-masing Komponen

Komponen	$\Delta G^\circ_f$ (kJ/mol)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-13,100
H <sub>2</sub> O	-228,600
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	-304,470

$$\begin{aligned}
 \Delta^\circ G_{f(298K)} &= \Sigma \Delta G^\circ_{f(\text{produk})} - \Sigma \Delta G^\circ_{f(\text{reaktan})} \\
 &= \Delta G^\circ_{f(\text{produk})} - \Delta G^\circ_{f(\text{reaktan})} \\
 &= \Delta G^\circ_{f(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)} - (\Delta G^\circ_{f(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)} + \Delta G^\circ_{f(\text{H}_2\text{O})}) \\
 &= -304,47 - ((-228,6) + (-13,1)) \\
 &= -62,77 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai negatif (-) yang menunjukkan reaksi tersebut berlangsung spontan

$$\Delta^\circ G_f = -R \cdot T \cdot \ln K$$

$$\ln K_{(298)} = \frac{\Delta^\circ G_f}{-R \cdot T}$$

$$\ln K_{(298)} = \frac{-62,77 \text{ kJ/mol}}{-\left(\frac{8,314}{1000}\right) \text{ kJ/mol} \times 298K}$$

$$K_{(298)} = \exp(25,335)$$

$$K_{(298)} = 1,006 \times 10^{11}$$

Untuk mengetahui arah reaksi (*reversible* atau *irreversible*) dapat ditentukan dengan cara menghitung konstanta kesetimbangan pada suhu operasi 207°C (480 K) menggunakan persamaan dari Van Hoff sebagai berikut:

$$\ln\left(\frac{K}{K_{298}}\right) = -\frac{\Delta H_{298K}}{R} \times \left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T}\right)$$

$$\ln\left(\frac{K}{1,006 \times 10^{11}}\right) = -\frac{-94,89 \text{ kJ/mol}}{8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol.K}} \times \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{480}\right)$$

$$\left(\frac{K}{1,006 \times 10^{11}}\right) = \exp(14,522)$$

$$\left(\frac{K}{1,006 \times 10^{11}}\right) = 2,02686 \times 10^6$$

$$K = 2,03902 \times 10^{17}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh konstanta kesetimbangan sebesar  $2,03902 \times 10^{17}$ . Dimana dapat dikatakan bahwa reaksi dari pembuatan etilen glikol berlangsung secara *irreversible* (searah) karena konstanta yang dihasilkan lebih besar dari 1 ( $K > 1$ ).

### 3. Neraca Massa

Komponen	BM	Masuk Reaktor			Keluar Reaktor		
		Mol	Massa	Fraksi Massa	Mol	Massa	Fraksi Massa
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	44	270,3	11.893,9	0	0	0	0
H <sub>2</sub> O	18	2.162,5	38.925,6	1	1.925,1	34.681,6	1
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	62	0	0	0	204,1	12.667,1	0,249
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	106	0	0	0	28,6	3.033,1	0,060
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	150	0	0	0	2,9	437,8	0,009
Total		2.432,9	50.819,6	1	2.160,7	50.819,6	1

### 4. Neraca Panas

Berdasarkan Yaws (1999), panas reaksi yang didapat melalui persamaan berikut:

$$\Delta H_r = \sum n \cdot \Delta H_f(\text{produk}) - \sum n \cdot \Delta H_f(\text{reaktan})$$

Dengan nilai Hf komponen sebagai berikut:

Komponen	Hf	
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-1.418.207,08	kJ/jam
H <sub>2</sub> O	-65.153.256,15	kJ/jam
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	-104.902.670,30	kJ/jam

$\Delta H_r$  didapatkan sebesar -25.568.207,1 kJ/jam maka reaksi berjalan eksotermis atau mengeluarkan panas

Didapatkan suhu keluar reaktor sebesar 483 K

## 5. Perhitungan Sifat Fisis

### a. Kapasitas panas gas

Berdasarkan Yaws (1999), kapasitas panas gas didapatkan dengan persamaan berikut:

$$C_p = A + B.T + C.T^2 + D.T^3 + E.T^4$$

Dengan nilai konstanta A, B, C, D dan E sebagai berikut:

Komponen	A	B	C	D	E
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	30.827	-7.60E-03	3.23E-04	-3.27E-07	9.73E-11
H <sub>2</sub> O	33.933	-8.42E-03	2.99E-05	-1.78E-08	3.69E-12
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	48.218	1.907E-01	-6.61E-05	-1.88E-08	1.256E-11
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	13.906	4.837E-01	-2.77E-04	6.21E-08	-1.53E-12
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	2.101	7.865E-01	-5.61E-04	2.09E-07	-3.39E-11

### b. Densitas Campuran

Berdasarkan Wilkes (1999) densitas didapatkan dengan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{BM \times P}{R \times T}$$

Kondisi operasi: T = 480,376 K

P = 16,754 atm

R = 0,0821 L.atm/mol.K

Komponen	BM	$\rho_i$	xi	xi* $\rho_i$ (kg/m <sup>3</sup> )
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	44	18,693	0,234	4,374
H <sub>2</sub> O	18	7,647	0,766	5,858
<b>Total</b>			<b>1</b>	<b>10,232</b>

Sehingga, densitas campuran adalah 10,232 kg/m<sup>3</sup>

c. Viskositas Campuran

Berdasarkan Yaws (1999), viskositas didapatkan dengan persamaan berikut:

$$\mu_i = A_i + B_i \cdot T + C_i \cdot T^2$$

Komponen	BM	A	B	C	$\mu$ (Cp)	$y_i$
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	44	-12,180	3,7672E-01	-7,7599E-05	15,088	0.234
H <sub>2</sub> O	18	-36,826	4,2900E-01	-1,6200E-05	16,552	0.766

$$\mu_{\text{mix}} = \frac{\sum y_i \cdot \mu_i \cdot M_r^{0,5}}{\sum y_i \cdot M_r^{0,5}}$$

$$\mu_{\text{mix}} = 13,1363 \text{ Cp}$$

Sehingga, viskositas campuran adalah 16,079 Cp

d. Pressure Drop

Penurunan tekanan dalam reactor dapat dihitung dengan persamaan :

$$\Delta P = \frac{1,44 \times 10^{-5} G^{1,8} \mu^{0,2} L}{\rho D^{1,2}} \quad (\text{Coulson \& Richardson's, 1993})$$

$$\Delta P = \text{Pressure Drop, lb/ft}^2 \text{ (psia)}$$

$$L = \text{Panjang reactor total, ft}$$

$$G = \text{Kecepatan laju umpan masuk reactor, lb/ft}^2\text{s}$$

$$D = \text{Diameter, ft}$$

$$\rho = \text{Densitas, lb/ft}^3$$

$$\mu = \text{Viskositas, Cp}$$

$$G = \frac{W}{A}$$

$$G = \frac{112.037,817 \frac{\text{lb}}{\text{jam}}}{7,7123 \text{ ft}^2} = 4,035 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2 \cdot \text{s}}$$

$$\Delta P = \frac{1,44 \times 10^{-5} \times 4,035^{1,8} \times 16,079^{0,2} \times 50,894}{0,638 \times 3,134^{1,2}} = 0,006 \text{ psia}$$

Komponen	$\Delta H$ in (Kj/ jam)	$\Delta H$ out (Kj/ jam)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	2.948.159,17	-
H <sub>2</sub> O	13.498.475,57	12..203.665,09
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	-	4.212.259,06
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	-	865.073,33
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	-	126.420,59
$\Delta H$ Reaksi	-25.615.406,11	-
Q serap	26.576.189,45	-
Total	17.407.418,07	17.407.418,07

## 6. Menentukan Mechanical Design

### a. Menentukan Volume pada Reaktor *Plug Flow*

Untuk mencari V pada reactor *plug flow* yaitu dengan cara:

$$V = F_{A0} \int \frac{dx_A}{-r_A}$$

Persamaan Reaksi Utama:

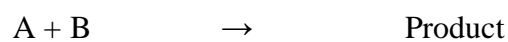


Kondisi Operasi: T = 483 K

P = 17 atm

R = 0,0821 L.atm/mol.K

X<sub>A</sub> = 0,998



Didapat persamaan sebagai berikut:

$$-r_A = \frac{-dC_A}{dt} = \frac{-dC_B}{dt} = k \cdot C_A \cdot C_B$$

Komposisi reaktan dihitung menggunakan persamaan :

$$C_x = \frac{F_x}{F_T} x \frac{P}{R.T} \quad (\text{Fogler, 1999})$$

Keterangan:

$C_x$  = Komposisi reaktan

$F_x$  = Mol reaktan

$F_T$  = Mol total

Komponen	Mula-mula	Bereaksi	Sisa
A = C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	C <sub>A0</sub>	C <sub>A0</sub> · x	C <sub>A</sub> = C <sub>A0</sub> (1-x)
B = H <sub>2</sub> O	C <sub>B0</sub>	C <sub>A0</sub> · x	C <sub>B</sub> = C <sub>B0</sub> - C <sub>A0</sub> · x
C = C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>C0</sub>	C <sub>A0</sub> · x	C <sub>C</sub> = 0 + C <sub>A0</sub> · x

- Mencari C<sub>A</sub>

$$C_{A0} = \frac{270,317 \frac{\text{mol}}{\text{jam}}}{2167,534 \frac{\text{mol}}{\text{jam}}} x \frac{18 \text{ atm}}{0,0821 \frac{\text{Latm}}{\text{mol.K}} x 403 \text{ K}} = 0,0571 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$C_A = C_{A0} \cdot (1 - x)$$

$$C_A = 0,9571 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot (1 - 0,998) = 1,14 x 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

- Mencari C<sub>B</sub>

$$C_{B0} = \frac{1925,120 \frac{\text{mol}}{\text{jam}}}{2167,534 \frac{\text{mol}}{\text{jam}}} x \frac{18 \text{ atm}}{0,0821 \frac{\text{Latm}}{\text{mol.K}} x 403 \text{ K}} = 0,4066 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$C_B = C_{B0} - (C_{A0} \cdot x)$$

$$C_B = 0,4066 \frac{\text{mol}}{\text{L}} - (0,0571 \times 0,998) = 0,3497 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Reaksi yang terjadi merupakan reaksi orde 2, dimana persamaan laju reaksinya adalah :

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

Dengan:

$$C_A = C_{A0} (1 - X_A)$$

$$C_B = C_{B0} - (C_{A0} \cdot X_A)$$

Sehingga,

$$-r_A = C_{A0} \frac{dX_A}{dt} = k \cdot (C_{A0} - C_{A0} \cdot X_A) \cdot (C_{B0} - C_{A0} \cdot X_A)$$

$$-r_A = C_{A0} \frac{dX_A}{dt} = k \cdot C_{A0}^2 (1 - X_A) \cdot \left(\frac{C_{B0}}{C_{A0}} - X_A\right)$$

Diintegrasikan menjadi,

$$\int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1-X_A)(\frac{C_{B0}}{C_{A0}} - X_A)} = \frac{1}{k \cdot C_{A0}} \int_0^t dt$$

Bentuk integral pada persamaan di atas diselesaikan dengan metode *Trapezoidal*

*Rule*. Jika pada bentuk integral dimisalkan dengan :

$$I = \int_0^x \frac{dX_A}{(1-X_A)(\frac{C_{B0}}{C_{A0}} - X_A)}$$

Maka,

$$\int_{x=0}^{x=x} I \cdot dX = \frac{\Delta X}{2} (f_1 + 2f_2 + 2f_3 + \dots + f_n)$$

Dengan,

$$\Delta x = \frac{b-a}{n} = \frac{0,998-0}{10} = 0,0998$$

No	x	y(x <sub>0</sub> )	y(x <sub>1</sub> ) s/d y(x <sub>n-1</sub> )	y(x <sub>n</sub> )	Integral
0	0	0,1403			4,5119
1	0,0998		0,1581		
2	0,1996		0,1803		
3	0,2994		0,2090		
4	0,3992		0,2474		
5	0,4990		0,3011		
6	0,5988		0,3818		
7	0,6986		0,5161		
8	0,7984		0,7837		
9	0,8982		1,5769		
10	0,998			81,5691	

Jadi,  $\int_0^{0,998} I \cdot dX = 4,5119$

Sehingga, volume reaktor dapat dihitung sebagai berikut:

$$V = F_{A0} \cdot \int_0^x \frac{dX_A}{-r_A}$$

$$V = F_{A0} \int_0^{0,998} \frac{dX_A}{-r_A}$$

$$V = \frac{F_{A0}}{k \cdot C_{A0}} \int_0^{0,998} \frac{dX_A}{(1 - X_A)(C_{B0}/C_{A0} - X_A)}$$

$$V = \frac{270,317}{1,772 \cdot 0,0571} \cdot 4,5119 = 12.064,727 \text{ L} = 12,065 \text{ m}^3$$

#### b. Menghitung Diameter Reaktor

Diasumsikan bahwa  $t = 15 \text{ m}$

$$V = LA \cdot t$$

$$V = \pi r^2 \cdot t$$

$$12.065 \text{ m}^3 = \pi r^2 \cdot 4$$

$$r^2 = 0,2562 \text{ m}$$

$$r = 0,506 \text{ m} = 19,9257 \text{ in}$$

$$D = 2 \cdot r = 1,0122 \text{ m} = 39,8514 \text{ in}$$

### c. *Shell*

#### 1. Tebal *shell*

Kondisi Operasi:	P	=	16,755 atm	=	246,230 psia
	T <sub>in</sub>	=	207°C	=	480 K
	T <sub>out</sub>	=	210°C	=	483 K
	D	=	1,0122 m	=	39,851 in

Bahan reaktor dirancang menggunakan Stainless Steel 304 dengan over design 10% tekanan perancangan.

$$ts = \frac{P \cdot ri}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959})$$

Keterangan:	ts	=	Tebal sheel (in)
	P	=	Tekanan (psia)
	ri	=	Jari-jari dalam reaktor (in)
	E	=	Effisiensi pengelasan
	C	=	Faktor korosi
	f	=	Tegangan yang diizinkan (psia)

$$ts = \frac{270,853 \times 19,9257}{14503,774 \times 0,85 - 0,6 \times 270,853} + 0,125$$

$$ts = 0,5686 \text{ in}$$

## d. Head

### 1. Tebal head

$$th = \frac{0,885.P.ri}{f.E-0,1.P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959})$$

Keterangan: th = Tebal head (in)

P = Tekanan (psia)

ri = Jari-jari dalam reaktor (in)

E = Effisiensi pengelasan

C = Faktor korosi

f = Tegangan yang diizinkan (psia)

$$th = \frac{0,885 \times 270,853 \times 19,9257}{14503,774 \times 0,85 - 0,1 \times 270,853} + 0,125$$

$$th = 0,5132 \text{ in}$$

### 2. Tinggi head

Diketahui: ID (D1) = 39,851 in = 3,321 ft

OD (D2) = ID + 2ts  
40,851 in = 3,404 ft

OD standard = 40 in = 3,333 ft

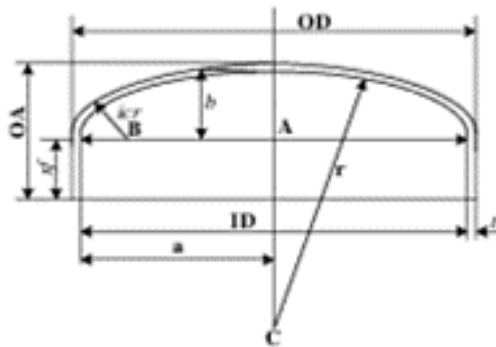
Berdasarkan buku Brownell & Young, 1959 didapatkan:

t = 0,5 in

icr = 2,5 in

r = 40 in

sf = 3 in (sf berada pada range 1 ½ - 3 ½)



$$a = \frac{ID}{2} = 19,926 \text{ in}$$

$$A = \frac{ID}{2 - icr} = 17,426 \text{ in}$$

$$B = r - icr = 37,500 \text{ in}$$

$$C = B^2 - A^{2^{1/2}} = 33,205 \text{ in}$$

$$b = r - C = 6,795 \text{ in}$$

Sehingga tinggi head dapat dihitung menggunakan rumus:

$$OA = t + b + sf$$

$$OA = 0,5 + 6,795 + 3$$

$$OA = 10,295 \text{ in}$$

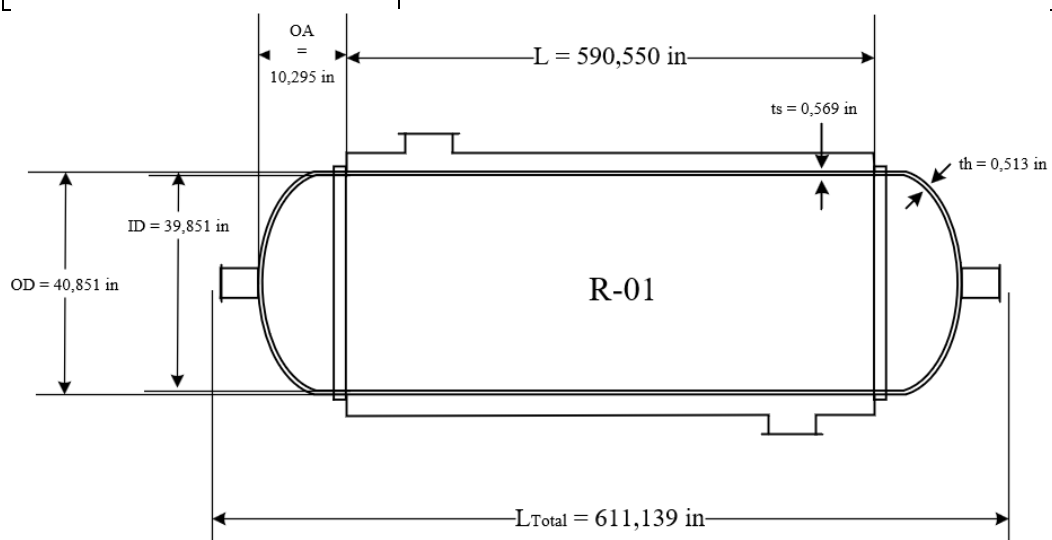
Maka tinggi head didapatkan sebesar 10,295 in

#### e. Tinggi Reaktor Total

$$\begin{aligned} \text{Tinggi reaktor total} &= 2. \text{tinggi head} + L \\ &= 2 \times 10,295 + 590,550 \\ &= 611,139 \text{ in} = 15,523 \text{ m} \end{aligned}$$

#### f. Spesifikasi Reaktor

<b>Spesifikasi Reaktor</b>	
Kode	R-01
Fungsi	Tempat merekasikan Etilen Oksida dan Air menjadi Etilen Glikol
Jenis/ Tipe	<i>Plug Flow Reactor</i>
Jumlah	1
Harga	\$ 143.156
Suhu, °C	210
Tekanan, atm	16,75
Kondisi operasi	<i>Non-Isothermal, Adiabatis</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel 304</i>
<b>Mechanical Design</b>	
Volume reaktor, m <sup>3</sup>	12,065
Tinggi reaktor, m	15
Diameter reaktor, m	1,012
Tebal shell, in	0,569
Tebal head, in	0,513
Tinggi head, m	0,261
Tinggi total reaktor, m	15,523

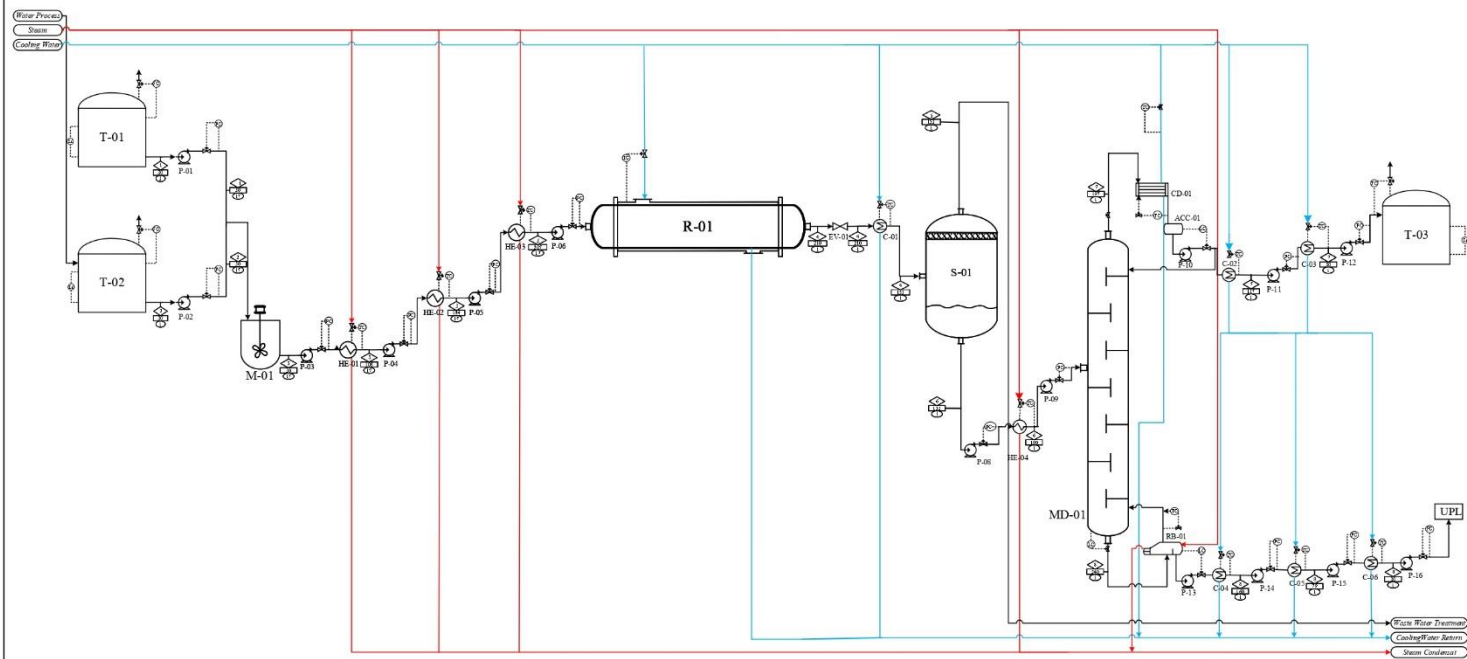


## **LAMPIRAN B**

### ***Process Engineering Flow Diagram (PEFD)***

## PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

### PRA RANCANGAN PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 100.000 TON/TAHUN



Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	11.893,9	0	11.893,9	0	0	0	0	0
H <sub>2</sub> O	0	38.925,6	38.925,6	34.681,6	34.681,6	0	0	0
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	0	0	0	12.667,1	0	12.667,1	12.647,9	19,2
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0	3.033,1	0	3.033,1	0,2	3.032,9
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	0	0	0	437,8	0	437,8	0	437,8
TOTAL	11.893,9	38.925,6	50.819,6	50.819,6	34.681,6	16.138	12.648,1	3.489,9

Keterangan Alat	
T	Tangki
P	Pompa
M	Mixer
HE	Heater
C	Cooler
EV	Expansion Valve
R	Reaktor Plug Flow
S	Sepantua
MD	Menara Distilasi
CD	Condensor
ACC	Accumulator
RB	Reboiler

Symbol	Keterangan
	Control Valve
	Nomor Arus, Kg/Jam
	Suhu, C
	Tekanan, atm
	Pipeline
	Electrical Signal Line
	Pressure Control
	Temperature Control
	Flow Control
	Level Indicator
	Level Control

	<b>JURUSAN TEKNIK KIMIA</b> <b>FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI</b> <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b> <b>YOGYAKARTA</b>
<b>PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM</b> <b>PRA RANCANGAN PABRIK ETILEN GLIKOL DARI</b> <b>ETILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN KAPASITAS</b> <b>100.000 TON/TAHUN</b>	
<b>Disusun oleh:</b> 1. Annisa Vikynurillah      20521130 2. Azizah Nur Syafira      20521145	
<b>Dosen Pembimbing:</b> 1. Dr. Arif Hidayat, S. T, M. T	

## **LAMPIRAN C**

### **Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik**

### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

1. Nama Mahasiswa : Annisa Vikynurillah

NIM : 20521130








2. Nama Mahasiswa : Aziizah Nur Syafira

NIM : 20521145










Judul Prarancangan : Prarancangan Pabrik Etilen Glikol dari Etilen  
Oksida dan Air Kapasitas 100.000 ton/tahun

Mulai Masa Bimbingan : 14 September 2023

Batas Akhir Bimbingan : 13 September 2024

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	21-09-2023	Perkenalan dan diskusi tentang prarancangan pabrik	
2	27-09-2023	Diskusi spesifikasi bahan dan produk, dan diagram alir	
3	28-09-2023	Konsultasi spesifikasi bahan dan produk, diagram alir, penentuan kapasitas	
4	05-10-2023	Diskusi mengenai kapasitas	
5	06-10-2023	Diskusi mengenai kinetika, dan termodinamika	
6	10-10-2023	Penetapan Kapasitas	
7	11-10-2023	Konsultasi diagram alir dan neraca massa	

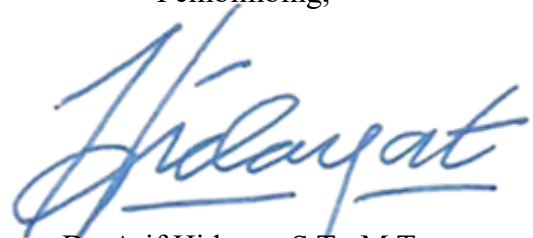
8	19-10-2023	Konsultasi diagram alir	<i>Hd.</i>
9	20-10-2023	Konsultasi diagram alir	<i>Hd.</i>
10	25-10-2023	Penetapan diagram alir	<i>Hd.</i>
11	27-10-2023	Konsultasi neraca massa reaktor	<i>Hd.</i>
12	01-11-2023	Konsultasi neraca massa separator	<i>Hd.</i>
13	07-11-2023	Konsultasi neraca massa menara distilasi	<i>Hd.</i>
14	08-11-2023	Pembahasan mengenai neraca massa	<i>Hd.</i>
15	10-11-2023	Penetapan neraca massa dan diskusi terkait perhitungan reaktor	<i>Hd.</i>
16	26-11-2023	Pembahasan mengenai neraca panas	<i>Hd.</i>
17	05-02-2024	Konsultasi dan penetapan neraca panas	<i>Hd.</i>
18	19-03-2024	Pembahasan mengenai reaktor	<i>Hd.</i>
19	20-03-2024	Mencari volume reaktor	<i>Hd.</i>
20	22-03-2024	Konsultasi mengenai kinetika reaksi	<i>Hd.</i>
21	26-03-2024	Konsultasi volume reaktor	<i>Hd.</i>
22	27-03-2024	Konsultasi panjang dan diameter reaktor	<i>Hd.</i>

23	28-03-2024	Penetapan Mechanical Desain Reaktor	
24	01-04-2024	Konsultasi Perhitungan Separator dan Menara Distilasi	
25	03-04-2024	Konsultasi Aspen Plus	
26	07-04-2024	Konsultasi Aspen Plus mengenai MD	
27	17-04-2024	Konsultasi Aspen Plus mengenai <i>heat exchanger</i>	
28	22-04-2024	Penetapan <i>heat exchanger</i> dan konsultasi utilitas	
29	28-04-2024	Konsultasi PEFD dan konsultasi evaluasi ekonomi	
30	11-06-2024	Revisi Naskah	
31	26-06-2024	Revisi Naskah	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 29 April 2024

Pembimbing,



Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.