

No:...

**PRARANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL  
DARI PROPILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN  
KAPASITAS 21.000 TON/TAHUN**

**PRARANCANGAN PABRIK**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat**

**Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**

**Konsentrasi Teknik Kimia**



**Oleh:**

**Nama : Ardisa Rauza Choirunnisa    Nama : Fatimah Tuzzahroh**

**NIM : 20521185**

**NIM : 20521186**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**YOGYAKARTA**

**2024**

# LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

## HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

### LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING PRARANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL DARI PROPILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN KAPASITAS 21.000 TON/TAHUN

#### PRARANCANGAN PABRIK



Nama : Ardisa Rauza Choirunnisa  
NIM : 20521185

Nama : Fatimah Tuzzahroh  
NIM : 20521186

Yogyakarta, 08 Juli 2024

Pembimbing,

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, ST., MT

# LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

### PRARANCANGAN PABRIK PROPILLEN GLIKOL DARI PROPILLEN OKSIDA DAN AIR DENGAN KAPASITAS 21.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ardisa Rauza Choirunnisa

Nama : Fatimah Tuzzahroh

NIM : 20521185

NIM : 20521186

Yogyakarta, 08 Juli 2024

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian 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 dipergunakan sebagaimana mestinya.



Ardisa Rauza Choirunnisa



Fatimah Tuzzahroh

## LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

### PRARANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL DARI PROPILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN KAPASITAS 21.000 TON/TAHUN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama : Ardisa Rauza Choirunnisa

Nama : Fatimah Tuzzahroh

Nim : 20521185

Nim : 20521186

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, 7 Agustus 2024

Tim Penguji,

**Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.**

Ketua

14/08/2024  


**Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.**

Anggota 1



**Muflih Arisa Adnan S.T., M.T., Ph.D**

Anggota II





Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia – Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

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

NIK : 995200445

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamua 'laikum warahmatullahi wabarakatuh*

*Alhamdulillah* rabbil'amin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kenikmatan serta karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik kimia dengan baik.

Sholawat serta salam yang tak lupa kita hadiahkan kepada baginda kita Nabi Muhammad SAW dan para sahabatnya, karena syafaatnya kita dapat beralih dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan seperti sekarang ini.

Tugas prarancangan pabrik kimia dengan judul “Prarancangan Pabrik Propilen Glikol dari Propilen Oksida dan Air dengan Kapasitas 21.000 Ton/Tahun” disusun untuk menerapkan ilmu teknik kimia yang telah didapatkan selama berkuliah, dan termasuk salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan tugas akhir prarancangan pabrik kimia ini berjalan dengan lancar dengan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Allah SWT karena atas kehendak-Nya, penulis diberi kemudahan serta kesabaran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

2. Orang tua serta keluarga yang selalu memberikan *support* dan motivasi selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T., IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Prodi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Ibu Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang selalu meluangkan waktu, arahan, bimbingan, dan dukungan selama penyusun menyelesaikan tugas akhir ini
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmunya.
8. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
9. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia angkatan 2020 yang selalu memberikan dukungan serta saling membagikan ilmunya.

10. Seluruh pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu-satu dalam membantu penyusunan laporan tugas akhir prarancangan pabrik kimia ini dengan tulus.

Demikian laporan tugas prarancangan pabrik kimia ini kami susun. Penyusun mengharapkan agar laporan ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca dan juga memberikan inspirasi kepada semuanya dan juga kepada penyusun sendiri. Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Yogyakarta, 08 Juli 2024

Penyusun

## LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Karya ini saya persembahkan kepada:

*Alhamdulillah* *rabbi'l'alamin*, karena atas semua rahmat dan karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sholawat serta salam yang selalu saya hanturkan kepada baginda Nabi Muhammad *Shallahu Alaihi Wassalam* karena dengan syafaat beliau yang memberikan saya menuju jalan yang selalu dirahmati kedepannya.

Karya ini saya persembahkan terutama untuk kedua orangtua saya yang selalu memberikan *support*, nasihat, serta doa-doa yang tak pernah henti mereka berikan. Untuk kakak pertama yang selalu menjadi inspirasi saya, serta adik-adik yang selalu memberikan warna di setiap kehidupan perkuliahan ketika di perantauan. Saya sangat bersyukur serta berterima kasih karena mereka “KELUARGA” yang tak pernah pergi, berhenti, dan hilang ketika saya berkeluh kesah tentang perkuliahan. Terimakasih sudah menjadi rumah pulang, rumah ternyaman yang takkan saya dapatkan dimanapun kecuali dengan mereka.

Kepada partner terbaik, tercinta, dan tersayang “Ardisa Rauza Choirunnisa” bukan sekedar partner atau rekan kerja, tapi sudah saya anggap seperti rumah kedua saya. Terimakasih sudah menemani masa-masa perkuliahan untuk melewati fase Kerja Praktik di Mojokerto selama 1 bulan, penelitian selama berbulan-bulan, serta sampai di titik akhir yaitu Tugas Akhir. Terimakasih atas waktu, ilmu, kerjasama,

kepercayaan, serta kesabaran dalam melewati fase-fase perkuliahan ini. Semoga ilmu yang kita dapatkan bermanfaat untuk kita berdua di akhirat kelak.

Kepada keluarga “Kesehatan dr. Robert” yaitu Wina, Yanti, Rauza, Fani, Samiyah, Hema, Jhodi, dan Tanfiz yang sudah menjadi support system, terimakasih untuk kebersamaan yang sudah kita jalani bersama-sama, mulai dari bangun pagi jam 07.00 masuk kampus, makan di kantin, mengerjakan tugas bareng, masak bareng, dan main-main juga bareng. Terimakasih sudah menemani kehidupan ku selama di perkuliahan ini ya teman-teman. Semoga kelak kita dipertemukan kembali dengan kesuksesan masing-masing. Terimakasih kepada teman-teman seperbimbingan yaitu Fani dan Harini untuk dukungan dan kebersamaan dalam mengerjakan skripsi.

Kepada “PERANTAUAN SUKSES” yaitu Amik, Tania, dan Tata. Terimakasih uda menjadi *close friends* dari SMA sampai sekarang dan inshaallah sampai jannah. Terimakasih suda menampung semua cerita selama perkuliahan. Terutama untuk my love yaitu Tania Sephia yang sekarang masih satu kampus, makasi sudah ada ketika lagi senang maupun sedih. Semoga kedepannya kita menjadi orang-orang yang sukses dunia dan akhirat.

Kepada Teknik Kimia UII 2020 yang ikut andil besar dalam menjalani perkuliahan dari semester satu sampai akhir yang memberikan saya pengalaman untuk membentuk karakter yang lebih baik. Semoga kita semua dapat meraih cita cita yang kita inginkan.

## LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Alhamdulillahirobbil'alamin.* Puji syukur selalu terpanjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tidak ada satupun yang dapat terwujud kecuali atas kehendak-Nya. Sholawat serta salam, tak henti tercurahkan kepada Nabi Muhammad *Shalallahu Alaihi Wassalam* yang senantiasa menjadi sosok teladan kita semua serta kita nantikan *syafa'at*-nya di *Yaumul Akhir*.

Karya ini saya persembahkan kepada:

Karya ini saya persembahkan terutama untuk ibu dan ayah saya, Ibu Adriyani Syarivati dan Ayah Alfriwansyah. Kakak-kakak saya, Adrian Izhar Rafliansyah dan Andrian Reyhan Firdaussyah. Terima kasih atas segala doa, kasih sayang yang sungguh besar, motivasi, dorongan, dan nasihat-nasihat yang diberikan kepada saya. Terima kasih telah berkorban begitu banyak sehingga saya bisa berada di posisi sekarang ini. Lembar persembahan ini tidak akan pernah cukup untuk menggambarkan rasa terima kasih saya kepada ibu, ayah, dan kakak-kakak saya.

Kepada partner terbaik dan tersayang saya, Fatimah Tuzzahroh. Bukan hanya sekedar partner tetapi sahabat dan rumah tempat saya berkeluh kesah tentang semuanya. Terima kasih banyak karena tidak menyerah dengan saya dan keadaan yang ada, mulai dari kerja praktik, penelitian, dan terakhir tugas akhir ini yang akhirnya bisa kita selesaikan bersama-sama. Terima kasih karena selalu ada dan mendukung serta mewarnai perjalanan kuliah saya. Sekali lagi, terima kasih fatimah. Semoga sukses untuk masa mendatang.

Kepada teman-teman Kesehatan Dr. Robert, Fatimah, Wina, Yanti, Jhody, Fani, Hema, Samiyah, dan Tanfidz. Terima kasih, telah menemani dari semester 1 hingga selesai masa perkuliahan ini, selalu mengisi dan mewarnai perjalanan kuliah saya, semua hal kita lalui bersama. Terima kasih atas dukungan dan dorongan untuk selalu maju, sehingga saya memiliki persahabatan yang supportif dan selalu ingin bergerak maju dalam hal baik. Semoga tali persahabatan kita tidak akan putus meskipun masing-masing sudah jauh dan kembali ke rumah masing-masing.

Kepada sahabat-sahabat saya, Amalia, Sherly, dan Titan. Terima kasih telah selalu menemani, mendukung, memotivasi, dan tidak berhenti menjadi sahabat terbaik saya. Terima kasih atas waktu, tenaga, dan pikirannya meskipun kita berbeda jurusan tetapi kehadiran kalian sungguh berarti untuk saya.

Kepada teman-teman asisten OTK 1 dan 2, Marcomm, DPKA, asisten Fisika Dasar. Terima kasih telah memberikan kesan indah dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan saya.

Kepada Teknik Kimia UII 2020, terima kasih karena telah memberikan cerita dan pengalaman selama perkuliahan yang menarik. Semoga kita semua dapat mencapai apa yang kita impikan dan cita-citakan.

Terakhir, kepada diri saya sendiri. Terima kasih karena telah berjuang dan tidak menyerah hingga bisa sampai dititik ini. Setiap perjuangan ini tidak akan ada yang sia-sia, *Insyallah*.

(Ardisa Rauza Choirunnisa)

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	vii
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
ABSTRAK .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik .....	3
1.2.1 Proyeksi Kebutuhan Propilen Glikol di Indonesia.....	3
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku .....	9
1.2.3 Tinjauan Pabrik yang Telah Berdiri .....	11
1.2.4 Penentuan Kapasitas.....	12
1.3 Tinjauan Pustaka .....	13
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika.....	19
1.4.1 Tinjauan Termodinamika .....	19
1.4.2 Tinjauan Kinetika .....	22
BAB II PERANCANGAN PRODUK .....	24
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk .....	24
2.2 Spesifikasi Bahan Pendukung .....	25
2.3 Pengendalian Kualitas .....	26
2.3.1 Pengendalian Bahan Baku.....	27
2.3.2 Pengendalian Proses .....	28
2.3.3 Pengendalian Produk.....	28

BAB III PERANCANGAN PROSES.....	30
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	30
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif .....	30
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif .....	31
3.2 Uraian Proses.....	32
3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku.....	32
3.2.2 Tahap Reaksi .....	34
3.2.3 Tahap Pemurnian Produk .....	34
3.3 Spesifikasi Alat .....	36
3.3.1 <i>Mixer</i> .....	36
3.3.2 Reaktor .....	37
3.3.3 <i>Neutralizer</i> .....	38
3.3.4 Menara Distilasi .....	40
3.3.6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan .....	42
3.3.7 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan .....	47
3.3.7 Spesifikasi Alat Penukar Panas .....	54
3.3.8 Spesifikasi Alat Transportasi .....	59
3.3.9 Neraca Massa Alat .....	60
3.3.10 Neraca Panas Alat .....	64
BAB IV PERANCANGAN PABRIK .....	68
4.1 Lokasi Pabrik.....	68
4.1.1 Sumber Bahan Baku.....	69
4.1.2 Pemasaran Produk.....	70
4.1.3 Penyediaan Utilitas.....	70
4.1.4 Jenis Transportasi.....	71
4.1.5 Keadaan Masyarakat .....	71
4.1.6 Karakteristik Lokasi.....	72
4.1.7 Kebijakan Pemerintah dan Kebutuhan Tenaga Kerja .....	72
4.2 Tata Letak Pabrik ( <i>Plant Layout</i> ).....	72
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses ( <i>Machines Layout</i> ).....	79
4.4 Organisasi Perusahaan.....	83

4.4.1 Bentuk Perusahaan .....	83
4.4.2 Struktur Organisasi.....	84
4.4.3 Tugas dan Wewenang .....	86
4.4.4 Pengaturan Jam Kerja.....	89
<b>BAB V UTILITAS.....</b>	<b>98</b>
5.1 Unit Penyediaan dan Pengelolaan Air ( <i>Water Treatment System</i> ).....	98
5.1.1 Unit Penyediaan Air.....	98
5.1.2 Unit Pengolahan Air.....	105
5.2 Unit Pembangkit <i>Steam</i> .....	108
5.3 Unit Pembangkit Listrik .....	109
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan .....	113
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar .....	113
5.6 Unit Pengolahan Limbah.....	115
<b>BAB VI EVALUASI EKONOMI .....</b>	<b>135</b>
6.1 Perkiraan Harga Alat.....	136
6.2 Dasar Perhitungan .....	147
6.3 Komponen Biaya.....	147
6.3.1 Modal ( <i>Capital Investment</i> ) .....	147
6.3.2 Biaya Produksi ( <i>Manufacturing Cost</i> ) .....	150
6.3.3 Pengeluaran Umum ( <i>General Expense</i> ).....	152
6.4 Analisa Keuntungan .....	153
6.4.1 Keuntungan Sebelum Pajak .....	153
6.4.2 Keuntungan Sesudah Pajak.....	153
6.5 Analisa Kelayakan.....	154
6.5.1 <i>Return on Investment (ROI)</i> .....	154
6.5.2 <i>Pay Out Time (POT)</i> .....	154
6.5.3 <i>Break Even Point (BEP)</i> .....	155
6.5.4 <i>Shut Down Point (SDP)</i> .....	157
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>161</b>
7.1 Kesimpulan.....	161
7.2 Saran.....	162

DAFTAR PUSTAKA .....	163
LAMPIRAN A .....	166
PERANCANGAN REAKTOR.....	166
LAMPIRAN B .....	188
PEFD .....	188
LAMPIRAN C .....	191

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk Dan Bahan Baku Perancangan Pabrik Propilen Glikol .....	24
Tabel 2. 2 Spesifikasi Produk Dan Bahan Baku Perancangan Pabrik Propilen Glikol (Lanjutan).....	25
Tabel 2. 3 Spesifikasi Bahan Pendukung Perancangan Pabrik Propilen Glikol ...	26
Tabel 3. 1 Spesifikasi Mixer .....	36
Tabel 3. 2 Spesifikasi Mixer (Lanjutan) .....	37
Tabel 3. 3 Spesifikasi Reaktor.....	37
Tabel 3. 4 Spesifikasi Reaktor (Lanjutan).....	38
Tabel 3. 5 Spesifikasi Neutralizer .....	38
Tabel 3. 6 Spesifikasi Neutralizer (Lanjutan) .....	39
Tabel 3. 7 Spesifikasi Neutralizer (Lanjutan) .....	40
Tabel 3. 8 Spesifikasi Menara Distilasi.....	40
Tabel 3. 9 Spesifikasi Menara Distilasi (Lanjutan).....	41
Tabel 3. 10 Spesifikasi tangki penyimpanan (storage) .....	42
Tabel 3. 11 Spesifikasi tangki penyimpanan (storage) Lanjutan .....	43
Tabel 3. 12 Spesifikasi tangki penyimpanan (storage) (lanjutan).....	44
Tabel 3.13 Spesifikasi tangki penyimpanan (storage) .....	46
Tabel 3. 14 Spesifikasi alat transportasi bahan .....	47
Tabel 3. 15 Spesifikasi alat transportasi bahan (lanjutan).....	49
Tabel 3. 16 Spesifikasi alat transportasi bahan (lanjutan).....	51
Tabel 3. 17 Spesifikasi alat transportasi bahan (lanjutan).....	52
Tabel 3. 18 Spesifikasi alat transportasi bahan (lanjutan).....	53
Tabel 3. 19 Spesifikasi alat penukar panas .....	54
Tabel 3. 20 Spesifikasi alat penukar panas (Lanjutan) .....	55
Tabel 3. 21 Spesifikasi alat penukar panas (Lanjutan) .....	56
Tabel 3. 22 Spesifikasi alat penukar panas (lanjutan).....	57
Tabel 3. 23 Spesifikasi alat transportasi.....	59
Tabel 3. 24 Neraca Massa di Mixer .....	60
Tabel 3. 25 Neraca Massa di Reaktor 1 .....	60
Tabel 3. 26 Neraca Massa di Reaktor 2 .....	61
Tabel 3. 27 Neraca Massa di Reaktor 3 .....	61
Tabel 3. 28 Neraca Massa di <i>Mixer</i> – 02 .....	62
Tabel 3. 29 Neraca Massa di Neutralizer .....	62
Tabel 3. 30 Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-01).....	63
Tabel 3. 31 Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-02).....	63
Tabel 3. 32 Neraca Panas Reaktor 1 .....	64

Tabel 3. 33 Neraca Panas Reaktor 2 .....	64
Tabel 3. 34 Neraca Panas Reaktor 3 .....	65
Tabel 3. 35 Neraca Panas Netralizer .....	65
Tabel 3. 36 Neraca Panas Mixer - 02 .....	66
Tabel 3. 37 Neraca Panas MD-01 .....	66
Tabel 3. 38 Neraca Panas MD-02 .....	66
Tabel 3. 39 Neraca Panas CL-01 .....	67
Tabel 3. 40 Neraca Panas CL-02 .....	67
Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik .....	77
Tabel 4. 2 Jadwal Jam Kerja Karyawan Non-Shift .....	90
Tabel 4. 3 Jadwal Jam Kerja Karyawan Shift .....	91
Tabel 4. 4 Jadwal Kerja Regu Shift .....	91
Tabel 4. 5 Jadwal Kerja Regu Shift (lanjutan) .....	92
Tabel 4. 6 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji .....	93
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik .....	99
Tabel 5. 2 Perumahan Karyawan .....	100
Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Domestik .....	100
Tabel 5. 4 Kebutuhan Service Water .....	100
Tabel 5. 5 Air Umpan Boiler .....	101
Tabel 5. 6 Air Pendingin (Cooling Water) .....	103
Tabel 5. 7 Kebutuhan Service Water .....	105
Tabel 5. 8 Kebutuhan Listrik Alat Proses .....	110
Tabel 5. 9 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas .....	111
Tabel 5. 10 Total Kebutuhan Listrik .....	113
Tabel 5. 11 Spesifikasi Alat Screening .....	117
Tabel 5. 12 Spesifikasi Bak Utilitas .....	118
Tabel 5. 13 Spesifikasi Tangki Utilitas .....	121
Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan) .....	123
Tabel 5. 15 Spesifikasi Cooling tower .....	125
Tabel 5. 16 Spesifikasi Blower Cooling tower .....	125
Tabel 5. 17 Spesifikasi Mixed Bed .....	126
Tabel 5. 18 Spesifikasi Deaerator .....	127
Tabel 5. 19 Spesifikasi Pompa Utilitas .....	128
Tabel 5. 20 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan) .....	131

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data impor Propilen Glikol dari tahun 2014-2022.....	5
Gambar 1. 2 Data ekspor Propilen Glikol dari tahun 2014-2022 .....	7
Gambar 1. 3 Struktur Senyawa Propilen Glikol (National Center for Biotechnology Information, 2023) .....	13
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif .....	30
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif .....	31
Gambar 4. 1 Lokasi Pendirian Pabrik .....	69
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik Propilen Glikol .....	79
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses .....	82
Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas.....	134
Gambar 6. 1 Hubungan Tahun dan Indeks Harga.....	138
Gambar 6. 2 Evaluasi Ekonomi .....	159

## ABSTRAK

Propilen Glikol atau 1,2-*propanediol* adalah salah satu bahan kimia yang penggunaannya dalam dunia industri cukup besar, baik *raw material*-nya maupun sebagai bahan tambahan. Guna pemenuhan kebutuhan dalam negeri, maka dirancang pabrik Propilen Glikol di Kedayang, Kebomas, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur dengan kapasitas 21.000 ton/tahun dengan luas tanah keseluruhan 17.835 m<sup>2</sup> dan jumlah karyawan 156 orang dengan bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT). Pabrik ini berdiri dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja, perizinan, dan kondisi sosial masyarakat sekitar. Untuk mencapai kapasitas produksi, digunakan bahan baku Propilen Oksida sebesar 2.526 kg/jam dan Air sebesar 14.109 kg/jam. Reaksi pembuatan propilen glikol menggunakan proses Hidrasi Propilen Oksida dan katalis asam, yaitu Asam Sulfat. Proses reaksi berlangsung dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan suhu 25°C dan tekanan 1 atm. Sebelum dilakukan proses reaksi dalam reaktor, dilakukan pencampuran antara propilen oksida dan metanol untuk mencegah terjadinya pemisahan fase karena propilen oksida tidak larut sempurna dalam air. Selanjutnya keluaran reaktor dialirkan menuju netralizer untuk menetralkan asam sulfat dan dimurnikan dengan 2 menara destilasi. Pabrik ini dilengkapi dengan beberapa komponen utilitas yang membutuhkan 58.216 kg/jam air pendingin, 18.373 kg/jam *steam*, 13.583 kg/jam air proses, 39 m<sup>3</sup>/jam udara tekan, 9.467 kW listrik, 1.969 kg/jam batu bara, dan 1.642 gal/jam. Hasil analisis menunjukkan bahwa pabrik Propilen Glikol memiliki tingkat resiko rendah, baik dari analisis resiko maupun analisis kelayakan. Hasil evaluasi ekonomi menunjukkan *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 39% dan setelah pajak 29%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 2 tahun dan setelah pajak 2,6 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 44% serta *Shut Down Point* (SDP) sebesar 30%. *Discounted Cash Flow Rate* terhitung sebesar 20%. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik Propilen Glikol secara ekonomi layak didirikan dan layak untuk dikaji lebih lanjut.

**Kata kunci:** *propilen oksida, hidrasi, propilen glikol, evaluasi ekonomi*

## ABSTRACT

*Propylene Glycol or 1,2-propanediol is one of the chemicals whose use in the industrial world is quite large, both as raw materials and as additives. In order to meet domestic needs, a Propylene Glycol plant was designed in Kedayang, Kebomas, Gresik Regency, East Java Province with a capacity of 21,000 tons/year with a total land area of 17,835 m<sup>2</sup> and 156 employees. The company is structured as a Limited Liability Company (PT). This factory was established by considering the availability of raw materials, adequate transportation facilities, labor, licensing, and the social conditions of the surrounding community. To achieve production capacity, 2.526 kg/hour of Propylene Oxide and 14.109 kg/hour of Water are used. The propylene glycol manufacturing reaction uses the Propylene Oxide Hydration process and an acid catalyst, namely Sulfuric Acid. The reaction process takes place in a stirred tank flow reactor (RATB) at a temperature of 25°C and a pressure of 1 atm. Before the reaction process in the reactor, mixing between propylene oxide and methanol is carried out to prevent phase separation because propylene oxide is not completely soluble in water. Furthermore, the reactor output is flowed to the neutralizer to neutralize sulfuric acid and purified with 3 distillation towers and filters. This plant is equipped with several utility components that require; 58.216 kg/hour of cooling water; 18.373 kg/hour of steam; 13,583 kg/hour of process water; 39 m<sup>3</sup>/hour of compressed air; 9.467 kW of electricity; and 1.969 of coal and 1.642 gall/hour of fuel. The analysis shows that the Propylene Glycol plant has a low risk level, both from risk analysis and feasibility analysis. The economic evaluation results show a Percent Return on Investment (ROI) of 39% before tax and 29% after tax. The Pay Out Time (POT) is 2 years before tax and 2,6 years after tax. The Break Even Point (BEP) is 44% and The Shut Down Point (SDP) is 30%. The Discounted Cash Flow Rate is calculated at 20%. Based on the results of the economic evaluation, it can be concluded that the Propylene Glycol plant is economically feasible and worthy of further study.*

**Keyword:** *propylene oxide, hydration, propylene glycol, economic evaluation*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia pada era globalisasi dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Industri yang termasuk pada era tersebut meliputi beberapa bidang seperti, industri kosmetik, industri makanan, industri farmasi, dan produk kimia. Berkembangnya ilmu pengetahuan hingga teknologi yang menunjang masyarakat Indonesia yang mengarah pada industrialisasi. Peningkatan industri di Indonesia saat ini salah satunya mengolah bahan mentah hingga menghasilkan produk dan produk antara (*intermediate*) yang dapat diolah lebih lanjut.

Sektor industri yang dijadikan pedoman utama dalam mendorong era industri 4.0, seperti industri makanan dan minuman, produk kimia, produk tekstil dan otomotif (Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, 2018). Adapun kerjasama antara Indonesia dengan China dan India yang termasuk negara dengan industri Tekstil dan Produk Tekstil (TPT) terintegrasi di Asia. Industri yang terintegrasi ini menyangkut dengan industri hulu dan industri hilir yang dapat menghasilkan produk akhir. Adapun tantangan yang dialami Indonesia saat ini yaitu kekurangan dari bahan mentah dan ketergantungan dalam mengimpor bahan.

Propilen Glikol dikenal dengan nama IUPAC *1,2-propanediol*, rumus kimianya  $C_3H_8O_2$  yang biasa dikenal dengan nama komersial *Propylene Glycol*

*Industrial* (PGI) dan *Propylene Glycol United States Pharmacopeia* (USP) merupakan Propilen Glikol untuk tingkatan pada penerapan industri. Propilen Glikol merupakan cairan bening, pekat dan tidak berwarna mengandung sedikit aroma, serta rasa manis hingga pahit, dan memiliki tekanan uap yang rendah. Data terakhir menunjukkan pada tahun 2022 kebutuhan Propilen Glikol di Indonesia tercatat sebesar 40.151.939 kg/tahun atau sekitar 40.152 ton/tahun. Propilen Glikol juga termasuk senyawa organik yang dapat diaplikasikan pada industri kosmetik, farmasi, digunakan sebagai pelarut, kosmetik, pelembut, hingga digunakan sebagai *absorber* untuk menghilangkan sebagian persentase oksigen (*excess air*).

Menurut Badan Pusat Statistik data impor Propilen Glikol di Indonesia cenderung mengalami peningkatan. Diketahui Propilen Glikol memiliki fungsi yang sangat banyak digunakan dikalangan industri, tetapi saat ini belum ditemukannya pabrik lokal yang memproduksi Propilen Glikol. Oleh karena itu gagasan untuk mendirikan pabrik Propilen Glikol di Indonesia merupakan gagasan yang tepat untuk mengurangi jumlah impor ke negara lain.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwasannya, Propilen Glikol adalah bahan kimia yang kandungannya sangat berpotensi diproduksi dan dibutuhkan pendirian pabrik dalam negeri pembuatan Propilen Glikol di Indonesia. Diketahui tingginya kebutuhan dalam negeri dan belum ada industri kimia yang memproduksi Propilen Glikol di Indonesia. Maka tujuannya pabrik Propilen Glikol di Indonesia salah satunya:

1. Dapat menghemat devisa karena industri kimia di Indonesia belum ada yang memproduksi propilen glikol
2. Dapat memenuhi kebutuhan propilen glikol dalam negeri
3. Dapat menciptakan lapangan kerja baru hingga meningkatkan penghasilan masyarakat setempat

## 1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas pabrik merupakan peran yang penting dalam suatu pendirian pabrik karena nantinya akan mempengaruhi jumlah produksi yang akan dihasilkan sesuai dengan kebutuhan pasar. Faktor yang mempengaruhi pertimbangan penentuan kapasitas pabrik adalah analisa *supply* dan *demand* yang meliputi data impor, ekspor, produksi, dan konsumsi; ketersediaan bahan baku; serta pabrik yang telah berdiri.

### 1.2.1 Proyeksi Kebutuhan Propilen Glikol di Indonesia

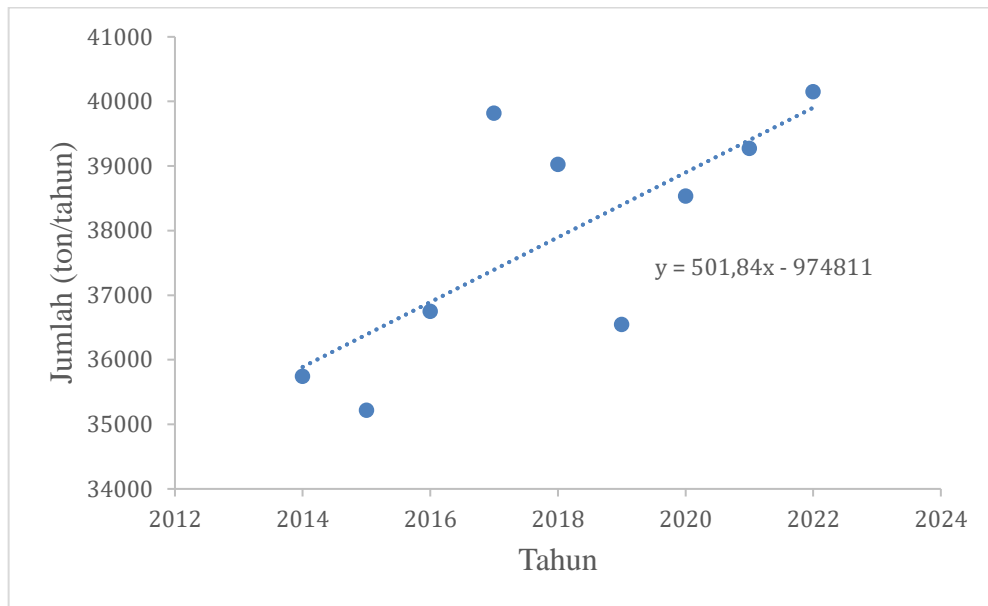
#### 1. *Supply*

*Supply* adalah jumlah pasokan bahan yang meliputi data impor dan produksi dalam negeri. Produksi Propilen Glikol di Indonesia hingga saat ini belum ada, sehingga dapat diasumsikan bahwa nilai produksinya yaitu 0. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Indonesia, kebutuhan impor Propilen Glikol dalam kurun waktu 8 tahun terakhir mengalami peningkatan. Data impor Propilen Glikol di Indonesia dari tahun 2014 sampai 2022 dapat dilihat pada tabel 1.1 (BPS, 2023)

**Tabel 1.1 Data impor Propilen Glikol di Indonesia**

<b>Tahun</b>	<b>Jumlah (Ton/Tahun)</b>
2014	35.743.138
2015	35.217.807
2016	36.748.374
2017	39.816.224
2018	39.023.767
2019	36.547.542
2020	38.536.024
2021	39.273.933
2022	40.151.939
Total	341.058.748

Kecenderungan kenaikan atau penurunan impor Propilen Glikol setiap tahunnya dapat dilakukan pendekatan dengan regresi linear yang disajikan pada gambar dibawah ini



**Gambar 1. 1 Data impor Propilen Glikol dari tahun 2014-2022**

Dari gambar 1.1, diperoleh persamaan:

$$y = 501,84x - 974.811 \dots\dots\dots (1)$$

Pasokan Propilen Glikol di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan sesuai dengan persamaan garis lurus;  $y = 501,84x - 974.811$ , dimana  $y$  adalah kebutuhan Propilen Glikol pada tahun tertentu, dan  $x$  yaitu tahun perkiraan pendirian pabrik yaitu tahun 2029. Sehingga didapatkan hasil data impor Propilen Glikol di Indonesia pada tahun 2029 diperkirakan mencapai sebesar 43.422 ton/tahun.

## 2. *Demand*

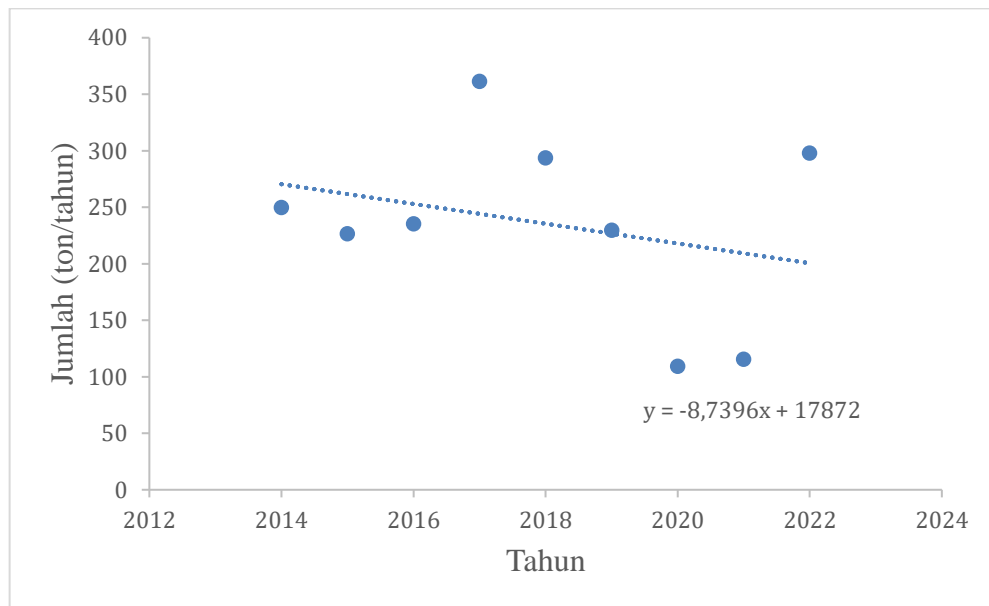
*Demand* adalah jumlah permintaan pasar yang meliputi data ekspor dan konsumsi dalam negeri. Data konsumsi dalam negeri dapat diketahui dari kapasitas pabrik dalam negeri yang memproduksi produk turunan dari propilen glikol. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS),

data ekspor Propilen Glikol di Indonesia dari tahun 2014 sampai 2022 dapat dilihat pada tabel 1.3 (BPS, 2023)

**Tabel 1.2 Data Ekspor Propilen Glikol**

<b>Tahun</b>	<b>Jumlah (Ton/Tahun)</b>
2014	249,806
2015	226,561
2016	235,191
2017	361,485
2018	293,743
2019	229,543
2020	109,187
2021	115,608
2022	297,914
Total	2.119

Kecenderungan kenaikan atau penurunan ekspor Propilen Glikol setiap tahunnya dapat dilakukan pendekatan dengan regresi linear yang disajikan pada gambar dibawah ini.



**Gambar 1. 2 Data ekspor Propilen Glikol dari tahun 2014-2022**

Dari gambar 1.2, diperoleh persamaan:

$$y = -8,740 + 17.872 \dots \dots \dots (2)$$

Ekspor Propilen Glikol di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan dan penurunan sesuai regresi linear;  $y = -8,740 x + 17.872$ , dimana  $y$  adalah kebutuhan Propilen Glikol pada tahun tertentu, dan  $x$  yaitu tahun perkiraan pendirian pabrik yaitu tahun 2029. Sehingga didapatkan hasil data ekspor Propilen Glikol di Indonesia pada tahun 2029 diperkirakan mencapai sebesar 139,352 ton/tahun.

Jumlah konsumsi diperoleh dari data penggunaan Propilen Glikol sebagai bahan baku pada beberapa industri di Indonesia. Beberapa daftar pabrik dalam negeri yang memproduksi produk turunan dari Propilen Glikol di Indonesia.

**Tabel 1.3 Konsumsi Propilen Glikol**

<b>Produk</b>	<b>Pabrik</b>	<b>Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)</b>
Lorazepam	PT. Mitsui Chemicals Polyurethanes Indonesia	0,137
<i>Hydrocortisone</i>	PT. Kalbe Farma	338,068
<i>Polyester Staple Fiber (PSF)</i>	PT. Polychem Indonesia Tbk	43.200
<i>Detergent</i>	Unilever	460.000
	Wings Group	605.500
	PT. Kao	13.000
<i>Epoxy Resin</i>	PT. Paradic Jaya Chemicals	19.500

Berdasarkan perhitungan *supply* dan *demand*, peluang kapasitas produksi Propilen Glikol pada tahun 2029 di Indonesia yang direncanakan yaitu sebesar 20.915 ton/tahun atau setara dengan 21.000 ton/tahun.

### 1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama dari produksi Propilen Glikol adalah Propilen Oksida dan Air, sedangkan katalis yang digunakan adalah asam sulfat. Bahan tambahan lainnya yaitu metanol yang digunakan sebagai pelarut Propilen Oksida dengan air, *sodium hydroxide* sebagai penetral katalis pada produk.

Hingga saat ini, produksi Propilen Oksida di Indonesia masih belum ada, sehingga untuk pemenuhan bahan baku dilakukan dengan proses impor. Daftar pabrik yang memproduksi Propilen Oksida di dunia berdasarkan kapasitasnya disajikan pada Tabel 1.2.

**Tabel 1.4 Daftar Pabrik yang Memproduksi Propilen Oksida di Dunia**

<b>Nama Pabrik</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
BASF	Ludwigshafen, Germany	125.000
BASF/DOW	Belgium	300.000
Dow Chemical	Stade, German	590.000

**Tabel 1.5 Daftar Pabrik yang Memproduksi Propilen Oksida (Lanjutan)**

<b>Nama Pabrik</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
Lyondell Bayer	Maasvlakte, Netherlands	305.000
Lyondellbasell	Botlek, Netherlands	250.000
Nizhnekamskneftekhim	Nizhnekamsk, Russia	50.000
PCC Rokita	Brzeg Dolny, Poland	25.000
Repsol ypf	Puertollano, Spain	70.000
Dow Chemical	Thailand	79.000
SKC Chemicals	Ulsan, South Korea	170.000

Berdasarkan pertimbangan lokasi dan harga maka Propilen Oksida diperoleh dengan mengimpor dari Dow Chemical yang ada di Thailand. Sedangkan katalis asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik Indonesia. Bahan pendukung metanol diperoleh dari PT. Kaltim Metanol Industri dan *sodium hydroxide* (NaOH) diperoleh dari PT. Asahimas Chemical.

### 1.2.3 Tinjauan Pabrik yang Telah Berdiri

Telah berdiri beberapa pabrik Propilen Glikol di dunia, tetapi secara khusus di Indonesia sendiri belum ada. Data pabrik penghasil Propilen Glikol di dunia beserta kapasitasnya dapat ditinjau pada tabel 1.3 berikut.

**Tabel 1.6 Data Pabrik Propilen Glikol di Dunia**

<b>Nama Pabrik</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
Lyondellbasell Industries n.v	Rotterdam, Belanda	410.000
ARCO Chemical Company	Bayport, Texas	375.000
Dow Chemical	Texas	250.000
Dow Chemical Company	Thailand	150.000
Texaco Chemical Company	Beaumont, Texas	120.000
Archer Daniels Midland Company	Decatur, Amerika Serikat	100.000
Arrow Chemicals Groups Corp	China	80.000

**Tabel 1.7 Data Pabrik Propilen Glikol di Dunia (Lanjutan)**

<b>Nama Pabrik</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
Qingdao Shida Chemical Co, Ltd	China	80.000
Eastmen Chemical Company	Thailand	79.000
Olin Corporation	Ulsan, South Korea	170.000
Hunstman Corporation	Texas	66.000
Asahi Glass Co, Ltd	Jepang	42.000
Manali Petrochemicals Limited	India	20.000

#### 1.2.4 Penentuan Kapasitas

Kapasitas pabrik ditetapkan dengan beberapa pertimbangan, berdasarkan analisa *supply* dan *demand*, jumlah konsumsi dalam negeri pada tahun 2023 mencapai 85.113 ton/tahun dan *trend* kebutuhan impor hingga tahun 2029 terus naik. Sedangkan kapasitas pabrik terkecil di dunia yaitu 20.000 ton/tahun. Dengan peluang kapasitas

Peluang kapasitas = *demand* – *supply*

*Demand* = ekspor + konsumsi

= 85.253 ton/tahun

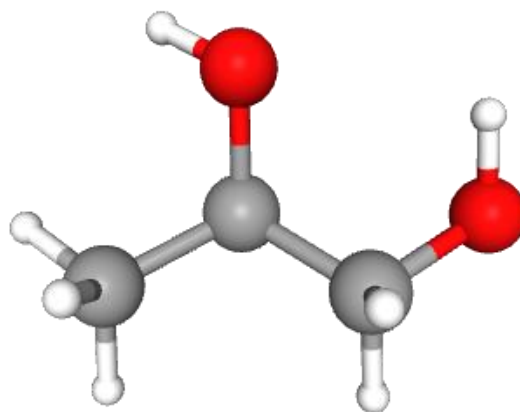
*Supply* = impor + produksi

= 43.422 ton/tahun

Peluang kapasitas = 41.830 ton/tahun

Berdasarkan perhitungan, kapasitas pabrik Propilen Glikol yang direncanakan akan berdiri pada tahun 2029 yaitu sebesar 21.000 ton/tahun yang dapat memenuhi 50% dari peluang kapasitas.

### 1.3 Tinjauan Pustaka



**Gambar 1. 3 Struktur Senyawa Propilen Glikol (National Center for Biotechnology Information, 2023)**

Propilen glikol merupakan senyawa berbentuk cair sintetis yang dapat menyerap air yang memiliki sifat toksisitas rendah hingga sifat formulasi yang baik. Propilen glikol digunakan pada industri kimia, kosmetik, makanan, dan juga farmasi. Badan pengawas obat-obatan dan makanan di Amerika Serikat sudah menyatakan bahwa propilen glikol merupakan bahan yang dapat digunakan sebagai bahan tambahan yang aman yang dapat digunakan dalam makanan. Propilen glikol juga digunakan untuk menyerap kadar air yang tinggi hingga menstabilkan kelembaban pada obat-obatan, kosmetik, hingga produk makanan lainnya. Propilen glikol digunakan untuk pewarna, perasa, dan pelarut dalam industri plastik dan cat.

Dari tinjauan bahan bakunya, Propilen Glikol dapat diperoleh dari beberapa cara:

1. Propilen Glikol dari Propilen Oksida dengan Katalis Asam

Propilen Glikol (PG) atau  $C_3H_8O_2$  yang dihasilkan dari propilen oksida (PO) atau  $C_3H_6O$  menggunakan metode hidrasi pada fase cair. Katalis yang digunakan pada proses ini yaitu asam sulfat. Proses ini berlangsung dengan reaktor *batch* dengan panas reaksi 36.400 Btu/lbmol dan suhu 20°C pada PO. Untuk mengatur reaksi tersebut dalam keadaan cair diperlukan untuk mengontrol suhu karena titik didih PO rendah yaitu 34°C. Penambahan metanol berfungsi untuk mencegah terjadinya pemisahan fase karena larutan PO tidak sepenuhnya larut dalam air. Untuk membuat satu *batch* PG dibutuhkan; campuran 43,04 lbmol PO; 802,8 lbmol air; dan 71,87 lbmol metanol dengan suhu 25°C di dalam reaktor sekitar 30 menit. Volume pada

reaktor  $400 \text{ ft}^3$  ( $D = 8,0 \text{ ft}$ ,  $H = 8,0 \text{ ft}$ , rasio aspek = 1). Penambahan asam sulfat 0,1% berat kapasitas (20lb) selama 30 menit. Kemudian menambahkan natrium hidroksida (NaOH) sebesar 0,408 lbmol selama 1 menit untuk menetralkan katalis. Diketahui kemurnian produk propilen glikol yaitu 99%, tetapi untuk mendapatkan hasil kemurnian tersebut 8,4 lbmol propilen glikol habis bersama metanol dan air. Sehingga, metanol dan air harus didaur ulang untuk mereaksikan pada batch lain. Proses membutuhkan waktu 7 jam, waktu siklus 5 jam dan 32 menit. Proses berlangsung sekitar 330 hari/tahun (Chan & Seider, 2004).

## 2. Propilen Glikol dari Propilen Oksida dengan Katalis Basa

Proses ini berlangsung dengan proses hidrasi propilen oksida (PO) menggunakan katalis heterogen (katalis basa). Proses hidrasi PO terjadi secara katalitik dan non katalitik, pada proses non katalitik PO pada suhu (12 sampai 20 mol air W/mol PO). Proses tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan biaya pada pemurnian produk. Penelitian Liu, dkk, mensintesis Propilen Glikol (PG) dan Dipropilen Glikol (DPG) menggunakan proses hidrasi PO dengan katalis basa padat. Katalis Lewatit MonoPlus M500/ $\text{HCO}_3^-$  menggunakan reaksi *irreversible* seri paralel dimana mengikuti asumsi dari propilen oksida. Selektivitas yang didapatkan untuk rasio mol W/mol PO 1,9: 1 dan 11,8: 1 yaitu antara 78-96%. Penggunaan katalis heterogen menyebabkan terjadinya reaksi samping yang menghasilkan nilai kemurnian produk lebih tinggi (Akyalcin, 2017).

## 3. Propilen Glikol dari Propilen Oksida tanpa Katalis

Proses ini berlangsung dengan hidrasi Propilen Oksida (PO) tanpa katalis. Hidrasi non-katalitik dari PO dilakukan pada suhu tinggi dengan jumlah air yang besar (12 hingga 20 mol air W/mol PO). Semakin banyak air yang ditambahkan, semakin banyak produk yang dihasilkan. Semakin banyak air yang ditambahkan, semakin banyak PO yang hilang karena ini reaksi samping. Proses ini menyebabkan konsumsi energi yang tinggi dan juga meningkatkan biaya yang dikontribusikan oleh pemurnian dari produk. Analisis produk yang diperoleh dari reaksi non-katalitik pada suhu 160°C menunjukkan bahwa selektivitas PG dan DPG ditemukan masing-masing sebagai 81,5 dan 17,8%, konversi PO mencapai 99%. Rata-rata laju reaksi rata-rata dan selektivitas PG untuk reaksi dengan katalis jauh lebih tinggi daripada katalis reaksi tanpa katalis.

#### 4. Propilen Glikol dari Gliserol (*Hydrogenolysis* Propilen Glikol)

Proses ini berlangsung dengan reaksi *Hidrogenolisis* Gliserol menjadi Propilen Glikol. Reaksi berlangsung menggunakan 2 metode yaitu *glyceraldehyde pathway* dan *acetol pathway*. Proses ini menggunakan beberapa tahap yaitu tahap *pre-treatment*, reaksi, dan pemurnian.

Gliserol yang diperoleh dari biodiesel atau gliserol mentah memiliki kemurnian 40% hingga 85%. Agar dapat digunakan sebagai bahan baku untuk produksi propilen glikol, gliserol harus dimurnikan hingga 90% hingga 99,9% berat. Transformasi gliserol yang telah dimurnikan ini menjadi propilen glikol dilakukan melalui reaksi hidrogenolisis, yang dilakukan dalam fase cair, dengan dua tahap reaksi berlangsung secara bersamaan dan

dalam satu reaktor yang sama. Pada tahap pertama, gliserol, di bawah pengaruh suhu dan katalis, diubah menjadi aseton dan air. Pada tahap kedua, aseton, di bawah aksi katalis dan gas hidrogen, diubah menjadi propilen glikol. Gas daur ulang dialirkan ke reaktor metanasi, untuk mengubah pengotor CO dan CO<sub>2</sub> yang ada dalam aliran daur ulang hidrogen menjadi metana, untuk didaur ulang selanjutnya ke reaktor, meminimalkan efek penonaktifan katalis dan mempertahankan konversi gliserol di atas 95% dan selektivitas propilen glikol di atas 90%. Efluen dari reaktor dialirkan ke bagian untuk pemisahan dan pemurnian, setelah itu produk akhir diperoleh dengan kemurnian tinggi dan kandungan pengotor yang rendah. Ciri dari proses ini yaitu reaktor metanasi menggunakan katalis berbasis nikel yang didukung oleh alumina, beroperasi pada kisaran suhu antara 200°C dan 450°C, pada tekanan dalam kisaran dari 5 kgf/cm<sup>2</sup> hingga 50 kgf/cm<sup>2</sup>, dan kecepatan ruang dalam kisaran dari 5.000 jam hingga 20.000 jam. Konversi gliserol di atas 95% dan selektivitas untuk propilen glikol lebih besar dari 90% tercapai (RABELLO et al., 2013) .

#### 5. Propilen Glikol (PG) dari Sorbitol

Proses *hydrogenolysis* PG dari sorbitol dimulai dengan preparasi katalis yang digunakan yaitu Pd yang didukung ZrO<sub>2</sub> *monoclinic* (Pd/ZrO<sub>2</sub>). Setelah sepenuhnya dibersihkan dengan 1,0 MPa H<sub>2</sub> (> 99,99%, Beijing Haike Yuanchang), reaktor diberi tekanan dengan H<sub>2</sub> hingga 5,0 MPa dan kemudian dipanaskan hingga suhu reaksi target (473-513K). Setelah reaktor didinginkan hingga mencapai suhu kamar, katalis dan fase cair dipisahkan

dengan penyaringan. Propilen glikol, etilen glikol, dan juga gliserol terdeteksi sebagai produk target, bersama dengan produk sampingan termasuk asam laktat dan asam dan poliol C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> (*1,2-butanediol, eritritol, treitol, xylitol, arabitol, mannitol* dan *iditol*). Namun, selektivitasnya untuk jumlah propilen glikol, etilen glikol dan gliserol hanya 36.8% (Jia et al., 2020).

**Tabel 1.8 Perbandingan Katalis pada Proses Pembentukan Propilen**

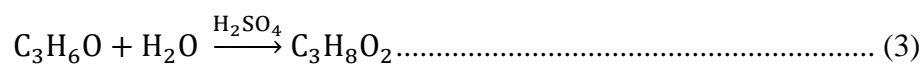
Proses	Hidrasi Propilen Oksida		
	Asam	Basa	Tanpa
Katalis	Asam	Basa	Tanpa
Fase	Cair	Multifase	Cair
Suhu (°C)	25	85	85-115
Tekanan Reaktor (atm)	1	-	11,6
Alat	<i>Mixer</i> , reaktor (CSTR), <i>neutralizer</i> , dan menara distilasi	Reaktor <i>batch</i> bertekanan yang dilengkapi dengan jaket pemanas, koil pendingin, garis pengambilan sampel, dua jendela lonjong, keranjang katalis dengan pengaduk <i>uniflow</i> dan menara distilasi	<i>Mixer</i> dan menara distilasi
Konversi (%)	100	95	82
Selektivitas (%)	-	78-96	81,5

**Tabel 1. 9 Perbandingan Katalis pada Proses Pembentukan Propilen  
(Lanjutan)**

Proses	Hidrasi	<i>Hydrogenolysis</i>	
Bahan	Propilen Oksida	Gliserol	Sorbitol
Katalis	Asam	Padat	Pd/ZrO <sub>2</sub>
Fase	Cair	Multifase	Padat
Suhu (°C)	25	210	200 - 240
Tekanan	1	13	49,3
Alat	<i>Mixer, reaktor (CSTR), neutralizer, dan menara destilasi</i>	<i>Reaktor, kompressor, condenser, dan destilasi,</i>	<i>Reaktor, mixer, filter, dan menara destilasi</i>
Konversi (%)	100	99	61,7
Selektivitas (%)	-	90 - 98	36,8

#### 1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

Proses pembuatan reaksi Propilen Glikol dengan proses hidrolisis dengan perbandingan PO : H<sub>2</sub>O yaitu 1 : 18 sehingga terbentuk senyawa Propilen Glikol. Reaksi yang terbentuk yaitu reaksi searah (*irreversible*).



##### 1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Fungsi dari tinjauan termodinamika yaitu untuk mengetahui sifat dari reaksi termasuk menyerap panas (endotermis) atau melepas panas (eksotermis) dan menentukan arah dari reaksi termasuk reaksi bolak-balik (*reversible*) atau reaksi

yang tidak dapat kembali lagi (*irreversible*). Penentuan reaksi endotermis atau eksotermis dapat dihitung menggunakan panas pembentukan standar berdasarkan senyawa produk ( $\Delta H_f$ ) pada  $P = 1 \text{ atm}$  dan  $T = 298\text{K}$ . Reaksi pembentukan propilen glikol dari propilen oksida dan air dapat dilihat pada persamaan 1.1. Nilai panas pembentukan standar dari masing-masing senyawa yaitu:

**Tabel 1. 10 Harga Panas Pembentukan Standar ( $\Delta H_f$ )**

Senyawa	Nama Senyawa	$\Delta H_f$ (kJ/mol)
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	Propilen oksida	-75,093
$\text{H}_2\text{O}$	Air	-241,800
$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$	Propilen glikol	-392,196

(Yaws, 1999)

#### Panas Pembentukan Standar

$$\Delta H_f = A + BT + CT^2 \dots\dots\dots (4)$$

Diketahui:

$\Delta H_f$  = Panas pembentukan standar, kJ/mol

A, B, C = Konstanta

T = Suhu, K

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = \Delta H_{f_{\text{produk}}} - \Delta H_{f_{\text{reaktan}}} \dots\dots\dots (5)$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = \Delta H_{f_{\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2}} - (\Delta H_{f_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}}} - \Delta H_{f_{\text{H}_2\text{O}}}) \dots\dots\dots (6)$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = -392,2 - (-75,1 - 241,8)$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = -75,3 \text{ kJ/mol}$$

Jika  $\Delta H_{\text{reaksi}} > 0$ , maka reaksi bersifat endotermis. Jika  $\Delta H_{\text{reaksi}} < 0$ , maka reaksi bersifat eksotermis. Hasil perhitungan yang didapatkan, reaksi pembentukan Propilen Glikol bersifat eksotermis.

Untuk menentukan arah dari reaksi yaitu dengan menghitung nilai konstanta kesetimbangan reaksi (K) dengan menggunakan persamaan energi Gibbs keseluruhan komponen senyawa. Jika diketahui nilai  $K > 1$  reaksi termasuk *irreversible* dan jika nilai  $K < 1$  maka reaksi termasuk *reversible*.

**Tabel 1. 11 Nilai Gibbs masing-masing komponen ( $\Delta G_f$ )**

Senyawa	Nama Senyawa	$\Delta G_f$ (kJ/mol)
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	Propilen oksida	-1,987
H <sub>2</sub> O	Air	-228,6
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	Propilen glikol	-304,84

Energi Gibbs secara keseluruhan

$$\Delta G_f = A + BT + CT^2 \dots\dots\dots (7)$$

Diketahui:

$$\Delta G_f = \text{Energi Gibbs, kJ/mol}$$

$$A, B, C = \text{Konstanta}$$

$$T = \text{Suhu, K}$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = \Delta G_{f_{\text{produk}}} - \Delta G_{f_{\text{reaktan}}} \dots\dots\dots (8)$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = \Delta G_{f_{\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2}} - (\Delta G_{f_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}}} - \Delta G_{f_{\text{H}_2\text{O}}}) \dots\dots\dots (9)$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = -304,8 - (-1,9 - 228,6)$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = -74,3 \text{ kJ/mol}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan bahwa energi Gibbs bernilai negatif yang dimana menunjukkan reaksi tersebut berjalan dengan spontan. Dari persamaan di atas Van Ness (1997), maka:

$$\ln K = \left( -\frac{\Delta G_r}{T \times R} \right) \dots\dots\dots (10)$$

Diketahui:

$\Delta G_r$  = Energi Gibbs reaksi (kJ/mol)

T = Temperatur (K)

R = 8,314 kJ/mol.K

Sehingga,

$$\ln K = \left( \frac{74,3}{298 \times 8,314} \right) \dots\dots\dots (11)$$

$$K = e^{0,03}$$

$$K = 1,031$$

Dari perhitungan yang didapatkan bahwa nilai  $K > 1$  bahwa reaksi tersebut menunjukkan reaksi berjalan searah menuju produk atau bersifat *irreversible*

#### 1.4.2 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika merupakan tinjauan yang dilakukan untuk mengetahui laju atau kecepatan dari suatu reaksi kimia. Beberapa penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa kecepatan reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi atau tekanan zat-zat yang bereaksi. Adapun perubahan laju reaksi dapat dinyatakan sebagai perubahan terhadap konsentrasi atau tekanan dari reaktan atau produk terhadap waktu (Bahnur, 2008). Laju reaksi yang dihasilkan dari pembuatan

propilen glikol ( $C_3H_8O_2$ ) dari propilen oksida ( $C_3H_6O$ ) dan air ( $H_2O$ ) dengan bantuan katalis asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) adalah orde pertama, sedangkan persamaan Arrhenius yang didapatkan yaitu:

$$k = Ae^{-E/RT} \dots\dots\dots (12)$$

Dimana:

- k = Konstanta laju reaksi
- A = Faktor frekuensi = 4.711.000.000  $sec^{-1}$
- E = Energi aktivasi = 75.362 kJ/mol
- R = Konstanta gas = 8,314 J/K.mol
- T = Suhu = 298 K

Maka, nilai k

$$k = 4.711.000.000e^{-\left(\frac{75.362}{8,314 \times 298}\right)}$$

$$k = 0,0003 \text{ sec}^{-1}$$

$$k = 1,045 \text{ jam}^{-1}$$

## **BAB II**

### **PERANCANGAN PRODUK**

Untuk mendapatkan kualitas produk yang sesuai dengan standar dan kebutuhan pasar, adapun prosedur dalam perancangan pabrik Propilen Glikol dari Propilen Oksida dan Air meliputi beberapa variabel yaitu, spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, spesifikasi bahan pendukung, dan pengendalian kualitas.

#### **2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk**

Adapun spesifikasi bahan baku dan produk yang digunakan untuk perancangan pabrik Propilen Glikol dari Propilen Oksida dan Air dengan katalis Asam Sulfat yaitu:

**Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk Dan Bahan Baku Perancangan Pabrik Propilen Glikol**

Spesifikasi	Bahan Baku		Katalis	Produk
	Propilen Oksida	Air	Asam Sulfat	Propilen Glikol
Rumus Molekul	$C_3H_6O$	$H_2O$	$H_2SO_4$	$C_3H_8O_2$
Fase	Cair	Cair	Cair	Cair
Berat molekul (gr/mol)	58	18	98	76
Densitas (gr/ml)	0,83	1	1,01	2,62

**Tabel 2. 2 Spesifikasi Produk Dan Bahan Baku Perancangan Pabrik Propilen Glikol (Lanjutan)**

Spesifikasi	Bahan Baku		Katalis	Produk
	Propilen Oksida	Air	Asam Sulfat	Propilen Glikol
Titik didih (°C)	34	100	290	188
Titik leleh (°C)	-112	0	10	-59
Tekanan uap (mmHg) pada 20 °C	445	17,5	< 0,001	0,08
Viskositas (cP) pada 25 °C	0,28	0,89	-	42
Kemurnian (%)	99,99	-	98	99
Temperatur kritis (°C)	209,1	374	317,76	-
Tekanan kritis (atm)	48,6	217,7	-	-
Kelarutan dalam air	40,5 wt% (pada 20 °C)	-	Larut	Larut

## 2.2 Spesifikasi Bahan Pendukung

Adapun bahan pendukung yang digunakan untuk perancangan pabrik Propilen Glikol dari Propilen Oksida dan Air yaitu Metanol dan Natrium Sulfat.

**Tabel 2. 3 Spesifikasi Bahan Pendukung Perancangan Pabrik Propilen Glikol**

Spesifikasi	Bahan Pendukung	
	Metanol	Natrium Hidroksida
Rumus molekul	CH <sub>4</sub> O	NaOH
Fase	cair	padat
Berat molekul (gr/mol)	32,04	40
Densitas (gr/ml) pada 20 °C	7.910	2,1
Titik didih (°C)	64,7	1.388
Titik leleh (°C)	98	322
Tekanan uap (mmHg)	128 pada 20 °C	-
Viskositas (cP)	0,55 pada 20 °C	-
Kemurnian (%)	99,85	98
Temperatur kritis (°C)	240	-
Tekanan kritis (atm)	78,5	-
Kelarutan dalam air pada 20 °C (gr/L)	100.000	1.090

### 2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas menurut Praptono dalam Irwan Didi haryono (2015) yaitu gabungan dari beberapa alat dan teknik yang digunakan untuk mengawasi kualitas dari suatu produk dengan harga yang ekonomis untuk memenuhi dari syarat pemesanan konsumen. Pengendalian kualitas bertujuan untuk membantu memastikan hasil dari eksperimen dan metode yang digunakan tersebut konsisten. Istilah dari pengendalian kualitas yaitu dikenal sebagai jaminan dari mutu produk.

Adapun pengendalian kualitas dalam industri kimia terdiri dari beberapa proses produksi terdiri dari persiapan bahan baku, pemilihan proses yang nantinya menghasilkan produk akhir dari proses tersebut. Prarancangan pabrik propilen glikol dari propilen oksida dan air memiliki beberapa parameter yang harus dikendalikan, yaitu (Walujo et al., 2020):

### 2.3.1 Pengendalian Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku digunakan untuk memastikan seluruh bahan baku telah sesuai dengan standar dan spesifikasi yang berlaku sehingga pada saat pabrik sudah dijalankan tidak ada lagi kendala ataupun kecelakaan kerja yang terjadi karena ketidaksesuaian standar bahan baku. Pengendalian ini dapat dilakukan dengan:

1. Standar dan spesifikasi yang menetapkan tujuan *quality control* untuk diukur dan dievaluasi
2. Inspeksi terhadap material untuk dibandingkan dengan standar yang telah ditetapkan dan memisahkan antara *quality* yang baik dan yang jelek
3. Teknik statistik yang meliputi sampling, analisa, dan *chart* yang menunjukkan kelolosan dari kualitas bahan tersebut
4. Alat-alat pengukur atau alat-alat inspeksi yang digunakan untuk menghitung perbandingan antara *actual quality* terhadap standar *quality* yang ditetapkan
5. Mengadakan tindakan atau perbaikan apabila terdapat bahan yang tidak layak atau tidak lolos *quality control*.

### 2.3.2 Pengendalian Proses

Pengendalian proses dalam suatu pabrik menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari perancangan proses kimia. Dalam pengoperasiannya, pabrik akan mengalami gangguan (*disturbance*) dari luar oleh karena itu diperlukan adanya pengendalian proses untuk memenuhi syarat agar pabrik tetap berjalan:

1. Keamanan atau *safety* merupakan kebutuhan primer bagi karyawan dan keberlangsungan pabrik. Kondisi operasi pabrik harus dijaga agar tetap sesuai dalam batas yang diinginkan
2. Spesifikasi produk, agar produk yang dihasilkan memiliki kesesuaian dengan jumlah, spesifikasi, dan standar maka diperlukan sistem pengendali untuk menjaga tingkat produksi dan kualitas.
3. Peraturan lingkungan, proses buangan dalam pabrik juga harus diperhitungkan agar sesuai dengan peraturan pemerintah
4. Kendala - kendala operasional perlu dijaga agar peralatan yang digunakan dalam kondisi optimal dan aman
5. Keekonomian, tujuan utama dari suatu pabrik yaitu memperoleh keuntungan yang maksimal, sehingga proses harus dijalankan dengan biaya bahan baku yang minimum dan memperoleh laba yang maksimum.

### 2.3.3 Pengendalian Produk

Pengendalian produk memiliki tujuan yaitu untuk mencapai, mempertahankan, dan meningkatkan kualitas suatu produk agar sesuai dengan

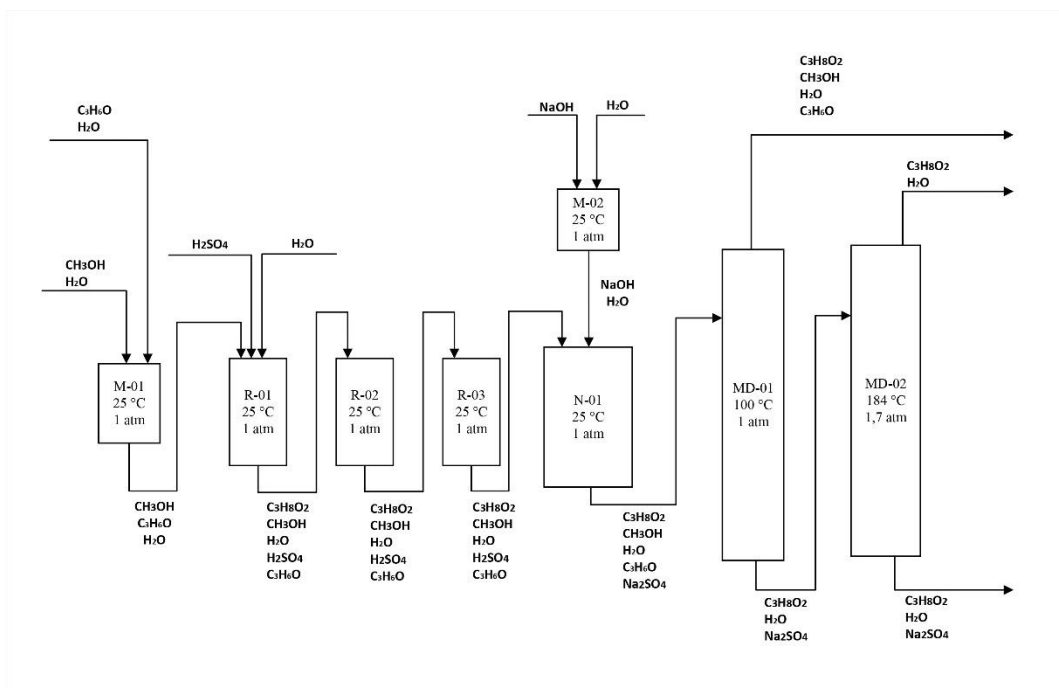
standar yang telah ditentukan oleh perusahaan dan dapat memenuhi kebutuhan konsumen. Pengujian yang dapat dilakukan yaitu kemurnian produk Propilen Glikol.

# BAB III

## PERANCANGAN PROSES

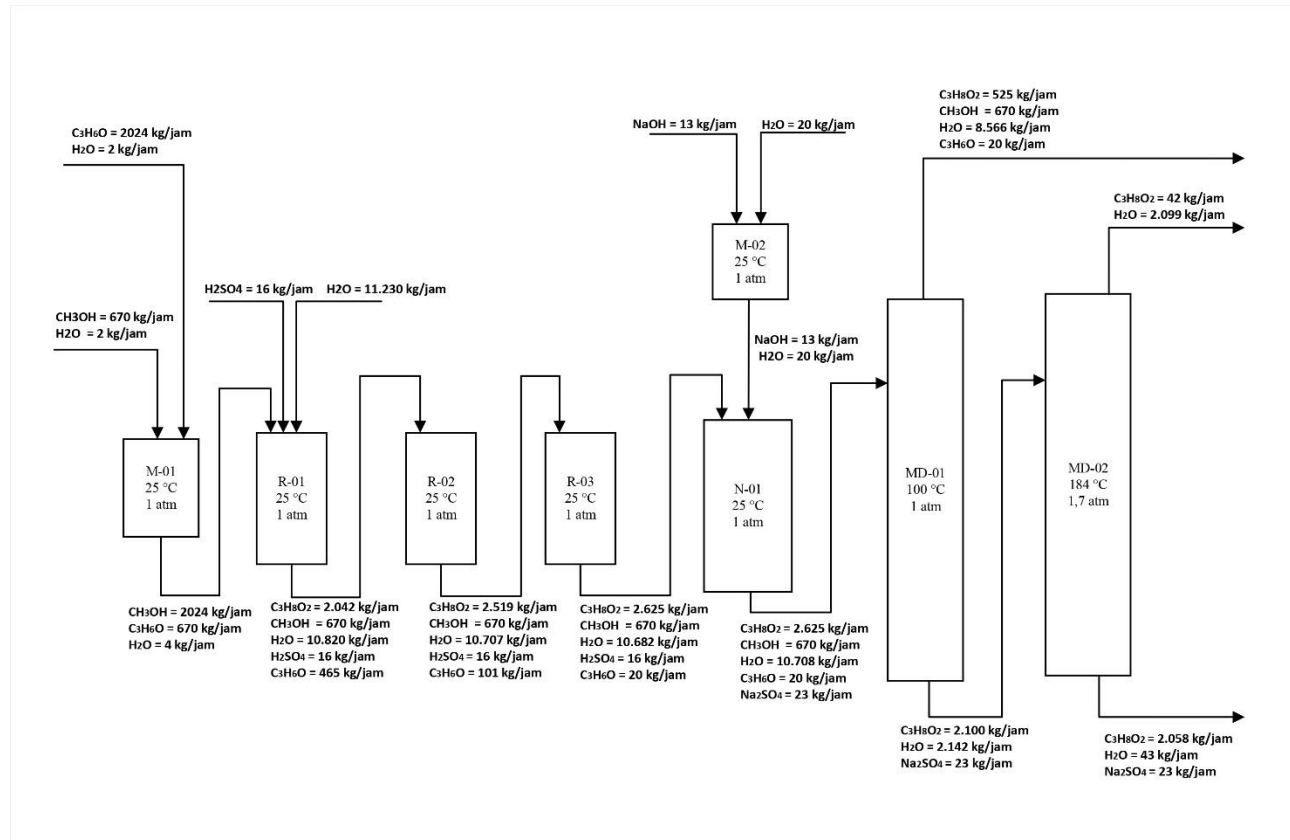
### 3.1 Diagram Alir Proses dan Material

#### 3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif

### 3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

## 3.2 Uraian Proses

Prarancangan pabrik propilen glikol ( $C_3H_8O_2$ ) dengan metode hidrasi pada fase cair dari hasil propilen oksida dan air dengan bantuan sedikit konsentrasi asam sulfat sebagai katalis. Prarancangan pabrik propilen glikol ( $C_3H_8O_2$ ) diproduksi dengan kapasitas 21.000 ton/tahun. Adapun tahap persiapan produk propilen glikol dari propilen oksida dan air ini dibagi menjadi beberapa tahap yaitu:

### 3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

#### 1. Propilen Oksida ( $C_3H_6O$ )

Propilen Oksida (PO) atau  $C_3H_6O$  berfungsi sebagai bahan baku utama pada proses pembuatan propilen glikol (PG) yang dibeli dari Dow Chemical Thailand. PO yang dibeli harus yang sesuai standar produksi dengan kemurnian 99%. PO disimpan pada Tangki Penyimpanan 1 (T-01) dalam keadaan fase cair suhu  $25^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm dengan kapasitas pemakaian selama 30 hari. PO dipompa menggunakan Pompa 1 (P-01) untuk dialirkan menuju *Mixer* 1 (M-01).

#### 2. Metanol

Metanol berfungsi sebagai bahan pendukung untuk mencegah terjadinya pemisahan fase. Metanol yang didapatkan dari PT. Kaltim Metanol Industri yang sesuai dengan standar produksi pada kemurnian 99%. Metanol disimpan pada Tangki Penyimpanan 2 (T-02) pada fase cair dengan suhu  $25^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm dengan kapasitas pemakaian selama 14 hari. Metanol dipompa menggunakan Pompa 2 (P-02) untuk dialirkan menuju *Mixer* 1 (M-01).

3. Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) berfungsi sebagai katalis pada proses pembuatan propilen glikol yang didapatkan dari PT. Petrokimia Gresik Indonesia yang sesuai dengan standar produksi dengan kemurnian 98%. Asam sulfat disimpan pada Tangki Penyimpanan 3 (T-03) pada fase cair dengan suhu  $25^\circ\text{C}$  dan pada tekanan 1 atm dengan kapasitas pemakaian selama 14 hari. Asam sulfat akan dipompa dengan Pompa 4 (P-04) untuk dialirkan menuju Reaktor 1 (R-01).

4. Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium Hidroksida (NaOH) berfungsi sebagai bahan baku untuk menetralkan katalis asam sulfat. NaOH padat diperoleh dari PT. Asahimas Chemical yang sesuai dengan standar produksi dengan kemurnian 99%. Natrium hidroksida padat tersebut disimpan di Silo 1 (SI-01) dalam fase padat suhu  $25^\circ\text{C}$  pada tekanan 1 atm dengan kapasitas pemakaian selama 7 hari. Natrium hidroksida dipompa menggunakan Pompa 6 (P-06) untuk dialirkan menuju *Mixer* 2 (M-02).

5. Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )

Air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) berfungsi sebagai bahan baku pada proses pembuatan propilen glikol yang mempunyai rasio massa propilen oksida : air yaitu 1: 18. Air ini digunakan untuk dialirkan menuju Reaktor 1 (R-01) yang didapatkan dari air proses unit utilitas.

### 3.2.2 Tahap Reaksi

Umpan masuk reaktor terdiri dari arus umpan *Mixer* (M-01) berupa campuran propilen oksida dan metanol, Tangki H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (T-03) sebagai katalis, air proses dari departemen utilitas. Rasio mol antara propilen oksida dan air yang digunakan sebesar 1 : 18.

Reaktor yang digunakan dalam proses pembuatan propilen glikol adalah Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dioperasikan secara *continue*. Kondisi operasi pada reaktor yaitu pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm. Reaksi pembentukan propilen glikol merupakan reaksi eksotermis, sehingga dalam prosesnya diperlukan pendingin agar kondisi operasi dapat terjaga sesuai yang diinginkan. Jenis pendingin yang digunakan adalah jaket pendingin dengan media pendinginnya adalah air.

### 3.2.3 Tahap Pemurnian Produk

Proses ini berfungsi untuk memisahkan produk propilen glikol (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>) dari pengotor lain sehingga didapatkan propilen glikol (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>) dengan kemurnian akhir 97%. Tahap pemurnian produk propilen glikol terdiri dari:

1. Hasil propilen glikol (PG) dari Reaktor (R-01) dialirkan menuju *Neutralizer* (N-01) untuk menetralkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang terkandung dengan bantuan NaOH. Pada proses ini dihasilkan produk samping berupa Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang tercipta dari reaksi antara H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaOH. Kondisi operasi pada *neutralizer* pada suhu

25°C dan tekanan 1 atm. Hasil dari *neutralizer* kemudian dialirkan menuju Menara Distilasi 1 (MD-01) untuk proses pemurnian selanjutnya.

2. Menara Distilasi 1 (MD-01) memiliki fungsi sebagai alat pemisah kandungan air pada produk propilen glikol yang terikut dalam produk dari Netralizer (N-01). Sebelum menuju MD-01, produk dari netralizer harus dinaikkan terlebih dahulu suhunya dari 25°C menjadi 100°C menggunakan *Heater* (HE-01). Hasil atas dari Menara Distilasi 1 (MD-01) kemudian dialirkan menuju Tangki Unit Pengolahan Limbah 1 (T-UPL 1) berupa air, metanol, propilen oksida, dan sebagian propilen glikol yang ikut terbawa. Hasil bawah Menara Distilasi 1 kemudian dialirkan menuju Menara Distilasi 2 (MD-02) untuk memisahkan kembali propilen glikol dari air yang terkandung.
3. Menara Distilasi 2 (MD-02) berfungsi untuk memurnikan propilen glikol dari air yang terkandung. Sebelum menuju MD-02, produk atas dari MD-01 harus dinaikkan terlebih dahulu suhunya dari 100°C menjadi 200°C menggunakan *Heater* (HE-02) dan tekanannya dari 1 atm menjadi 1,7 atm. Hasil atas Menara Distilasi 2 adalah air dan sebagian propilen glikol. Hasil bawah Menara Distilasi 2 akan dialirkan menuju tangki produk (T-04) untuk menyimpan hasil produk. Propilen glikol yang dihasilkan memiliki kemurnian 97%.

### 3. 3 Spesifikasi Alat

#### 3.3.1 Mixer

**Tabel 3. 1 Spesifikasi Mixer**

<b>Kode</b>	<b>M-01</b>	<b>M-02</b>
Fungsi	Mencampurkan propilen oksida dengan metanol	Mencampurkan NaOH dengan H <sub>2</sub> O
Jumlah (unit)	1	1
Jenis	Tangki berpengaduk, silinder tegak dengan <i>torispherical head</i>	Tangki berpengaduk, silinder tegak dengan <i>torispherical head</i>
Bahan konstruksi	<i>Low-alloy SA-204 Grade A</i>	<i>Low-alloy SA-204 Grade A</i>
<b>Kondisi Operasi</b>		
Tekanan (atm)	1	1
Suhu (°C)	25	25
Waktu Tinggal (jam)	0,5	5
<b>Dimensi</b>		
Diameter (m)	7,137	1,276
Tinggi tangki (m)	14,275	2,551
Tebal shell (ts) (in)	3	0,188
Tebal head (th) (in)	3	0,188
<b>Pengaduk</b>		
Jenis Pengaduk	<i>Flat 6 blade turbine impeller</i>	<i>Flat 6 blade turbine impeller</i>
Diameter Pengaduk (m)	2,379	0,089
Lebar baffle (m)	0,595	0,025

**Tabel 3. 2 Spesifikasi Mixer (Lanjutan)**

<b>Kode</b>	<b>M-01</b>	<b>M-02</b>
Lebar pengaduk (m)	0,476	0,018
Tinggi Pengaduk (m)	0,595	0,099
Jumlah Impeller	6	6
Power Pengaduk (Hp)	20	2
Harga (\$)	214,362	11,976

## 3.3.2 Reaktor

**Tabel 3. 3 Spesifikasi Reaktor**

Kode	R-01, R-02, R-03
Fungsi	Mereaksikan propilen oksida dan air dengan bantuan katalis asam sulfat
Jenis reaktor	Reaktor alir tangki berpengaduk
Tipe	<i>Continue</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304</i>
Kapasitas (kg/jam)	17.491
Jumlah alat	3
<b>Kondisi Operasi</b>	
Suhu (°C)	25
Tekanan (atm)	1
Kondisi Proses	Isotermal
<b>Dimensi Reaktor</b>	

**Tabel 3. 4 Spesifikasi Reaktor (Lanjutan)**

Kode	R-01, R-02, R-03
Diameter (m)	4,464
Tinggi (m)	8,928
Tebal <i>shell</i> (in)	0,313
<b>Head and Bottom</b>	
Tipe	<i>Torispherical Flanged &amp; Dished Head</i>
Tebal (in)	0,375
<b>Pengaduk</b>	
Jenis	Turbin 6 <i>blade disk</i> standar
Diameter (m)	1,493
Power (Hp)	75
Tinggi (m)	5,822
<b>Jenis Pendingin: Jaket Pendingin</b>	
Diameter dalam (m)	4,842
Tebal (in)	3,125
Harga (\$)	91,013.8

### 3.3.3 Neutralizer

**Tabel 3. 5 Spesifikasi Neutralizer**

<b>Kode</b>	<b>N-01</b>
Fungsi	Menetralkan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> yang keluar dari reaktor dengan Natrium Hidroksida
Jenis reaktor	<i>Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 302</i>
Kapasitas (kg/jam)	17.532

**Tabel 3. 6 Spesifikasi *Neutralizer* (Lanjutan)**

<b>Kode</b>	<b>N-01</b>
Jumlah alat	1
<b>Kondisi Operasi</b>	
Suhu (°C)	25
Tekanan (atm)	1
<b>Dimensi <i>Neutralizer</i></b>	
Diameter (m)	1,637
Tinggi (m)	3,274
Tebal <i>shell</i> (in)	0,188
<b>Head dan Bottom</b>	
Tipe	<i>Torispherical Flanged &amp; Dished Head</i>
Tebal (in)	0,25
<b>Pengaduk</b>	
Jenis	Turbin 6 <i>blade disk</i> standar
Diameter (m)	1
Tinggi (m)	2
Power (Hp)	7,5
<b>Jenis Pendingin: Jaket Pendingin</b>	
Diameter dalam (m)	1,778

**Tabel 3. 7 Spesifikasi *Neutralizer* (Lanjutan)**

<b>Kode</b>	<b>N-01</b>
Tebal (in)	0,188
Volume air pendingin (kg/jam)	119,662
Harga (\$)	64,667.7

## 3.3.4 Menara Distilasi

**Tabel 3. 8 Spesifikasi Menara Distilasi**

Kode	MD-01	MD-02
Fungsi	Memisahkan CH <sub>3</sub> OH dan H <sub>2</sub> O yang terkandung di dalam C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	Memurnikan C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> dari sebagian kandungan H <sub>2</sub> O
Jenis	<i>Plate tower</i>	<i>Plate tower</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i>	<i>Stainless steel</i>
Kapasitas (kg/jam)	14.046,46	4.265,048
Jumlah alat (unit)	1	1
<b>Kondisi Operasi Umpan Menara</b>		
Suhu (°C)	100	184
Tekanan (atm)	1	1,701
<b>Kondisi Operasi Puncak Menara</b>		
Suhu (°C)	109	115
Tekanan (atm)	1	1,701
<b>Kondisi Operasi Dasar Menara</b>		
Suhu (°C)	106	184

**Tabel 3. 9 Spesifikasi Menara Distilasi (Lanjutan)**

Kode	MD-01	MD-02
Tekanan (atm)	1	1,7
Diameter luar (m)	2,348	1,085
Tinggi menara (m)	7,161	12,028
Tebal <i>shell</i> (in)	0,178	0,168
Tebal <i>head</i> (in)	0,228	0,174
Tinggi <i>head</i> (in)	16,310	12,728
Jenis Tray	<i>Sieve tray</i>	<i>Sieve tray</i>
Jumlah <i>stage</i>	11	11
Tebal <i>tray</i> (m)	0,003	0,003
Diameter lubang (m)	0,005	0,005
<i>Turn down ratio</i> (%)	70	70
<i>Material tray</i>	<i>Stainless steel</i>	<i>Stainless steel</i>
<i>Material downcorner</i>	<i>Stainless steel</i>	<i>Stainless steel</i>
<i>Tray spacing</i> (m)	0,45	0,45
Panjang <i>weir</i> (m)	1,761	0,507
<i>Total Pressure drop</i> (atm)	0,017	0,016
Harga (\$)	299,387.6	299,387.6

### 3.3.6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

**Tabel 3. 10 Spesifikasi tangki penyimpanan (*storage*)**

<b>Kode</b>	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>
Fungsi	Menyimpan bahan baku propilen oksida	Menyimpan bahan baku metanol selama 14 hari	Menyimpan bahan baku H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> selama 14 hari	Menyimpan hasil produk selama 30 hari
Jenis	<i>Cylindrical Vertical Tank, Flat Bottom, Torispherical Flanged &amp; Dished Head</i>	<i>Cylindrical Vertical Tank, Flat Bottom, Torispherical Flanged &amp; Dished Head</i>	<i>Cylindrical Vertical Tank, Flat Bottom, Conical head</i>	<i>Cylindrical Vertical Tank, Flat Bottom, Torispherical Flanged &amp; Dished Head</i>
Fase	Cair	Cair	Cair	Cair
Jumlah	1	1	1	1
Bahan Konstruksi	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Kapasitas (kg/jam)	2.528	838,104	20,218	2.652
<b>Kondisi Operasi:</b>				
Suhu (°C)	25	25	25	25

**Tabel 3. 11 Spesifikasi tangki penyimpanan (*storage*) Lanjutan**

<b>Kode</b>	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>
Tekanan (atm)	1	1	1	1
<b>Dimensi:</b>				
Diameter (m)	6,096	4,572	3,048	7,620
Tinggi (m)	4,877	4,877	4,877	4,877
Tebal (in)	0,188	0,25	0,438	0,125
Volume (m <sup>3</sup> )	143,084	35,771	35,771	222,576
<b>Dimensi Head:</b>				
Tinggi (m)	3,352	1,993	0,190	0,721
Tebal (in)	0,625	0,375	0,25	0,313
Harga (\$)	148,376.5	148,376.5	148,376.5	197,236.6

**Tabel 3. 12 Spesifikasi tangki penyimpanan (*storage*) (lanjutan)**

<b>Kode</b>	<b>T-UPL 1</b>	<b>T-UPL 2</b>	<b>Silo-01</b>
Fungsi	Unit Pembuangan Limbah 1 dari CD-01	Unit Pembuangan Limbah 2 dari CD-02	Menyimpan bahan baku NaOH
Jenis	Silinder tegak dengan dasar flat dan <i>head</i> berbentuk <i>conical</i>	Silinder tegak dengan dasar flat dan <i>head</i> berbentuk <i>conical</i>	Silinder tegak dengan dasar berbentuk <i>conical</i>
Fase	Cair	Cair	Padat
Jumlah	1	1	1
Bahan Konstruksi	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Kapasitas (kg/jam)	12.209	2.672	16,669
<b>Kondisi Operasi</b>			
Suhu (°C)	25	25	25
Tekanan (atm)	1	1	1
<b>Dimensi</b>			

<b>Kode</b>	<b>T-UPL 1</b>	<b>T-UPL 2</b>	<b>Silo-01</b>
Diameter (m)	7,620	3,048	1,033
Tinggi (m)	4,877	4,877	2,065
Tebal (in)	0,188	0,188	0,25
Volume (m <sup>3</sup> )	222,576	35,771	1,771
<b>Dimensi Head</b>			
Tinggi (m)	0,511	0,190	-
Tebal (in)	0,313	0,25	-
Harga (\$)	148,376.5	148,376.5	107,779.5

**Tabel 3.13 Spesifikasi tangki penyimpanan (*storage*)**

<b>Kode</b>	<b>ACC-01</b>	<b>ACC-02</b>
Fungsi	Sebagai penampung arus keluaran dari kondensor pada MD-01 untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran yang keluar	Sebagai penampung arus keluaran dari kondensor pada MD-02 untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran yang keluar
Tipe	<i>horizontal cylinder</i>	<i>horizontal cylinder</i>
Kapasitas tangki (m <sup>3</sup> )	2,247	0,244
Diameter tangki (m)	0,234	0,112
Panjang tangki (m)	0,364	0,210
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Suhu (°C)	109	119
Tekanan (atm)	1	1,7
Waktu Tinggal (menit)	10	10
Harga (\$)	8.382,9	8.382,9

### 3.3.7 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

**Tabel 3. 14 Spesifikasi alat transportasi bahan**

<b>Kode</b>	<b>P-01</b>	<b>P-02</b>	<b>P-03</b>	<b>P-04</b>	<b>P-05</b>	<b>P-06</b>
Fungsi	Mengalirkan T-01 menuju M-01	Mengalirkan hasil T-02 menuju M-01	Mengalirkan hasil M-01 menuju R-01	Mengalirkan T-03 menuju R-01	Mengalirkan hasil R-01 menuju R-02	Mengalirkan hasil R-02 menuju R-03
Jenis	<i>Pompa centrifugal</i>	<i>Pompa centrifugal</i>	<i>Pompa centrifugal</i>	<i>Pompa centrifugal</i>	<i>Pompa centrifugal</i>	<i>Pompa centrifugal</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas (gal/min)	16,221	5,623	21,837	58,255	93,592	91,420
Jumlah alat	1	1	1	1	1	1
<b>Diameter pipa:</b>						
IPS (in)	2	1	16	1	3	3
Sch. No	40	40	30	40	40	40

<b>Kode</b>	<b>P-01</b>	<b>P-02</b>	<b>P-03</b>	<b>P-04</b>	<b>P-05</b>	<b>P-06</b>
OD (in)	2,38	1,32	18	1,32	3,5	3,5
ID (in)	2,067	1,049	17,250	1,049	3,068	3,068
<i>Head pompa</i> (ft)	16,542	16,858	16,404	61,040	17,091	17,060
<i>Friction head</i> (ft)	0,138	0,454	0	44,636	0,687	0,656
<i>Static head</i> (ft)	16,404	16,404	16,404	16,404	16,404	16,404
<i>Efisiensi motor</i>	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Motor standar	0,167	0,05	0,25	0,05	1	1
<i>Spesific speed</i> (rpm)	1.719	998	2.007	1.223	4.028	3.987
Harga (\$)	9,580.4	9,580.4	9,580.4	9,580.4	9,580.4	9,580.4

**Tabel 3. 15 Spesifikasi alat transportasi bahan (lanjutan)**

<b>Kode</b>	<b>P-07</b>	<b>P-08</b>	<b>P-09</b>	<b>P-10</b>	<b>P-11</b>	<b>P-12</b>	<b>P-13</b>
Fungsi	Mengalirkan hasil R-03 menuju N-01	Mengalirkan hasil M-02 menuju N-01	Mengalirkan hasil dari N-01 menuju MD-01	Mengalirkan hasil bawah MD-01 menuju MD-02 dan menaikkan tekanan	Mengalirkan hasil atas MD-01 menuju TUPL-01	Mengalirkan hasil atas MD-02 menuju TUPL-02	Mengalirkan hasil bawah MD-02 menuju T-04
Jenis	Pompa centrifugal	Pompa centrifugal	Pompa centrifugal	Pompa centrifugal	Pompa centrifugal	Pompa centrifugal	Pompa centrifugal
Bahan Konstruksi	<i>Commersial Steel</i>	<i>Commersial Steel</i>	<i>Commersial Steel</i>	<i>Commersial Steel</i>	<i>Commersial Steel</i>	<i>Commersial Steel</i>	<i>Commersial Steel</i>
Kapasitas (gal/min)	91,420	0,048	90,956	29,107	69,162	14,870	14,246
Jumlah alat	1	1	1	1	1	1	1
IPS (in)	3	2	3	20	24	16	14
Sch. No	40	40	40	20	20	30	30
OD (in)	3,5	2,38	3,5	20	24	16	14

<b>Kode</b>	<b>P-07</b>	<b>P-08</b>	<b>P-09</b>	<b>P-10</b>	<b>P-11</b>	<b>P-12</b>	<b>P-13</b>
ID (in)	3,068	2,067	3,068	19,250	23,250	15,250	13,250
<i>Head pompa</i> (ft)	17,060	16,404	17,440	16,948	16,387	15,834	15,834
<i>Friction head</i> (ft)	0,656	0	1,020	0	0	0	0
<i>Static head</i> (ft)	16,404	16,404	16,404	16,404	16,404	16,404	16,404
Efisiensi motor	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Motor standar	1	0,05	1	0,333	0,75	0,25	0,25
<i>Spesific speed</i> (rpm)	3.987	94	3.911	2.261	3.574	1.700	1.663
Harga (\$)	9,580.4	9,580.4	9,580.4	9,580.4	9,580.4	9,580.4	9,580.4

**Tabel 3. 16 Spesifikasi alat transportasi bahan (lanjutan)**

<b>Parameter</b>	<b>SC-01</b>
Fungsi	Mengangkut bahan baku NaOH padat (SI-01) menuju M-02
Jenis	<i>Horizontal Screw Conveyer</i>
Bahan Konstruksi	<i>High alloy steel SA-167 grade 3 type 304</i>
Suhu (°C)	25
Tekanan (atm)	1
Kapasitas (kg/jam)	13,355
Panjang (ft)	45
<i>Diameter flight (in)</i>	9
<i>Diameter shaft (in)</i>	2
<i>Diameter feed section (in)</i>	6
Kecepatan (rpm)	40

**Tabel 3. 17 Spesifikasi alat transportasi bahan (lanjutan)**

<b>Parameter</b>	<b>SC-01</b>
<i>Power motor</i> (Hp)	0,05
Harga (\$)	11,975.5

**Tabel 3. 18 Spesifikasi alat transportasi bahan (lanjutan)**

<b>Parameter</b>	<b>BE-01</b>
Fungsi	Mengangkut NaOH padat dari <i>loading area</i> menuju SI-01
Jenis	<i>Continuous bucket elevator</i>
Kapasitas (kg/jam)	16,669
Panjang (m)	0,20
Kedalaman (m)	0,14
Lebar (m)	0,20
<i>Elevator center</i> (m)	7,62
<i>Head</i> (m)	0,59
<i>Tail</i> (m)	0,51
Harga (\$)	21,436.2

### 3.3.7 Spesifikasi Alat Penukar Panas

**Tabel 3. 19 Spesifikasi alat penukar panas**

Kode	HE-01	HE-02	CL-01
Fungsi	Menaikkan temperatur keluaran Netralizer (N-01) dari 25°C menjadi 100°C menuju MD-01	Menaikkan temperature keluaran MD-01 dari 106°C menjadi 121°C menuju MD-02	Menurunkan temperatur suhu hasil atas dari MD-01 sebelum masuk T-UPL 1
Jenis	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>
Aliran fluida <i>shell</i>	<i>Cold</i>	<i>Cold</i>	<i>Cold</i>
Aliran fluida <i>tube</i>	<i>Steam</i>	<i>Steam</i>	<i>Hot</i>
Luas transfer panas (ft <sup>2</sup> )	1,211.4	457.521	2,494.3
<i>Passes</i>	1	2	2
ID (in)	29	17,25	25
Jarak <i>baffle</i> (in)	11,6	6,9	10

**Tabel 3. 20 Spesifikasi alat penukar panas (Lanjutan)**

Kode	HE-01	HE-02	CL-01
Pressure drop (atm)	0,00002	0,00001	0,0001
Dirt factor (Rd)	0,107	0,081	0,009
Passes	1	2	2
ID ((in)	0,870	0,870	0,444
OD (in)	1	1	0,063
Pitch (in)	1,25	1,25	1
Jumlah tube	341	112	1.074
BWG	16	16	12
Susunan tube	Square pitch	Square pitch	Triangular pitch
Ud (Btu/jam.ft <sup>2</sup> .F)	30	30	50

**Tabel 3. 21 Spesifikasi alat penukar panas (Lanjutan)**

Uc (Btu/jam.ft <sup>2</sup> .F)	12	9	9,6
Harga (\$)	55,087.3	55,087.3	9,580.4

**Tabel 3. 22 Spesifikasi alat penukar panas (lanjutan)**

Kode	CL-02
Fungsi	Menurunkan temperatur suhu hasil atas dari MD-02 sebelum masuk T-UPL 2 menjadi suhu 25 C
Jenis	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>
Jumlah hairpin	58
Luas transfer panas (ft <sup>2</sup> )	85,273
IPS (in)	2
OD (in)	2,38
ID (in)	2,07
<i>Surface area</i> (ft <sup>2</sup> )	0,622
Panjang (ft)	18

Kode	CL-02
IPS (in)	1,25
OD (in)	1,66
ID (in)	1,38
<i>Surface area</i> (ft <sup>2</sup> )	0,452
Panjang	18
Ud (Btu/jam.ft <sup>2</sup> .F)	902
Uc (Btu/jam.ft <sup>2</sup> .F)	150
Rd	0,002
Rd min	0,001
Harga (\$)	9,580.4

### 3.3.8 Spesifikasi Alat Transportasi

**Tabel 3. 23 Spesifikasi alat transportasi**

<b>Kode</b>	<b>V-01</b>	<b>V-02</b>
Fungsi	Menurunkan tekanan hasil atas MD-02 dari 1,7 atm menjadi 1 atm sebelum masuk T-UPL (1)	Menurunkan tekanan hasil bawah MD-02 dari 1,7 atm menjadi 1 atm sebelum masuk T-04
Jenis	<i>Throttle Valve</i>	<i>Throttle Valve</i>
Jenis bahan	<i>Stainless Steel 240 Grade B</i>	<i>Stainless Steel 240 Grade B</i>
Kapasitas (kg/jam)	2.672	2.652
Suhu	115,768	184
$P_{in}$ (atm)	1,7	1,7
$P_{out}$ (atm)	1	1
ID (in)	1,049	1,049
OD (in)	1,32	1,32
<i>Flow area per pipe</i> (in <sup>2</sup> )	0,864	0,864
Harga (\$)	21,436.2	21,436.2

## 3.3.9 Neraca Massa Alat

1. *Mixer* (M-01)**Tabel 3. 24 Neraca Massa di *Mixer***

<b>Komponen</b>	<b>Input (kg/jam)</b>		<b>Output (kg/jam)</b>
	<b>Arus 1</b>	<b>Arus 2</b>	<b>Arus 3</b>
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	2.526		2.526
H <sub>2</sub> O	2,528	2,528	5,057
CH <sub>4</sub> O		836,104	836,104
Total	2.528	838,632	3.367

## 2. Reaktor

**Tabel 3. 25 Neraca Massa di Reaktor 1**

<b>Komponen</b>	<b>Input (kg/jam)</b>			<b>Output (kg/jam)</b>
	<b>Arus 3</b>	<b>Arus 4</b>	<b>Arus 5</b>	<b>Arus 6</b>
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>				2.548
CH <sub>4</sub> O	836,104			836,104
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	2.526			580,918
H <sub>2</sub> O	5,057		14.104	13.506
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		20,216		20,216
Total	3.367	20,216	14.104	17.491

**Tabel 3. 26 Neraca Massa di Reaktor 2**

<b>Komponen</b>	<i>Input (kg/jam)</i>	<i>Output (kg/jam)</i>
	<b>Arus 6</b>	<b>Arus 7</b>
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	2.548	3.144
CH <sub>4</sub> O	836,104	836,104
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	580,918	126,286
H <sub>2</sub> O	13.506	13.366
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20,216	20,216
Total	17.491	17.491

**Tabel 3. 27 Neraca Massa di Reaktor 3**

<b>Komponen</b>	<i>Input (kg/jam)</i>	<i>Output (kg/jam)</i>
	<b>Arus 7</b>	<b>Arus 8</b>
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	3.144	3276,481
CH <sub>4</sub> O	836,104	836,104
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	126,286	25,257
H <sub>2</sub> O	13.366	13.333
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20,216	20,216
Total	17.491	17.491

3. *Mixer 2 (M-02)***Tabel 3. 28 Neraca Massa di *Mixer* – 02**

<b>Komponen</b>	<b><i>Input (kg/jam)</i></b>		<b><i>Output (kg/jam)</i></b>
	<b>Arus 9</b>	<b>Arus 10</b>	<b>Arus 11</b>
NaOH	16,503		16,503
H <sub>2</sub> O	0,167	24,587	24,754
Total	16,669	24,587	41,256

4. *Neutralizer***Tabel 3. 29 Neraca Massa di *Neutralizer***

<b>Komponen</b>	<b><i>Input (kg/jam)</i></b>		<b><i>Output (kg/jam)</i></b>
	<b>Arus 8</b>	<b>Arus 11</b>	<b>Arus 12</b>
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	3276,481		3276,481
CH <sub>4</sub> O	836,104		836,104
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	25,257		25,257
H <sub>2</sub> O	13.333	24,754	13.365
NaOH		16,503	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			29,292
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20,216		
Total	17.491	41,256	17.507

## 5. Menara Distilasi (MD-01)

**Tabel 3. 30 Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-01)**

<b>Komponen</b>	<i>Feed (kg/jam)</i>	<i>Distillate (kg/jam)</i>	<i>Bottom (kg/jam)</i>
	<b>Arus 12</b>	<b>Arus 13</b>	<b>Arus 14</b>
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	3276,481	655,296	2.621
CH <sub>4</sub> O	836,104	836,104	
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	25,257	25,257	
H <sub>2</sub> O	13.365	10.692	2.673
NaOH			
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	29,292		29,292
Total	17.507	12.209	5.324

## 6. Menara Distilasi (MD-02)

**Tabel 3. 31 Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-02)**

<b>Komponen</b>	<i>Feed (kg/jam)</i>	<i>Distillate (kg/jam)</i>	<i>Bottom (kg/jam)</i>
	<b>Arus 14</b>	<b>Arus 15</b>	<b>Arus 16</b>
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	2.621	52,424	2.568
CH <sub>4</sub> O			
H <sub>2</sub> O	2.673	2.620	53,462
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	29,292		29,292
Total	5.324	2.672	2.652

## 3.3.10 Neraca Panas Alat

## 1. Reaktor (R-01)

**Tabel 3. 32 Neraca Panas Reaktor 1**

<b>Komponen</b>	<b>BM</b>	<b>Q in (kJ/jam)</b>	<b>Q out (kJ/jam)</b>
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58	1.485	1.485
H <sub>2</sub> O	18	2.287,8	1.423.660
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98	862,787	711,37
CH <sub>4</sub> O	32	1.095	51.539
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	76	3.166,2	176.467
Panas Reaksi		3.511	-
Q Pendingin		-	-1.634.608
Total		19.267	19.267

**Tabel 3. 33 Neraca Panas Reaktor 2**

<b>Komponen</b>	<b>BM</b>	<b>Q in (kJ/jam)</b>	<b>Q out (kJ/jam)</b>
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58	1.485	1.485
H <sub>2</sub> O	18	2.287,8	1.408.787
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98	862,787	711,37
CH <sub>4</sub> O	32	1.095	51.539
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	76	3.166,2	217.720
Panas Reaksi		4.331	-
Q Pendingin		-	-1.660.156
Total		20.087	20.087

**Tabel 3. 34 Neraca Panas Reaktor 3**

Komponen	BM	Q in (kJ/jam)	Q out (kJ/jam)
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58	1.485	1.485
H <sub>2</sub> O	18	2.287,8	1.405.483
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98	862,787	711,37
CH <sub>4</sub> O	32	1.095	51.539
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	76	3.166,2	226.886
Panas Reaksi		4.513	-
Q Pendingin		-	-1.665.836
Total		20.270	20.270

## 2. Netralizer (N-01)

**Tabel 3. 35 Neraca Panas Netralizer**

Komponen	BM	Q in (kJ/jam)	Q out (kJ/jam)
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	76	9.153	9.153
H <sub>2</sub> O	18	56.401	56.100
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98	28,870	
CH <sub>4</sub> O	32	2.088	2.088
NaOH	40	35,944	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	142		47,035
Panas Reaksi		179.804	-
Q Pendingin		-	180.155
Total		247.544	247.544

3. *Mixer* (M-02)**Tabel 3. 36 Neraca Panas *Mixer* - 02**

<b>Komponen</b>	<b>BM</b>	<b>Q in (kJ/jam)</b>	<b>Q out (kJ/jam)</b>
NaOH	40	4.078	0
H <sub>2</sub> O	18	0	4.078
Total		4.078	4.078

## 4. Menara Distilasi (MD-01)

**Tabel 3. 37 Neraca Panas MD-01**

<b>Panas Input</b>	<b>kJ/jam</b>	<b>Panas Output</b>	<b>kJ/jam</b>
<i>Q feed</i>	4.889.351	<i>Q bottom</i>	858.159,2
<i>Q reboiler</i>	46.887.014	<i>Q distilat</i>	4.038.920
		<i>Q condenser</i>	46.879.285
Total	51.776.364	Total	51.776.364

**Tabel 3. 38 Neraca Panas MD-02**

<b>Panas Input</b>	<b>kJ/jam</b>	<b>Panas Output</b>	<b>kJ/jam</b>
<i>Q feed</i>	3.999.942	<i>Q bottom</i>	1.357.650
<i>Q reboiler</i>	-231.268,5	<i>Q distilat</i>	258.389,7
		<i>Q condenser</i>	2.152.634
Total	3.768.673	Total	3.768.673

## 5. Cooler (CL)

Tabel 3. 39 Neraca Panas CL-01

Komponen	<i>Input</i>	<i>Output</i>
	$\Delta H_{in}$	$\Delta H_{out}$
	<b>kJ/jam</b>	<b>kJ/jam</b>
<i>Q in</i>	4.280.328	-
<i>Q out</i>	-	980.912
Q pendingin	-	3.299.417
<b>Total</b>	<b>4.280.328</b>	<b>4.280.328</b>

Tabel 3. 40 Neraca Panas CL-02

Komponen	<i>Input</i>	<i>Output</i>
	$\Delta H_{in}$	$\Delta H_{out}$
	<b>kJ/jam</b>	<b>kJ/jam</b>
<i>Q in</i>	728.463	-
<i>Q out</i>	-	148.072
Q pendingin	-	580.392
<b>Total</b>	<b>728.463</b>	<b>728.463</b>

## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

#### **4.1 Lokasi Pabrik**

Lokasi pabrik termasuk aspek penting dalam pendirian pabrik, karena hal tersebut berhubungan secara langsung dengan keberlangsungan dari operasi pabrik. Adapun pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik juga dapat memberikan keuntungan utama yang diberikan terhadap perusahaan. Dari sudut pandang teknis dan ekonomis lokasi pabrik harus strategis terhadap sektor pemasaran (Coulson & Richardson's, 2005). Letak dari geografis suatu pabrik dapat mengoptimalkan pada sistem produksi hingga kegiatan distribusi yang dapat mengurangi biaya ekonomi secara keseluruhan. Selain hal tersebut, pemilihan dari lokasi pabrik harus memperhatikan perkembangan ekonomi dan sosial yang ada di sekitar lokasi pabrik. Dengan memperhatikan pertimbangan diatas prarancangan pabrik propilen glikol dari propilen oksida dan air dengan kapasitas 21.000 ton/tahun di Kedayang, Kebomas, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Faktor - faktor dalam pemilihan lokasi pabrik yaitu:



Gambar 4. 1 Lokasi Pendirian Pabrik

#### 4.1.1 Sumber Bahan Baku

Adapun ketersediaan dari bahan baku sangat diperlukan untuk memastikan keberlangsungan produksi pabrik propilen glikol. Kemudahan untuk mendapatkan bahan baku harus diperhatikan guna mengurangi biaya transportasi. Bahan baku utama yang digunakan yaitu propilen oksida yang diimpor dari Thailand yaitu dari pabrik Dow Chemical Company. Untuk mengimpor bahan baku tersebut dilakukan dengan jalur laut, sehingga pabrik ini didirikan di daerah Gresik yang dekat dengan pelabuhan Pelindo Gresik dengan jarak (10,3 km). Hal tersebut dipertimbangkan untuk menjaga kontinuitas dari keberlangsungan pabrik propilen glikol.

Katalis asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik Indonesia dengan jarak (7,1 km). Bahan pendukung metanol diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Industri dengan jarak (1.210 km) dan *sodium hydroxide* (NaOH) diperoleh dari PT. Asahimas Chemical.

#### 4.1.2 Pemasaran Produk

Propilen glikol merupakan produk *intermediet* yang cukup luas jangkauan penggunaannya. Adapun pemilihan daerah Gresik merupakan kawasan industri yang banyak didirikan pabrik - pabrik yang membutuhkan propilen glikol untuk bahan bakunya. Sehingga dengan mendirikan pabrik propilen glikol di daerah ini mempunyai prospek yang baik untuk berjalannya aktivitas ekspor yang mudah dilakukan melalui pelabuhan Pelindo Gresik.

#### 4.1.3 Penyediaan Utilitas

Untuk menjaga kelancaran dalam pengoperasian pabrik propilen glikol diperlukannya sarana utilitas. Adapun penyediaan utilitas ini meliputi unit penyedia air, unit penyediaan *steam*, unit pembangkit listrik, unit penyediaan udara tekan, unit penyediaan bahan bakar, dan unit pengolahan limbah. Air merupakan hal yang sangat penting untuk berjalannya suatu pabrik, baik pada proses, pendingin, dan kebutuhan lainnya. Sumber air yang digunakan pada industri yaitu bisa berasal dari sungai, laut, dan danau. Adapun untuk sumber air yang digunakan dalam pabrik ini diperoleh dari sungai yang terdekat dari lokasi pabrik yaitu Sungai Kali Lamong dengan jarak (7,3 km). Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memilih penyediaan air:

1. Kualitas sumber air
2. Jarak sumber air dari lokasi pabrik
3. Dampak musim terhadap kemampuan dari sumber air untuk menyediakan air yang sesuai kebutuhan pabrik.

Kebutuhan listrik yang diperoleh berasal dari PLN, tetapi untuk menjamin keberlangsungan pengoperasian pabrik maka pabrik harus mempunyai generator pembangkit listrik sendiri. Bahan generator yang digunakan yaitu solar berasal dari Pertamina.

#### 4.1.4 Jenis Transportasi

Sarana transportasi yang digunakan berkaitan langsung dengan penyediaan bahan baku untuk pemasaran produk. Adapun pendistribusian bahan baku dapat melalui dua jalur yaitu jalur darat dan jalur laut. Jenis transportasi yang baik dipilih yaitu memiliki biaya operasi serendah mungkin. Pemilihan lokasi pabrik propilen glikol sangat strategis karena dekat dengan pelabuhan dan untuk pemasaran yang menggunakan jalur darat transportasi di Gresik sudah terhubung dengan cukup baik.

#### 4.1.5 Keadaan Masyarakat

Gresik merupakan kabupaten dengan kawasan industri, sehingga diperkirakan sikap masyarakat akan mendukung pendirian pabrik ini dikarenakan akan tersedianya lapangan pekerjaan bagi mereka. Pendirian pabrik ini juga memberikan keuntungan pada masyarakat yaitu dengan menyewakan rumah untuk pekerja atau karyawan dan juga membuka peluang untuk usaha dalam bidang kuliner. Adapun untuk sumber daya manusia setelah ditinjau yang ditandai dengan banyaknya perguruan tinggi, sekolah kejuruan dan sarana lainnya yang sudah cukup baik.

#### 4.1.6 Karakteristik Lokasi

Lokasi dalam pemilihan pabrik cukup baik dengan iklim rata-rata 28°C dengan curah hujan 1.686 mm. Gresik memiliki iklim tropis dimana bencana alam seperti, banjir, tanah longsor, dan gempa bumi sangat jarang terjadi di Gresik, sehingga untuk pengoperasian pabrik dalam berjalan dengan sangat baik.

#### 4.1.7 Kebijakan Pemerintah dan Kebutuhan Tenaga Kerja

Gresik merupakan kawasan industri yang berskala Internasional berkat *Java Intergrated Industrial and Port Estate (JIPE) (Industrial Estate at Gresik)* yang dimana terkenal sebagai provinsi yang pertumbuhan ekonominya sebanyak 29,4%. Adanya kawasan industri ini membawa manfaat untuk mempermudah sektor swasta di kalangan industri dalam mengintegrasikan rantai-rantai industri. Untuk kebutuhan tenaga kerja dapat dipenuhi dengan adanya sektor-sektor industri ini tentunya di daerah pulau Jawa yang sudah memiliki populasi yang sangat banyak. Tenaga kerja yang ada di pulau Jawa diketahui sudah terlatih dengan meningkatnya perguruan tinggi negeri maupun swasta serta sekolah-sekolah kejuruan lainnya.

## 4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata Letak pabrik merupakan salah satu hal penting yang perlu diperhatikan dalam mendirikan pabrik, karena melibatkan keselamatan para pekerja dan kelancaran pada proses produksi. Bagian kedudukan yang direncanakan pada tata letak pabrik meliputi, tempat penyimpanan alat, tempat alat proses, tempat kerja karyawan, kantor, serta sarana yang mendukung lainnya. Adapun tujuan utama dalam merencanakan tata letak pabrik yaitu untuk memberikan kombinasi yang

sesuai terhadap fasilitas-fasilitas kantor dan juga produksi yang ada di dalam pabrik. Desain yang digunakan pada tata letak pabrik harus dirancang seefisien mungkin untuk mendapatkan hasil yang baik dari segi fungsi maupun ekonomi. Perkiraan biaya pada perencanaan tata letak pabrik harus dihitung secara akurat agar pabrik dapat berjalan secara maksimal. Sebaiknya alat-alat proses yang dijangkau berbahaya diletakkan pada jarak yang berjauhan dari bangunan lain. Selain hal tersebut, dalam merencanakan tata letak pabrik harus menjangkau perluasan pabrik dimasa yang akan datang. Perluasan tambahan serta layanan yang diperlukan dalam pabrik kecuali pada unit pemrosesan yaitu (Coulson & Richardson's, 2005) : laboratorium pada kontrol proses, ruang penyimpanan bahan baku dan produk, pelayanan *emergency* dan *fire stations*, kantor administrasi umum, utilitas, tempat parkir, area pengolahan limbah, kantor untuk administrasi, serta bangunan penunjang lainnya.

Adapun faktor yang dapat menjadi bahan pertimbangan dalam merencanakan tata letak pabrik (Abbott et al., 2004) yaitu:

1. Perluasan lokasi: Pertimbangan perluasan lokasi pada pabrik dilakukan untuk menampung pertumbuhan industri di masa yang akan datang.
2. Alur proses produksi: Alur proses ini dipertimbangkan untuk menjangkau aliran dari material proses produksi agar tetap efisien dan lancar.
3. Distribusi ekonomi: Pemilihan tata letak harus dipertimbangkan untuk mengetahui distribusi ekonomi pada bahan baku, *steam process*, pasokan air,

dan tenaga listrik yang digunakan agar tetap terjangkau dan mencapai produk dengan hasil yang sesuai.

4. Kondisi bangunan: Adapun luas, panjang, konstruksi dan kondisi bangunan yang dipilih harus sesuai syarat agar menjamin keselamatan serta mengurangi ancaman operasional pabrik.
5. Keamanan dan keselamatan kerja: keamanan dan keselamatan menjadi aspek terpenting yang harus diprioritaskan dalam merencanakan tata letak pabrik untuk menghindari kecelakaan yang terjadi.
6. Pengelolaan limbah cair: Sisa dari proses produksi yang berbentuk limbah cair harus dibuang sesuai dengan aturan yang baik serta memenuhi standar lingkungan yang hukum yang berlaku.
7. Fleksibilitas tata letak: Dalam merencanakan tata letak pabrik harus sesuai dan fleksibel dikarenakan jika terjadi perubahan proses tidak memerlukan biaya yang terlalu tinggi.
8. *Service area*: Ruang untuk ibadah, toilet, kantin, tempat parkir, mess karyawan, serta fasilitas lainnya harus diatur sebaik mungkin agar fasilitas-fasilitas tersebut dapat diakses dengan mudah dan tidak jauh dari lokasi pabrik.
  - a. Perancangan tata letak pabrik diawali dengan penyusunan pada unit proses, dikarenakan untuk mempermudah aliran material untuk menempuh aliran dari tahapan proses. Aliran tersebut dimulai dari bahan mentah sampai di tangki penyimpanan produk. Jarak unti proses biasanya diberi sekitar 30meter

sedangkan untuk proses yang dijangkau berbahaya diberi jarak lebih dari 30 meter. Lokasi disusun dengan efisien untuk memudahkan pekerja dalam meminimalkan waktu jika berpindah-pindah tempat (Coulson & Richardson's, 2005). Dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang dapat menunjang perencanaan tata letak pabrik dapat mewujudkan lingkungan kerja yang efisien, aman, nyaman, dan produktif.

Keuntungan dari pengaturan dalam menyusun tata letak pabrik dengan baik yaitu (Abbott et al., 2004):

- a. Pengurangan biaya produksi dan peningkatan keselamatan kerja: tata letak yang tersusun dengan baik, proses produksi dapat berjalan dengan baik dan efisien, sehingga dapat mengurangi biaya produksi. Keuntungan lainnya, tata letak yang tersusun dengan baik dapat mengurangi kecelakaan kerja serta meningkatkan keselamatan dari para pekerja.
- b. Pengurangan jarak dan *material handling*: Tata letak pabrik yang tersusun dengan baik dapat mengurangi jarak untuk transportasi dari proses produksi, hal tersebut dapat mengurangi kebutuhan dalam melakukan *material handling* atau mengurangi pemindahan yang dilakukan secara berulang-ulang. Hal tersebut meningkatkan efisiensi produksi serta menjangkau waktu dan juga biaya pada produksi.

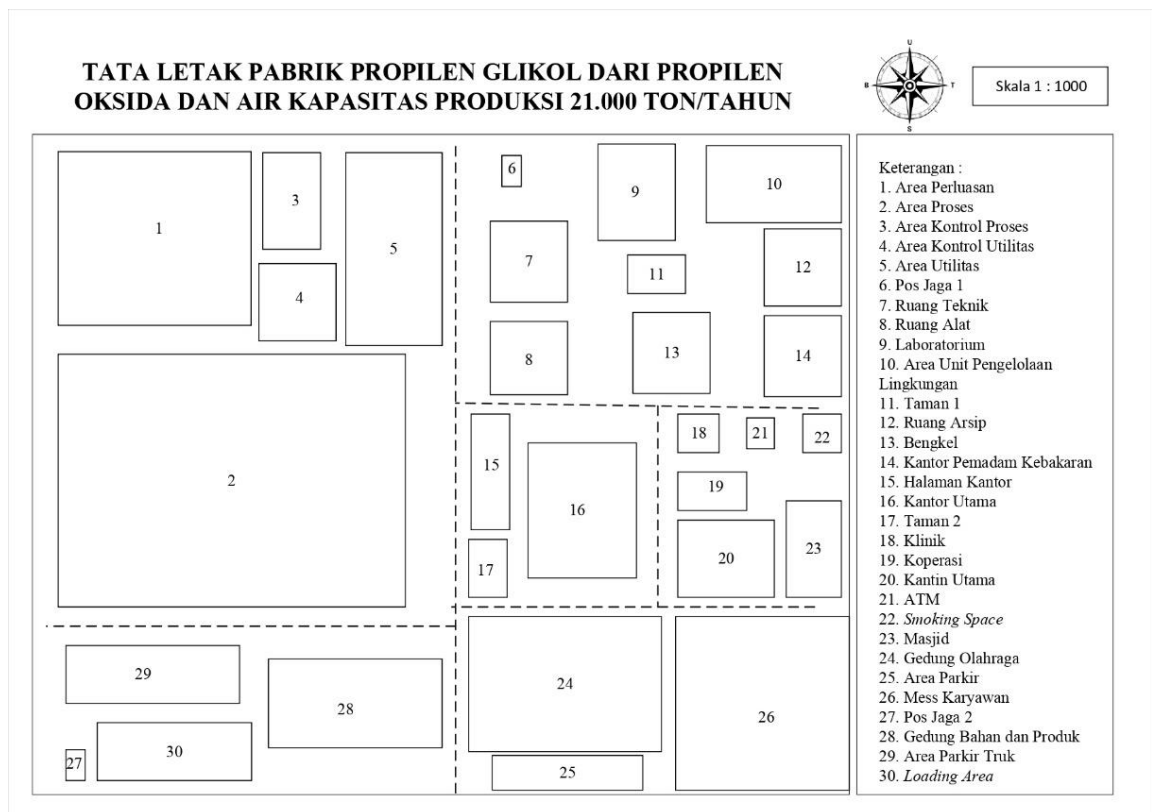
Penyusunan tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, antara lain:

- a. Daerah proses produksi dan perluasan: Daerah ini tempat proses produksi berlangsung dan juga daerah peralatan. Daerah ini memungkinkan untuk terjadi perluasan pabrik di masa yang akan datang.
- b. Daerah administrasi/perkantoran: daerah ini berfungsi pada kegiatan administrasi serta keuangan pabrik.
- c. Daerah laboratorium: daerah ini berfungsi untuk pengendalian kualitas bahan baku dan juga produk.
- d. Daerah pergudangan, bengkel, garasi, serta tempat penyimpanan lainnya: daerah ini berfungsi untuk meletakkan barang-barang produksi, tempat *loading*, dan bengkel perbaikan.
- e. Daerah utilitas dan pemadam kebakaran: daerah ini berisikan fasilitas yang menyediakan uap, air, air pendingin, tenaga listrik yang mendukung sarana dari proses produksi. Selain itu, daerah ini juga berisikan fasilitas pemadam kebakaran untuk menjangkau keamanan pabrik.
- f. Daerah pengolahan limbah: daerah ini khusus untuk aliran proses pembuangan dari hasil limbah pabrik yang sesuai dengan aturan standar lingkungan yang berlaku. Adapun informasi terkait luas dan tata letak pabrik sebagai berikut pada Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan:

**Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik**

<b>No</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Panjang (m)</b>	<b>Lebar (m)</b>	<b>Luas (m<sup>2</sup>)</b>
1	Area perluasan	50	45	2.250
2	Area proses	35	19	665
3	Area kontrol proses	15	25	375
4	Gudang bahan dan produk	45	23	1.035
5	<i>Area loading space</i>	30	15	450
6	Parkir truk	30	15	450
7	Area utilitas	25	50	1.250
8	Area kontrol utilitas	20	20	400
9	Area unit pengolahan lingkungan	35	20	700
10	Ruang alat	20	19	380
11	Ruang arsip	20	20	400
12	Laboratorium	20	25	500
13	Pos jaga 1	3	2	6
14	Ruang teknik	20	21	420
15	Kantor pemadam	20	21	420
16	Bengkel	20	21	420
17	Taman 1	8	10	80
18	Kantor utama	30	35	1.050
19	Area halaman kantor	10	30	300
20	<i>Area parking space</i>	35	9	315
21	<i>Smoking space</i>	10	10	100
22	<i>Atm center</i>	10	8	80
23	Koperasi	25	10	250

<b>No</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Panjang (m)</b>	<b>Lebar (m)</b>	<b>Luas (m<sup>2</sup>)</b>
24	Pos jaga 2	3	2	5
25	Klinik	15	10	150
26	Masjid	20	15	300
27	Kantin utama	25	20	500
28	Taman 2	10	15	150
29	Mess karyawan	45	35	1.575
30	Gedung olahraga	30	35	1.050
31	Jalan	90	6,5	585
Total				16.612



**Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik Propilen Glikol**

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

Untuk mendapatkan konstruksi yang ekonomis dan pengoperasian pabrik yang efisien yang dilakukan pada unit proses tergantung dari tata letak pabrik dan spesifikasi alatnya. Beberapa hal penting yang perlu diperhatikan pada tata letak alat proses yaitu:

#### 1. Aliran bahan baku dan produk

Sistem perancangan aliran bahan baku dan produk harus dirancang dengan baik dan sesuai agar dapat mengoptimalkan kelancaran serta efisien pada produksi. Adapun aliran yang sesuai yaitu dapat menjaga keamanan serta memaksimalkan dalam sistem produksi.

## 2. Aliran udara

Pembuangan gas yang terjadi di bagian produksi harus diperhatikan alirannya, dikarenakan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara berupa penumpukan atau akumulasi dari bahan kimia yang dapat mencelakakan para pekerja. Selain itu, yang perlu diperhatikan arah dari hembusan angin agar aliran gas buangan tidak menghadap ke area perumahan warga sekitar.

## 2. Lalu lintas manusia dan kendaraan

Tata letak pabrik harus memperhatikan jalur lalu lintas yang dilalui karyawan agar para pekerja lebih mudah mencapai alat proses sehingga jika terjadi gangguan secara tidak langsung dapat segera diatasi. Keselamatan dan keamanan para pekerja dalam menjalankan pekerjaannya harus diprioritaskan.

## 3. Pencahayaan

Pencahayaan pada seluruh area yang menjangkau aktivitas pabrik sangat perlu diperhatikan untuk mengoptimalkan kenyamanan dan keamanan para pekerja. Pada area yang dijangkau berbahaya harus mendapatkan pencahayaan yang lebih dari tempat-tempat lainnya.

## 4. Pertimbangan ekonomi

Peletakan alat proses harus diperhatikan dan dipertimbangkan untuk menjaga efisiensi pada biaya operasional untuk menjamin keamanan dan kelancaran produksi. Pertimbangan ekonomi dapat memberikan keuntungan pada pabrik.

## 5. Maintenance

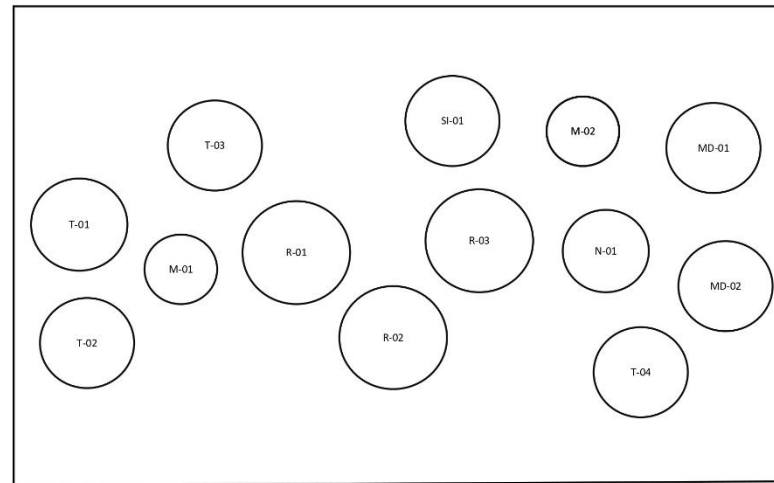
6. Perencanaan untuk perbaikan dan pemeliharaan alat proses penting untuk menjaga efisiensi kinerja pabrik. Jangkauan perbaikan dan pemeliharaan dengan baik dapat mencapai sistem produksi dan target yang sesuai dengan spesifikasi bahan baku yang diinginkan.

7. Jarak antar alat proses

Pertimbangan jarak antar alat proses harus disesuaikan dari segi alatnya masing-masing. Peletakannya dapat diletakkan secara berdampingan hingga berjauhan. Alat proses yang terjangkau memiliki suhu dan tekanan operasi yang tinggi lebih baik dipisahkan dari alat proses lainnya dikarenakan jika terjadi kebakaran atau ledakan tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.

Dari pertimbangan di atas, perencanaan tata letak alat proses dapat menjamin serta meningkatkan produktivitas, keselamatan pabrik dan efisiennya.

**TATA LETAK ALAT PROSES PABRIK PROPILEN GLIKOL DARI PROPILEN  
OKSIDA DAN AIR KAPASITAS PRODUKSI 21.000 TON/TAHUN**



**Keterangan:**

- |                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| 1. T-01 = Tangki Propilen Oksida | 8. N-01 = Netralizer           |
| 2. T-02 = Tangki Metanol         | 9. SI-01 = Silo 1              |
| 3. T-03 = Tangki Asam Sulfat     | 10. M-02 = Mixer 2             |
| 4. M-01 = Mixer 1                | 11. MD-01 = Menara Destilasi 1 |
| 5. R-01 = Reaktor 1              | 12. MD-02 = Menara Destilasi 2 |
| 6. R-02 = Reaktor 2              | 13. T-04 = Tangki Produk       |
| 7. R-03 = Reaktor 3              |                                |

**Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses**

## 4.4 Organisasi Perusahaan

### 4.4.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik Propilen Glikol yang akan didirikan, mempunyai klasifikasi sebagai berikut:

1. Bentuk perusahaan: Perseroan Terbatas (PT) dimana bentuk perusahaan yang memiliki badan hukum. Badan hukum PT sudah diterima oleh pihak akademi, praktisi, dan juga pengusaha yang ditegaskan dalam pasal 1 angka 1 Undang-undang No.40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas (UU-PT) yang menyatakan bahwa PT termasuk badan hukum dengan persekutuan modal. Adapun alasan lain memilih bentuk perusahaan yaitu Perseroan Terbatas yaitu:
  - a. Kemudahan untuk memperoleh fasilitas pendanaan yang diberikan oleh bank atau lembaga keuangan lainnya.
  - b. Harta pribadi lebih aman karena tidak dipengaruhi oleh kerugian perusahaan
  - c. Dapat beroperasi dalam jangka panjang
  - d. Efisiensi manajemen yang dimiliki pemegang saham untuk dapat memilih dewan komisaris dan direktur utama yang mempunyai keahlian untuk mengelola perusahaan secara efisien dan profesional
  - e. Akses ke lapangan usaha yang didapatkan lebih luas melalui penjualan saham kepada masyarakat dengan mendapatkan modal yang lebih besar
2. Kapasitas produksi: 21.000 ton/tahun
3. Lokasi: Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur

#### 4.4.2 Struktur Organisasi

Untuk menjangkau perusahaan agar tetap efisien, diperlukannya sumber daya manusia yang mempunyai kualitas dan sistem manajemen yang memiliki bagian-bagian tugas dan wewenangnya masing-masing secara jelas dan terstruktur. Struktur organisasi perusahaan disesuaikan dengan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Dengan adanya struktur organisasi ini dapat membantu berjalannya pengoperasian perusahaan secara maksimal. Struktur organisasi memiliki kriteria yang dapat mengatur serta membagi, tugas, kedudukan, posisi, wewenang, dan tanggung jawab dari setiap divisi yang ada di dalam perusahaan. Penyusunan bagian-bagian atau jabatan yang ada di dalam perusahaan dimulai dari jabatan paling atas seperti bentuk struktur organisasi yang umum digunakan, yaitu sistem staf dan line.

1. *Line*: Kedudukan ini terdiri dari orang-orang yang mempunyai tanggung jawab untuk menjalankan tugas pokok organisasi.
2. Staf: kedudukan ini terdiri dari orang-orang yang mempunyai keahlian serta memiliki tugas untuk memberikan nasihat kepada para ahli dan unit operasional yang terdapat dalam perusahaan.

Gabungan antara *line* dan staf pada struktur organisasi dapat membantu perusahaan dalam mengoptimalkan sumber daya manusia dan mengambil keputusan yang sesuai. Peran *line* dan staf dapat membangun perusahaan untuk mencapai tujuan-tujuan yang telah disusun dengan maksimal.

Dewan komisaris ditunjuk menjadi pemegang saham sebagai pemilik perusahaan sebagai perwakilan mereka dalam melaksanakan tugas sehari-hari. Adapun yang ditunjuk untuk menjalankan tugas operasional perusahaan yaitu Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Keuangan dan Pemasaran serta Direktur Sumber Daya dan Umum.

Direktur Teknik dan Produksi bertanggung jawab atas bidang proses dan utilitas, bidang pemeliharaan, serta bidang penelitian dan pengembangan (Litbang). Adapun Direktur Keuangan dan Pemasaran bertanggung jawab atas bidang keuangan dan bidang pemasaran. Selain itu, Direktur Sumber Daya dan Umum bertanggung jawab atas bidang umum, bidang administrasi (ADM), dan bidang Kesehatan & Keselamatan Kerja (K3).

Dalam struktur organisasi yang disusun, setiap Direktur akan memimpin beberapa kepala dari bagian yang mempunyai tanggung jawab dari beberapa wewenang. Adapun kepala dari bagian akan mendamping serta mengawasi beberapa seksi yang mempunyai tanggung jawabnya masing-masing. Selain itu, setiap bagian seksi akan mengawasi beberapa dari karyawan yang mempunyai tanggung jawab sesuai dengan peranannya masing-masing. Karyawan juga akan membentuk kelompok regu yang terdiri dari kepala regu untuk memimpin serta menjadi pengawas dari setiap seksi.

Untuk mencapai kelancaran pada produksi, diperlukan staf ahli dari beberapa bidangnya. Tugas staf ahli dapat memberikan nasihat serta bertukar ide untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Beberapa manfaat dari struktur organisasi yang telah disusun yaitu:

1. Mendeskripsikan batasan setiap tugas, wewenang, dan tanggung jawab
2. Memposisikan karyawan sesuai dengan bidangnya.
3. Dapat menganalisis rencana untuk pengembangan manajemen.
4. Melakukan langkah untuk perbaikan dari prosedur kerja yang tidak sesuai dari standar yang berlaku.

#### 4.4.3 Tugas dan Wewenang

##### 1. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS)

Puncak yang paling otoritas dari struktur organisasi garis dan staf dipegang oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). RUPS harus dihadiri oleh pemilik dari saham perusahaan dan dewan komisaris dan rapat harus diadakan setidaknya satu kali dalam setiap tahun untuk mengawasi serta mengevaluasi jalannya perusahaan. Akan tetapi, jika terjadi keadaan darurat, RUPS dapat diselenggarakan dengan ketentuan yang berlaku dari perusahaan. Adapun hak dan wewenang RUPS yang berlaku, sebagai berikut:

- a. Meminta laporan pertanggungjawaban dari Dewan Komisaris.
- b. Memilih serta dapat menghentikan Dewan Komisaris atau Direktur, serta dapat melakukan pengesahan dari pengunduran diri anggota pemegang saham sesuai rapat hasil musyawarah.
- c. Menolak dan menyetujui hasil kerja dan neraca perhitungan laba rugi tahunan setiap tahunnya dari perusahaan.

- d. Menetapkan besarnya laba tahunan yang akan digunakan, dibagikan, disimpan, serta diinvestasikan kembali.

## 2. Dewan Komisaris

Hasil dari rapat umum pemegang saham (RUPS) dipilihlah Dewan Komisaris yang mempunyai tanggung jawab atas pemilik saham. Adapun tugas-tugas yang dimiliki Dewan Komisaris, sebagai berikut:

- a. Menyetujui dan mengevaluasi rencana umum, pengalokasian sumber daya keuangan, ranah strategi pemasaran yang oleh direksi, serta tujuan-tujuan dari perusahaan.
- b. Mengontrol serta mengawasi seluruh kegiatan dari pelaksanaan tugas yang ditempuh masing-masing oleh setiap Direktur perusahaan.
- c. Memberikan pertolongan kepada Direktur utama terhadap hal-hal yang mendesak penting.

## 3. Direktur Utama

Direktur utama menduduki jabatan paling tinggi di perusahaan yang mempunyai tanggung jawab utama dapat mencapai kesuksesan perusahaan yang sesuai dengan tetapan RUPS. Direktur Utama memiliki berbagai tugas yaitu:

- a. Memimpin jalannya perusahaan dengan cara efektif dan efisien.
- b. Menyusun serta melaksanakan kebijakan dari tetapan RUPS yang sesuai.
- c. Membangun kerjasama dengan pihak eksternal untuk meningkatkan keuntungan dari perusahaan.

- d. Mewakili perusahaan untuk menjalin silaturahmi dan bernegosiasi terkait perjanjian dengan pihak ketiga.
- e. Menyusun serta mengawasi tugas-tugas yang dilaksanakan oleh seluruh staf perusahaan.

Untuk menjalankan tanggung jawabnya, Direktur Utama dibantu oleh, Sekretaris, Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Keuangan dan Pemasaran, dan Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum.

a. Sekretaris

Sekretaris mempunyai tugas untuk mengatur terkait surat-menyurat perusahaan, mengatur tugas administrasi, mengurus arsip perusahaan, dan mendukung sarana administrasi perusahaan.

b. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur Teknik dan Produksi memiliki tanggung jawab terhadap Direktur Utama. Tugas dari Direktur Teknik dan Produksi melakukan pengawasan serta mengontrol jalannya seluruh kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan aktivitas produksi, proses, teknik, utilitas, pemeliharaan bengkel, pemeliharaan listrik dan instrumen, penelitian dan pengembangan, serta laboratorium mutu.

c. Direktur Keuangan dan Pemasaran

Direktur Keuangan dan Pemasaran memiliki tanggung jawab terhadap Direktur Utama. Tugas dari Direktur Keuangan dan Pemasaran melakukan pengawasan serta mengontrol jalannya seluruh kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan keuangan dan pemasaran. Adapun dari setiap bagian keuangan dan pemasaran terdapat kepala bagian. Kepala bagian keuangan mengatur serta mengawasi bagian tata usaha serta bagian pemasaran mengatur dan mengawasi bagian personalia.

d. Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum

Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum memiliki tanggung jawab terhadap Direktur Utama. Tugas dari Direktur Sumber Daya Manusia (SDM) dan Umum melakukan pengawasan serta mengontrol jalannya seluruh kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bagian umum, bagian SDM dan ADM, serta bagian K3. Untuk setiap bagian ditetapkannya kepala bagian, adapun kepala bagian umum bertanggung jawab mengawasi bagian keamanan, kepala bagian SDM dan ADM bertanggung jawab mengawasi bagian Humas dan Pengolahan limbah, dan Kepala bagian K3 bertanggung jawab mengawasi seluruh aktivitas pertolongan K3.

#### 4.4.4 Pengaturan Jam Kerja

Pabrik Propilen Glikol dari Propilen Oksida dan Air sudah dijadwalkan untuk beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun secara terus menerus selama 24 setiap hari. Adapun hari-hari yang tersisa atau bukan termasuk hari-hari libur digunakan

untuk pemeliharaan, perbaikan, pengecekan, atau *shut down* dari beberapa alat yang sudah tidak digunakan. Berdasarkan dari sistem jadwal kerja karyawan dapat diorganisir menjadi dua kelompok:

1. Karyawan *Non – Shift*

Karyawan *non-shift* mereka yang bekerja selama 5 hari dengan total waktu jam kerja selama 40 jam setiap minggunya. Hari Sabtu, Minggu, dan hari besar lainnya ditetapkan sebagai hari libur. Karyawan *non-shift* tidak bersangkutan dengan proses produksi secara langsung. Adapun yang termasuk karyawan *non-shift* yaitu Direktur Utama, Sekretaris, Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Keuangan dan Pemasaran, Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum, Kepala Bagian, serta beberapa staf yang bekerja di kantor. Jadwal yang disusun untuk jam kerja karyawan *non-shift* yaitu:

**Tabel 4. 2 Jadwal Jam Kerja Karyawan Non-Shift**

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin-Kamis	07.00 - 16.00	12.00 - 13.00
Jumat	07.00 - 16.00	11.30 - 13.00

2. Karyawan *shift*

Karyawan *shift* termasuk karyawan yang terlibat secara langsung dalam proses produksi perusahaan serta mengatur bagian-bagian tertentu yang ada di dalam perusahaan yang berdampak pada kelancaran produksi selama 24 jam, dan keamanan pada sistem produksi. Karyawan *shift* ini termasuk dari operator produksi, bagian gudang, bagian teknisi, serta bagian - bagian yang

berjaga untuk kelancaran dan keselamatan pada operasi pabrik. Adapun jam kerja *shift* diatur menjadi tiga *shift* yang berbeda selama satu hari, seperti dibawah ini:

**Tabel 4. 3 Jadwal Jam Kerja Karyawan *Shift***

Kelompok Kerja	Jam Kerja	Jam Istirahat
<i>Shift</i> I	07.00 - 15.00	11.00 - 12.00
<i>Shift</i> II	15.00 - 23.00	19.00 - 20.00
<i>Shift</i> III	23.00 - 07.00	03.00 - 04.00

Pengaturan kerja *shift* diatur dalam empat regu (A/B/C/D), dimana setiap hari kerja, hanya tiga dari empat regu yang aktif bekerja sedangkan satu regunya libur. Untuk hari besar yang ditetapkan pemerintah, regu yang ditetapkan bertugas diwajibkan untuk bekerja, tetapi dihitung sebagai kerja lembur dan mendapatkan biaya tambahan. Setiap regu memiliki kepala *shift* untuk mengkoordinasi dan mengawasi bagian-bagian dari regu *shift*. Adapun jadwal kerja untuk masing-masing regu *shift* yaitu:

**Tabel 4. 4 Jadwal Kerja Regu *Shift***

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	II	II	III	III	L	L	I	I	II	II	III	III	L
B	II	II	III	III	L	L	I	I	II	II	III	III	L	L	I
C	III	III	L	L	I	I	II	II	III	III	L	L	I	I	II
D	L	L	I	I	II	II	III	III	L	L	I	I	II	II	III

Tabel 4. 5 Jadwal Kerja Regu *Shift* (lanjutan)

Regu	Hari														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	L	I	I	II	II	III	III	L	L	I	I	II	II	III	III
B	I	II	II	III	III	L	L	I	I	II	II	III	III	L	L
C	II	III	III	L	L	I	I	II	II	III	III	L	L	I	I
D	III	L	L	I	I	II	II	III	III	L	L	I	I	II	II

Keterangan:

- 1,2,3, dst ... = Hari ke -  
 A, B, C, dan D = Regu Kerja  
 I, II, dan III = *Shift* ke -  
 L = Libur

#### 4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Adapun jumlah karyawan yang dibutuhkan harus sesuai agar dapat berjalan secara efisien. Gaji yang diberikan kepada setiap karyawan diberikan pada tanggal satu setiap bulannya. Jika tanggal bertepatan pada hari libur, maka pemberian upah gaji diberikan satu hari sebelumnya. Adapun rincian upah gaji yang diterima setiap tenaga kerja yaitu:

**Tabel 4. 6 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji**

<b>No</b>	<b>Jabatan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Gaji/Bulan</b>	<b>Jumlah Gaji/Bulan</b>
1	Direktur Utama	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
2	Sekretaris Direktur Utama	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
3	Staff Ahli Direktur	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
4	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
5	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
6	Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
7	Kepala Bagian Proses dan Utilitas	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
8	Kepala Bagian Pemeliharaan	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
9	Kepala Bagian LITBANG	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
10	Kepala Bagian Keuangan	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
11	Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
12	Kepala Bagian Umum	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
13	Kepala Bagian SDM dan ADM	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
14	Kepala Bagian K3	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000
15	Manajer Seksi Proses	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
16	Manajer Seksi Utilitas	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000

<b>No</b>	<b>Jabatan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Gaji/Bulan</b>	<b>Jumlah Gaji/Bulan</b>
17	Manajer Pemeliharaan dan Bengkel	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
18	Manajer Listrik dan Instrumen	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
19	Manajer Penelitian dan Pengembangan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
20	Manajer Seksi Laboratorium dan Mutu	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
21	Manajer Tata Usaha	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
22	Manajer Seksi Personalia	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
23	Manajer Seksi Keamanan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
24	Manajer Seksi Humas	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
25	Manajer Seksi Pengolahan Limbah	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
26	Manajer K3	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
27	Karyawan Proses	5	Rp 8.000.000	Rp 40.000.000
28	Karyawan Utilitas	5	Rp 8.000.000	Rp 40.000.000
29	Karyawan Perawatan	5	Rp 8.000.000	Rp 40.000.000
30	Karyawan Teknisi dan Servis	4	Rp 8.000.000	Rp 32.000.000
31	Karyawan LITBANG	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000
32	Karyawan Laboratorium	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000
33	Karyawan	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Jumlah Gaji/Bulan
	Keuangan			
34	Karyawan Pemasaran	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000
35	Karyawan Tata Usaha	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000
36	Karyawan Personalia	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000
37	Karyawan Humas	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000
38	Karyawan Keamanan	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000
39	Karyawan K3	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000
40	Karyawan UPL	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000
41	Karyawan Administrasi	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000
42	Operator	40	Rp 11.000.000	Rp 440.000.000
43	Supir	13	Rp 6.000.000	Rp 78.000.000
44	Karyawan Pemadam Kebakaran	4	Rp 6.000.000	Rp 24.000.000
45	<i>Cleaning Service</i>	15	Rp 6.000.000	Rp 75.000.000
46	Dokter	3	Rp 12.000.000	Rp 36.000.000
47	Perawat	3	Rp 6.000.000	Rp 18.000.000
	Total	156	Rp 618.000.000	Rp 1.539.000.000,00

#### 4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan

Beberapa fasilitas dan hak yang diberikan dari perusahaan kepada para pekerja untuk mendukung aktivitas para pekerja.

## 1. Hak Cuti

- a. Cuti bersama: Setiap tahunnya, para pekerja diberikan cuti bersama dalam rangka Hari Raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.
- b. Cuti tahunan: Para Pekerja di perusahaan berhak mendapatkan cuti tahunan sebanyak 12 hari dalam setahun. Namun, jika dalam setahun cuti tersebut tidak dipakai maka akan hangus dan tidak bisa dikumpulkan untuk tahun selanjutnya.
- c. Cuti kehamilan: Bagi para pekerja khususnya perempuan yang sudah mendekati waktu melahirkan, akan diberi waktu cuti selama 3 bulan, gaji yang sudah ditentukan akan tetap diberikan dengan persyaratan jarak antara anak pertama dan kedua minimal 2 tahun.

## 2. Hari Libur Nasional

Untuk karyawan *non-shift*, hari libur nasional termasuk dari hari libur kerja. Untuk karyawan *shift*, hari libur nasional diwajibkan masuk dan dihitung sebagai jam kerja lembur (*overtime*).

## 3. Seragam Kerja

Perusahaan menyediakan 2 pasang baju seragam untuk para pekerja yang diberikan setiap tahun dalam menjalin keseragaman atau kekompakan para pekerja. Untuk alat perlindungan diri (APD) tambahan yang diberikan perusahaan yaitu masker untuk keamanan bagi setiap pekerja dan disesuaikan kembali dengan bidang pekerjaan masing-masing.

4. Jaminan sosial

Jaminan sosial sebagai perlindungan jiwa atau asuransi kecelakaan yang diberikan kepada setiap pekerja untuk mendukung rasa nyaman dan aman dalam menjalankan tugasnya masing-masing.

5. Fasilitas Karyawan

Beberapa fasilitas yang diberikan perusahaan:

- a. Transportasi bagi setiap pekerja seperti layanan bus
- b. Klinik internal yang dioperasikan dokter serta perawat
- c. Koperasi karyawan/kantin
- d. Ruang ibadah yang nyaman
- e. *Reward* atau hadiah yang diberikan kepada para pekerja yang sudah bekerja kurang lebih 10 tahun.

## **BAB V**

### **UTILITAS**

Utilitas merupakan unit penunjang proses utama maupun sarana lain dalam pabrik. Unit utilitas pada pabrik Propilen Glikol ini terbagi atas beberapa unit yaitu:

1. Unit penyediaan dan pengelolaan air
2. Unit pembangkit *steam* (*Steam Generation System*)
3. Unit pembangkit listrik (*Power Plant System*)
4. Unit penyediaan udara tekan (*Instrument Air System*)
5. Unit penyediaan bahan bakar
6. Unit pengolahan limbah

#### **5.1 Unit Penyediaan dan Pengelolaan Air (*Water Treatment System*)**

##### 5.1.1 Unit Penyediaan Air

Kebutuhan air industri dapat dipenuhi dengan memanfaatkan air sungai maupun air laut sebagai sumber bahan baku yang dapat diolah menjadi air bersih. Sistem pengolahan air disesuaikan dengan kondisi dan kandungan dari air baku. Pengolahan air baku diperlukan untuk menghindari *fouling* pada alat-alat pemanas dan sterilisasi untuk konsumsi. Pada pabrik ini, air baku yang digunakan bersalah dari sungai sehingga mengandung pengotor dari zat yang terlarut maupun yang tidak terlarut. Proses pengolahan air baku dilakukan secara fisis dan kimiawi. Air

baku pada pabrik Propilen Glikol ini diambil dari Sungai Kali Lamong dengan beberapa pertimbangan:

1. Sungai Kali Lamong memiliki jarak yang relatif dekat dengan lokasi pendirian pabrik, sehingga pemanfaatan air menjadi lebih mudah.
2. Kandungan yang ada dalam air sungai membutuhkan pengolahan yang lebih sedikit dibandingkan dengan air laut, sehingga proses pengolahan akan lebih murah.
3. Air sungai cenderung memiliki kontinuitas yang tinggi, sehingga pemenuhan air terjamin.

Proses pengolahan air baku pada pabrik ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan beberapa proses dan unit yaitu:

1. Air Domestik

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, kebutuhan air setiap orang di Indonesia sejumlah 70-144 liter per hari. Rincian kebutuhan air domestik dalam pabrik meliputi:

- a. Kantor

**Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik**

Jumlah karyawan	=	156	orang
Kebutuhan air setiap karyawan	=	100	liter/hari
Total kebutuhan air karyawan	=	632,632	kg/jam

## b. Perumahan Karyawan

**Tabel 5. 2 Perumahan Karyawan**

Jumlah rumah	=	20	orang
Jumlah orang dalam setiap rumah	=	3	orang
Kebutuhan air setiap orang	=	100	liter/hari
Total kebutuhan air perumahan	=	5.000	kg/jam

Total kebutuhan air domestik disajikan pada tabel 5.1 sebagai berikut

**Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Domestik**

No	Keterangan	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	Kantor	632,632
2	Perumahan karyawan	5.000
Total		5.633

2. Air Layanan Umum (*Service Water*)

Air layanan umum digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di area pabrik dan fasilitas umum seperti bengkel, poliklinik, laboratorium, pemadam kebakaran, kantin, mushola, dan taman. Rincian kebutuhan air layanan umum meliputi:

**Tabel 5. 4 Kebutuhan *Service Water***

No	Keterangan	Kebutuhan Air (kg/hari)
1	Bengkel	200
2	Poliklinik	300

No	Keterangan	Kebutuhan Air (kg/hari)
3	Laboratorium	500
4	Pemadam kebakaran	1.000
5	Kantin, mushola, dan kebun	4.000
Total		6.000 kg/hari
		250 kg/jam

### 3. Air Umpan *Boiler*

Air umpan *boiler* digunakan untuk menghasilkan *steam* yang berguna sebagai penunjang keberlangsungan proses produksi. Kebutuhan *steam* untuk peralatan pada pabrik ini dijabarkan pada Tabel 5.3 Air Umpan *Boiler*.

**Tabel 5. 5 Air Umpan *Boiler***

No	Keterangan	Kode	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	<i>Reboiler 1</i>	RB-01	11.251
2	<i>Reboiler 2</i>	RB-02	2.137
3	<i>Heat Exchanger 1</i>	HE-01	1.474
4	<i>Heat Exchanger 2</i>	HE-02	448,153
Total			15.311

Perancangan kebutuhan air umpan *boiler* dibuat *over design* 20% sehingga menjadi 18.373 kg/jam.

#### a. *Blow down*

$$= 10\% \times \text{Kebutuhan Steam}$$

$$= 10\% \times 18.373$$

$$= 1.837 \text{ kg/jam}$$

b. Air yang menguap (*steam trap*)

$$= 5\% \times \text{Kebutuhan Steam}$$

$$= 5\% \times 18.373$$

$$= 918,638 \text{ kg/jam}$$

c. *Make up steam*

$$= \text{blow down} + \text{steam trap}$$

$$= 1.837 + 918,638$$

$$= 2.756 \text{ kg/jam}$$

Perancangan *make up steam* dibuat *over design* 20% sehingga menjadi  
3.307 kg/jam

4. Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin diperlukan dalam proses pendinginan pada alat yang membutuhkan pendinginan dari suhu tinggi ke suhu rendah. Dalam hal ini, air pendingin diproduksi oleh *cooling tower*. Kebutuhan air pendingin dijabarkan pada tabel 5.6

**Tabel 5. 6 Air Pendingin (*Cooling Water*)**

No	Keterangan	Kode	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	Reaktor	R-01	829,593
2	Reaktor	R-02	843,257
3	Reaktor	R-03	843,257
4	<i>Neutralizer</i>	N-01	95,869
5	<i>Cooler 1</i>	CL-01	39.437
6	<i>Cooler 2</i>	CL-02	2.764
7	<i>Condenser 1</i>	CD-01	3.018
8	<i>Condenser 2</i>	CD-02	681,859
Total			48.513

Perancangan dibuat *over design* 20%, sehingga kebutuhan air pendingin menjadi 58.216 kg/jam.

a. *Circulating water flow (Wc)*

$$= 58.216 \text{ kg/jam}$$

b. *Evaporation loss (We)*

$$= 0,00085 \times Wc(T_1 - T_2) \dots\dots\dots (12)$$

$$= 0,00085 \times 58.216 (318,15 - 298,15)$$

$$= 989,666 \text{ kg/jam}$$

c. *Drift loss (Wd)*

$$= 0,0002 \times Wc \dots\dots\dots (13)$$

$$= 0,0002 \times 58.216$$

$$= 11,643 \text{ kg/jam}$$

d. *Blow down (Wb)*

$$= \frac{We - (cycle - 1) Wd}{cycle - 1} \dots\dots\dots (14)$$

$$= \frac{989,666 - (4 - 1) 11,643}{4 - 1}$$

$$= 318,246 \text{ kg/jam}$$

e. *Make up water (Wm)*

$$= We + Wd + Wb \dots\dots\dots (15)$$

$$= 989,666 + 11,643 + 318,246$$

$$= 1.320 \text{ kg/jam}$$

Perancangan dibuat *over design* 20%, sehingga menjadi 1.58 kg/jam.

## 5. Air Proses

Air proses digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada saat proses berlangsung di area produksi. Pada pabrik Propilen Glikol, air dimanfaatkan sebagai bahan baku pada proses dalam reaktor, dengan kebutuhan sebesar 11.300 kg/jam dan *Mixer* 2 (M-02) sebesar 19,699 kg/jam. Perancangan dibuat *over design* 20%, sehingga sebesar 13,583 kg/jam.

Total kebutuhan air pada pabrik Propilen Glikol yaitu:

**Tabel 5. 7 Kebutuhan *Service Water***

No	Keterangan	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	<i>Domestic Water</i>	5.633
2	<i>Service Water</i>	250
3	<i>Cooling Water</i>	58.216
4	Air Umpan <i>Boiler</i>	18.373
5	<i>Process Water</i>	13.583
Total		112.386

#### 5.1.2 Unit Pengolahan Air

Unit pengolahan air bertujuan untuk memproses air sungai sehingga didapatkan air yang aman digunakan untuk menunjang proses produksi maupun kebutuhan lain di area pabrik. Air baku dari Sungai Kali Lamong diolah secara fisis dan kimia. Beberapa tahapan dalam proses pengolahan air baku sebagai berikut:

1. Penghisapan

Proses ini dilakukan untuk mengambil air dari sumber menggunakan pompa kemudian air akan dialirkan menuju proses penyaringan (*screening*).

2. Penyaringan (*screening*)

Sebelum masuk ke proses pengolahan, air yang berasal dari sungai harus dilakukan penyaringan terlebih dahulu. Penyaringan awal air sungai berfungsi untuk menyaring padatan seperti sampah, plastik, daun, dan lainnya yang terbawa air sungai dapat dipisahkan. Setelah dilakukan proses

penyaringan awal kemudian air dialirkan menggunakan pompa menuju bak pengendapan awal.

3. Pengendapan Awal

Pada proses ini, padatan atau kotoran akan dibiarkan mengendap di dasar tangki dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Pengotor seperti pasir dan lumpur yang terbawa air akan terpisahkan pada tahap ini.

4. Bak Penggumpalan

Proses penggumpalan atau koagulasi dilakukan dengan menambahkan koagulan ke dalam air sehingga partikel pengotor akan menjadi stabil atau netral kemudian membentuk endapan. Koagulan yang digunakan yaitu jenis tawas atau aluminium sulfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ).

5. Bak Pengendapan I dan II

Zat pengotor hasil dari proses penggumpalan akan membentuk flok-flok yang kemudian akan saling bergabung sehingga menjadi ukuran yang semakin besar (flokulasi) dan mudah mengendap.

6. *Sand Filter*

Setelah melewati proses koagulasi dan flokulasi, air baku kemudian dialirkan menuju *sand filter* melalui bagian atas. Air akan berkontak dengan media *filter (spheres)* yang akan menyaring partikel pengotor seperti *suspended solid*.

7. Tangki Penampungan Air Bersih Sementara

Setelah melalui proses *sand filter*, air kemudian akan ditampung di dalam tangki penampungan sementara sebagai air bersih. Air ini kemudian akan

disalurkan dan diolah lebih lanjut untuk dimanfaatkan sebagai pemenuhan berbagai kebutuhan, mulai dari air domestik (*domestic water*), air layanan (*service water*), air pendingin (*coolingwater*), air umpan boiler (*boiler feed water*), dan air proses (*process water*).

#### 8. Klorinasi

Proses ini berfungsi untuk membunuh bakteri, kuman, jamur, dan mikroorganisme lainnya sehingga air layak untuk dikonsumsi dan digunakan. Proses ini dilakukan dengan menambahkan klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air. Setelah melalui proses klorinasi, air akan ditampung di dalam tangki penyimpanan air bersih.

#### 9. *Cooling tower*

*Cooling tower* merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan air dingin yang dapat digunakan sebagai alat pendingin pada alat-alat proses. Air panas diolah menjadi air dingin dengan menggunakan udara sebagai pendinginnya. *Initial water* ke *cooling water* berasal dari *filtered water storage tank* pada suhu 45°C yang dialirkan ke atas *cooling tower*. Air akan mengalami evaporasi, sehingga air akan mengalir melalui lubang saluran (*swirl*). Bersamaan dengan proses, akan terjadi pelepasan panas laten yang mengakibatkan sebagian air menguap. *Make up water* juga berasal dari *filtered water storage tank*. Air yang mengalami evaporasi akan sama jumlahnya dengan *make up water* yang masuk, sehingga perpindahan panas antara udara dan air akan tetap stabil. Suhu keluaran dari *cooling tower* akan turun menjadi 30°C.

## 10. Demineralisasi

Proses demineralisasi diperlukan untuk menghilangkan mineral-mineral terlarut dengan proses penukaran ion, sehingga air tidak menyebabkan *fouling* pada *boiler* pada saat proses pembentukan *steam water*. Demineralisasi dilakukan dengan menggunakan resin penukar kation (*kation exchanger*) dan penukar anion (*anion exchanger*). Proses demineralisasi terjadi pada alat-alat berikut:

### a. *Mixed Bed*

Proses demineralisasi pada alat *mixed bed* berfungsi untuk menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation-kation seperti Ca dan Mg. Pada proses ini, dilakukan penambahan anion dan kation. Pada proses ini dilakukan penambahan NaCl untuk meregenerasi *kation exchanger* dan NaOH untuk meregenerasi *anion exchanger*.

### b. Deaerator

Setelah melewati proses penukaran kation dan anion, air kemudian dibersihkan dari gas-gas seperti oksigen dan karbon dioksida menggunakan hidrazin ( $N_2H_4$ ). Hal ini berfungsi untuk mencegah korosi pada *boiler*.

## 5.2 Unit Pembangkit *Steam*

Kebutuhan *steam* dicukupi melalui unit pembangkit *steam* dengan adanya ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi:

Kapasitas	:	65.124.290	Btu/jam
Jumlah air sebagai umpan <i>boiler</i>	:	18.373	kg/jam
Jumlah	:	1	

*Boiler* dilengkapi *sistem* pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis, seperti *economizer safety valve*. Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih, kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses produksi.

### 5.3 Unit Pembangkit Listrik

Unit pembangkit listrik berfungsi sebagai penyedia listrik yang digunakan sebagai tenaga penggerak pada alat-alat proses, peralatan utilitas, dan hal-hal lainnya yang membutuhkan listrik. Kebutuhan listrik diperoleh dari PT. PLN dan apabila PLN mengalami kendala, maka dapat menggunakan generator cadangan daya sebesar 120% dari beban yang terpasang yaitu 11.833 kW. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berjalan kontinyu. Jenis generator yang dipakai adalah generator diesel, dimana solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas yang dikeluarkan akan digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan listrik. Listrik yang dihasilkan kemudian akan didistribusikan menuju panel yang kemudian akan dialirkan ke unit pemakaian

Kebutuhan listrik pada pabrik Propilen Glikol dijabarkan sebagai berikut pada tabel

5.8:

1. Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

**Tabel 5. 8 Kebutuhan Listrik Alat Proses**

Alat	Daya	
	Hp	kW
Pompa (P-01)	0,167	1,24
Pompa (P-02)	0,05	0,37
Pompa (P-03)	0,25	1,86
Pompa (P-04)	0,05	0,37
Pompa (P-05)	1	7,46
Pompa (P-06)	1	7,46
Pompa (P-07)	1	7,46
Pompa (P-08)	0,05	0,37
Pompa (P-09)	1	7,46
Pompa (P-10)	0,25	1,86
Pompa (P-11)	0,75	5,59
Pompa (P-12)	0,25	1,86
Pompa (P-13)	0,25	1,86
<i>Mixer</i> 1 (M-01)	20	149,14
<i>Mixer</i> 2 (M-02)	20	149,14
Reaktor (R-01)	75	559,275

Alat	Daya	
	Hp	kW
Reaktor (R-02)	75	559,275
Reaktor (R-03)	75	559,275
<i>Neutralizer</i> (N-01)	7,5	55,93
<i>Screw Conveyor</i> 1 (SC-01)	0,05	0,37
<i>Bucket Elevator</i> 1 (BE-01)	1,5	11,19
Total	280	808

2. Kebutuhan Listrik untuk Alat Utilitas

**Tabel 5. 9 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas**

Alat	Daya	
	Hp	kW
<i>Cooling tower</i>	10	74,57
<i>Compressor</i>	3	22,37
Pompa Utilitas (PU-01)	200	1491,40
Pompa Utilitas (PU-02)	40	298,28
Pompa Utilitas (PU-03)	30	223,71
Pompa Utilitas (PU-04)	0,05	0,37
Pompa Utilitas (PU-05)	30	223,71
Pompa Utilitas (PU-06)	25	186,43
Pompa Utilitas (PU-07)	20	149,14

Alat	Daya	
	Hp	kW
Pompa Utilitas (PU-08)	20	149,14
Pompa Utilitas (PU-09)	20	149,14
Pompa Utilitas (PU-10)	0,05	0,37
Pompa Utilitas (PU-11)	1,5	11,19
Pompa Utilitas (PU-12)	1,5	11,19
Pompa Utilitas (PU-13)	0,05	0,37
Pompa Utilitas (PU-14)	150	1118,6
Pompa Utilitas (PU-15)	150	1118,6
Pompa Utilitas (PU-16)	0,05	0,37
Pompa Utilitas (PU-17)	0,05	0,37
Pompa Utilitas (PU-18)	3	22,37
Pompa Utilitas (PU-19)	1,5	11,19
Pompa Utilitas (PU-20)	1,5	11,19
Pompa Utilitas (PU-21)	1,5	11,19
Total	711	5.300

### 3. Kebutuhan Listrik untuk Alat Penunjang

Kebutuhan listrik untuk penerangan, kantor, dan lain sebagainya dirancang sebesar 500 kw. Sehingga total kebutuhan listrik pada pabrik Propilen Glikol sebesar:

**Tabel 5. 10 Total Kebutuhan Listrik**

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	Alat proses	2.089
2	Alat utilitas	5.300
3	Alat penunjang	500
Total		7.889

Dengan mempertimbangkan faktor keamanan, maka total kebutuhan listrik menjadi 20% lebih besar dari rancangan, sehingga total kebutuhan listrik sebesar 79.467 kW.

#### **5.4 Unit Penyedia Udara Tekan**

Unit ini digunakan untuk menjalankan instrumentasi seperti *control valve* dan membersihkan peralatan pabrik. Sumber udara diperoleh dari lingkungan pabrik, hanya saja udara tersebut sudah dinaikkan tekanannya dengan kompresor. Udara tekan akan didistribusikan melalui sistem perpipaan. Kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 36 m<sup>3</sup>/jam. Dengan mempertimbangkan faktor keamanan, maka total kebutuhan listrik menjadi 20% lebih besar dari rancangan, sehingga total kebutuhan udara tekan sebesar 39 m<sup>3</sup>/jam.

#### **5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar**

Unit ini digunakan untuk menyediakan bahan bakar berupa batu bara yang akan digunakan pada *boiler* dan solar yang akan digunakan pada generator.

Kebutuhan bahan bakar pada *boiler* sebesar 1.969 kg/jam dan pada generator sebesar 6,214 m<sup>3</sup>/jam. Bahan bakar yang diperlukan:

1. Menentukan Kebutuhan Bahan Bakar *Boiler*

$$Wm = \frac{Q}{F} \dots\dots\dots (16)$$

Dimana,

Wm = Massa bahan bakar

Q = Kalor pemanasan

F = *Heat value*

Diketahui bahwa kalor pembentukan *steam* sebesar 55.022.425 Btu/jam, efisiensi pembakaran sebesar 80%, dan nilai *heat value* sebesar 19.676 Btu/lb. Sehingga nilai massa bahan bakar sebesar:

$$Wm = \frac{65.124.290 \text{ Btu/jam}}{15.000 \text{ Btu/lb}}$$

$$Wm = 4.342 \text{ lb/jam}$$

$$Wm = 1.969 \text{ kg/jam}$$

2. Menentukan Kebutuhan Bahan Bakar Generator

Massa bahan bakar yang dibutuhkan untuk keperluan generator dengan kapasitas 3503 kW, *heat value* 250000 Btu/gal, dan efisiensi 80% sebesar:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas} &= \frac{\text{Total kebutuhan}}{\text{efisiensi}} \dots\dots\dots (16) \\
 &= 7.929 \text{ kW} / 80\% \\
 &= 9.911 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$W_m = \left( \frac{9.467}{0,0003} \right) \div 19.676$$

$$W_m = 1.642 \text{ gal./jam}$$

$$W_m = 5.593 \text{ kg/jam}$$

## 5.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah pabrik dapat berupa cairan, gas, dan padatan yang memiliki kandungan zat yang dapat membahayakan alam dan lingkungan hidup sekitar. Oleh karena itu, diperlukan adanya unit pengolahan limbah pada pabrik untuk meminimalisir pencemaran tersebut. Sumber-sumber limbah tersebut antara lain:

### 1. Limbah Laboratorium

Jenis limbah ini, mengandung bahan kimia yang telah digunakan untuk menganalisa mutu pada bahan baku, mutu produk, dan dipergunakan untuk penelitian serta pengembangan proses.

### 2. Limbah Pencucian Alat Pabrik

Kotoran atau kerak yang melekat pada peralatan pabrik mengandung zat-zat kimia yang dapat merusak lingkungan.

### 3. Limbah Domestik

Limbah ini merupakan keseluruhan buangan yang berasal dari kamar mandi dan kantin yang dapat berupa limbah padat dan limbah cair. Kualitas air

limbah yang dihasilkan diharapkan dapat memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen) LHK No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yang meliputi 7 parameter yaitu pH, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan TSS (*Total Suspended Solids*), minyak dan lemak, ammonia, dan *Total Coliform*.

#### 4. Limbah Proses

Limbah ini merupakan limbah dari zat-zat yang terbuang, bocor, maupun tumpah pada saat proses pabrik.

Limbah-limbah yang menghasilkan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) perlu dilakukan penyimpanan khusus sebagaimana yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) No. 6 Tahun 2021 Pasal 52 tentang Standar Penyimpanan Limbah B3 antara lain limbah yang disimpan terlindung dari hujan dan tertutup, memiliki lantai kedap air, dilengkapi dengan simbol dan label limbah B3, dikemas dengan menggunakan kemasan dari bahan logam atau plastik, kemasan mampu mengungkung limbah B3 untuk tetap berada di dalam kemasan, memiliki penutup yang kuat untuk mencegah terjadinya tumpahan pada saat dilakukan pemindahan dan/atau pengangkutan, kondisi kemasan tidak bocor, tidak berkarat, serta tidak rusak. Limbah yang dihasilkan kemudian diolah oleh JIPE. Limbah ini bisa berasal baik dari limbah domestik ataupun limbah industri.

### 5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

## 1. Spesifikasi Alat Penyaring

**Tabel 5. 11 Spesifikasi Alat *Screening***

<b>Spesifikasi Umum</b>		
Nama alat	<i>Screening</i>	<i>Sand filter</i>
Kode	FU-01	FU-02
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang besar	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai
Jenis / Bahan	Alumunium	Pasir saring 28 <i>mesh</i>
Jumlah	1	1
<b>Dimensi</b>		
Panjang saringan (m)	3,048	3,078
Lebar saringan (m)	2,438	3,078
Jumlah air yang diolah (kg/jam)	112.033	101.110
Harga (\$)	10,509	3,259.7

2. Spesifikasi Bak Utilitas

**Tabel 5. 12 Spesifikasi Bak Utilitas**

Spesifikasi Umum						
Nama alat	Bak Pengendapan Awal	Bak Penggumpalan	Bak Pengendapan I	Bak Pengendapan II	Bak penampungan Sementara	Bak Penampung Air Pendingin
Kode	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04	BU-05	BU-06
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai	Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan untuk menggumpalkan kotoran	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi O <sub>2</sub> )	Menampung <i>raw water</i> yang telah disaring di <i>sand filter</i>	Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	Bak persegi	Silinder tegak	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi
Bahan	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang

Spesifikasi Umum						
Nama alat	Bak Pengendapan Awal	Bak Penggumpalan	Bak Pengendapan I	Bak Pengendapan II	Bak penampungan Sementara	Bak Penampung Air Pendingin
					dilapisi porselin	
Volume (m <sup>3</sup> )	566,544	134,440	807,325	766,958	96,054	1.677
Waktu tinggal (jam)	4	1	6	6	1	24
<i>Over design</i>	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Jumlah	1	1	1	1	1	1
Dimensi						
Tinggi (m)	5,493	5,852	6,181	6,076	3,231	8,229
Panjang (m)	10,985	-	12,362	12,153	6,461	16,458
Lebar (m)	10,985	-	12,362	12,153	6,461	16,458
Diameter (m)	-	5,852	-	-	-	-
Jumlah air yang diolah	117.930	112,033	112,033	106.432	96.054	58.216

Spesifikasi Umum						
Nama alat	Bak Pengendapan Awal	Bak Penggumpalan	Bak Pengendapan I	Bak Pengendapan II	Bak penampungan Sementara	Bak Penampung Air Pendingin
(kg/jam)						
Jenis pengaduk	-	<i>Marine propeller 3 blade</i>	-	-	-	-
Diameter <i>impeller</i> (m)	-	1,951	-	-	-	-
Jarak <i>impeller</i> (m)	-	1,463	-	-	-	-
Jarak cairan dalam tangki (m)	-	5,267	-	-	-	-
Jumlah <i>baffle</i> (m)	-	4	-	-	-	-
Lebar <i>baffle</i> (m)	-	0,195	-	-	-	-
Jumlah	-	1	-	-	-	-

Spesifikasi Umum						
Nama alat	Bak Pengendapan Awal	Bak Penggumpalan	Bak Pengendapan I	Bak Pengendapan II	Bak penampungan Sementara	Bak Penampung Air Pendingin
<i>impeller</i> (buah)						
Power motor (hP)	-	0,125	-	-	-	-
Harga (\$)	34,490.6	16,216.0	41,914.3	41,914.3	16,216.0	14,370.6

### 3. Spesifikasi Tangki Utilitas

**Tabel 5. 13 Spesifikasi Tangki Utilitas**

Spesifikasi Umum						
Nama alat	Tnagki larutan alum atau tawas	Tangki klorinasi	Tangki kaporit	Tangki air bersih	Tangki air bersih	Tangki NaCl
Kode	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04	TU-05	TU-06

Spesifikasi Umum						
Nama alat	Tnagki larutan alum atau tawas	Tangki klorinasi	Tangki kaporit	Tangki air bersih	Tangki air bersih	Tangki NaCl
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5%	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung kebutuhan kaporit yang akan dimasukkan ke dalam tangki klorinasi (TU-02)	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	Menampung air untuk keperluan layanan umum	Menampung larutan NaCl yang akan digunakan untuk regenerasi <i>kation exchanger</i>
Jenis	Silinder tegak	Silinder tegak berpengaduk	Silinder tegak	Silinder tegak	Silinder tegak	Silinder tegak
Bahan	<i>High alloy steel</i>	<i>High alloy steel</i>	<i>High alloy steel</i>	<i>High alloy steel</i>	<i>High alloy steel</i>	<i>High alloy steel</i>
Volume (m <sup>3</sup> )	4,045	5,633	0,0149	162,220	7,200	4,587
Waktu tinggal	2 minggu	1 jam	1 bulan	1 hari	1 hari	1 hari
Dimensi						
Tinggi (m)	2,100	2,050	0,267	2,093	2,093	1,703
Diameter (m)	1,050	2,050	0,267	2,093	2,093	1,703
Harga (\$)	2,754.4	7,664.3	11,257.0	7,664.3	7,664.3	6,466.8

**Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)**

<b>Spesifikasi Umum</b>			
Nama alat	Tangki NaOH	Tangki Air Bebas Mineral	Tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
Kode	TU-07	TU-08	TU-09
Fungsi	Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi <i>anion exchanger</i>	Menampung air untuk unit proses	Menampung larutan N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
Jenis	Silinder tegak	Silinder tegak	Silinder tegak
Bahan	<i>High alloy steel</i>	<i>High alloy steel</i>	<i>High alloy steel</i>
Volume (m <sup>3</sup> )	2,321	22,047	22,410

<b>Spesifikasi Umum</b>			
Nama alat	Tangki NaOH	Tangki Air Bebas Mineral	Tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
Waktu tinggal	1 hari	1 jam	4 bulan
<b>Dimensi</b>			
Tinggi (m)	1,357	2,874	2,889
Diameter (m)	1,357	2,874	2,889
Harga (\$)	6,466.8	6,466.8	2,874.1

4. Spesifikasi *Cooling tower***Tabel 5. 15 Spesifikasi *Cooling tower***

<b>Spesifikasi Umum</b>	
Nama alat	<i>Cooling tower</i>
Kode	CT-01
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Jenis	<i>Induced draft cooling tower</i>
<b>Dimensi</b>	
Panjang (m)	0,982
Lebar (m)	0,982
Tinggi (m)	3,572
Jumlah	1
Harga	18,892

5. Spesifikasi *Blower Cooling tower***Tabel 5. 16 Spesifikasi *Blower Cooling tower***

<b>Spesifikasi Umum</b>	
Nama alat	<i>Blower Cooling tower</i>
Kode	BL-01
Fungsi	Menghembuskan udara menuju <i>cooling tower</i>
<b>Dimensi</b>	
Kebutuhan udara (m <sup>3</sup> /jam)	49.956
Power (Hp)	10
Efisiensi (%)	80

<b>Spesifikasi Umum</b>	
Nama alat	<i>Blower Cooling tower</i>
Bahan	<i>High alloy steel SA-285 Grade C</i>
Jumlah	1
Harga (\$)	109,120.8

6. Spesifikasi *Mixed Bed*

**Tabel 5. 17 Spesifikasi Mixed Bed**

<b>Spesifikasi Umum</b>	
Nama alat	<i>Mixed Bed</i>
Kode	MB-01
Fungsi	Menurunkan kesadahan air umpan <i>boiler</i> yang disebabkan oleh kation-kation seperti Ca dan Mg dan anion-anion seperti Cl, SO <sub>4</sub> , dan NO <sub>3</sub>
Jenis	Tangki silinder tegak
Resin	Zeolit
Dimensi	
Diameter (m)	1,272
Tinggi (m)	0,762
Volume (m <sup>3</sup> )	1,145
Tebal (in)	0,1875
Jumlah	1
Harga (\$)	19,640

7. Spesifikasi *Deaerator*Tabel 5. 18 Spesifikasi *Deaerator*

Spesifikasi Umum	
Nama alat	<i>Deaerator</i>
Kode	DE-01
Fungsi	Menghilangkan gas CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> yang terkandung dalam <i>feed water</i> yang dapat menyebabkan korosi pada <i>Boiler</i> (BO-01)
Jenis	Tangki silinder tegak
Dimensi	
Diameter (m)	2,874
Tinggi (m)	2,874
Volume (m <sup>3</sup> )	22,048
Jumlah	1
Harga (\$)	5,987.8

a. Spesifikasi Pompa Utilitas

**Tabel 5. 19 Spesifikasi Pompa Utilitas**

Spesifikasi	Pompa Utilitas						
Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05	PU-06	PU-07
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai ke <i>screening</i>	Mengalirkan air dari <i>screening</i> (FU-01) ke Bak Pengendapan Awal (BU-01)	Mengalirkan air dari BU-01 menuju Bak Penggumpalan (BU-02)	Mengalirkan larutan alum 5% dari Tangki Larutan Alum (TU-01) ke BU-02	Mengalirkan air dari BU-02 ke Bak Pengendap I (BU-03)	Mengalirkan air dari BU-03 ke Bak Pengendap II (BU-04)	Mengalirkan air dari BU-04 ke <i>Sand Filter</i> (FU-02)
Kapasitas (gpm)	579,040	304,758	289,520	0,021	289,520	275,044	261,292
Kondisi operasi							
<i>Pump head</i> (m)	147,061	52,095	48,850	5,984	49,555	45,694	32,896
Suhu fluida (°C)	30	30	30	30	30	30	30



Spesifikasi	Pompa Utilitas						
Kode	PU-08	PU-09	PU-10	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14
Fungsi	Mengalirkan air dari FU-02 ke Bak Penampung Sementara (BU-05)	Mengalirkan air dari BU-05 ke area kebutuhan air	Mengalirkan dari Tangki Kaporit (TU-03) ke Tangki Klorinasi (TU-02)	Mengalirkan air dari TU-02 ke Tangki Air Bersih (TU-04)	Mengalirkan air dari TU-04 ke area domestik	Mengalirkan air dari Tangki Air Servis (TU-05) ke area kebutuhan air <i>service</i>	Mengalirkan air dari Bak Air Dingin (BU-06) ke <i>cooling tower</i> (CT-01)
Kondisi operasi							
Kapasitas (gpm)	248,227	248,227	0,0002	29,112	29,112	1,292	150,443
<i>Pump head</i> (m)	33,537	33,537	4,599	22,746	22,746	21,848	279,571
Suhu fluida (°C)	30	30	30	30	30	30	30
Jenis pompa	<i>Centrifugal single stage</i>	<i>Centrifugal single stage</i>	<i>Centrifugal single stage</i>	<i>Centrifugal single stage</i>	<i>Centrifugal single stage</i>	<i>Centrifugal single stage</i>	<i>Centrifugal single stage</i>
Efisiensi	80	80	80	80	50	80	87

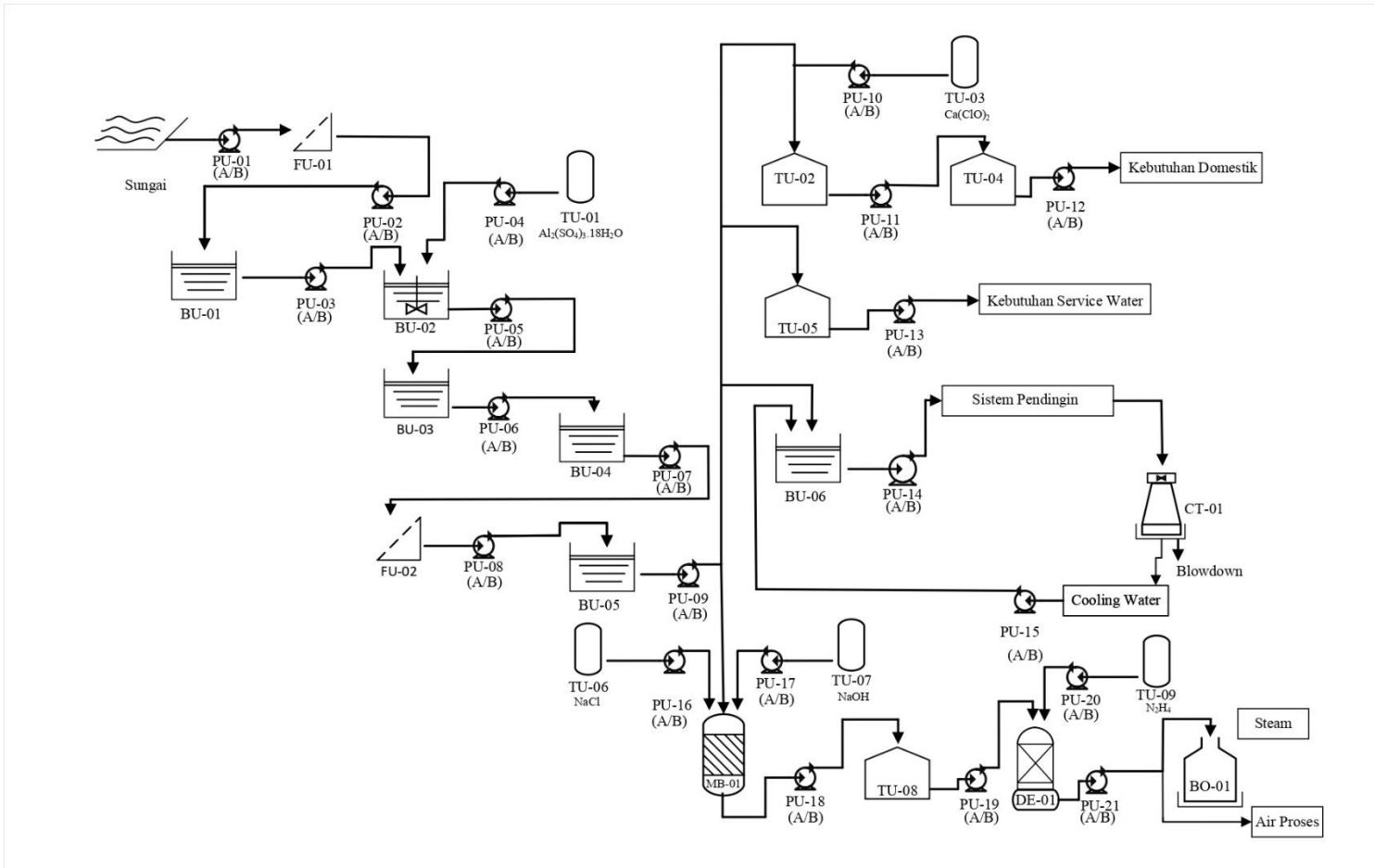
Spesifikasi	Pompa Utilitas						
Kode	PU-08	PU-09	PU-10	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14
pompa (%)							
Daya motor (hP)	20	20	0,05	1,5	1,5	0,05	150
Jumlah	1	1	1	1	1	1	1
<i>Material construction</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
Harga (\$)	9,580.4	9,580.4	9,580.4	9,580.4	9,580.4	9,580.4	9,580.4

**Tabel 5. 20 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)**

Spesifikasi	Pompa Utilitas						
Kode	PU-15	PU-16	PU-17	PU-18	PU-19	PU-20	PU-21
Fungsi	Mengalirkan air dingin dari	Mengalirkan	Mengalirkan	Mengalirkan air dari <i>Mixed</i>	Mengalirkan air dari Tangki	Mengalirkan larutan	Mengalirkan air dari

Spesifikasi	Pompa Utilitas						
Kode	PU-15	PU-16	PU-17	PU-18	PU-19	PU-20	PU-21
	alat proses ke Bak Air Dingin (BU-06) (proses <i>recycle</i> )	air dari Tangki penampung NaCl (TU-06) menuju ke <i>mixed bed</i> (MB-01)	air dari Tangki penampung NaOH (TU-07) menuju ke <i>mixed bed</i> (MB-01)	<i>bed</i> (MB-01) menuju tangki air demineralisasi	air Demineralisasi menuju Tangki Deaerator (DE-01)	Hydrazine dari Tangki N2H4 (T-09) menuju Tangki Deaerator (DE-01)	Deaerator (DE-01) menuju <i>Boiler</i> (BO-01)
Kondisi Operasi							
Kapasitas (gpm)	200,01	0,401	0,100	80,229	80,229	80,229	80,229
<i>Pump head</i> (m)	491,936	4,678	3,262	19,992	9,054	9,086	9,054
Suhu fluida (°C)	30	30	30	30	30	30	30
Jenis pompa	<i>Centrifugal single stage</i>	<i>Centrifugal single stage</i>	<i>Centrifugal single stage</i>	<i>Centrifugal single stage</i>	<i>Centrifugal single stage</i>	<i>Centrifugal single stage</i>	<i>Centrifugal single stage</i>
Efisiensi	75	40	40	62	62	62	62





Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas

## **BAB VI**

### **EVALUASI EKONOMI**

Evaluasi ekonomi merupakan aspek yang penting untuk mengetahui keuntungan atau kerugian dalam mendirikan pabrik. Adanya evaluasi ekonomi dapat memperkirakan modal investasi untuk mendirikan pabrik. Selain itu dapat mempertimbangkan kelayakan dari suatu pabrik untuk didirikan. Adapun hal yang dapat ditinjau dalam menghitung evaluasi ekonomi untuk mendirikan pabrik propilen glikol dari propilen oksida dan air antara lain:

1. Modal (*Capital Investment*)
  - a. Investasi modal tetap (*Fixed Capital Cost*)
  - b. Investasi modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
  - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
  - b. Biaya produksi tidak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
  - c. Biaya tetap produksi (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran Umum (*General Cost*)
4. Analisis Kelayakan Ekonomi
  - a. *Percent Return on Investment* (ROI)
  - b. *Pay Out Time* (POT)
  - c. *Break Event Point* (BEP)
  - d. *Shut Down Point* (SDP)

e. *Discounted Cash Flow* (DCF)

### 6.1 Perkiraan Harga Alat

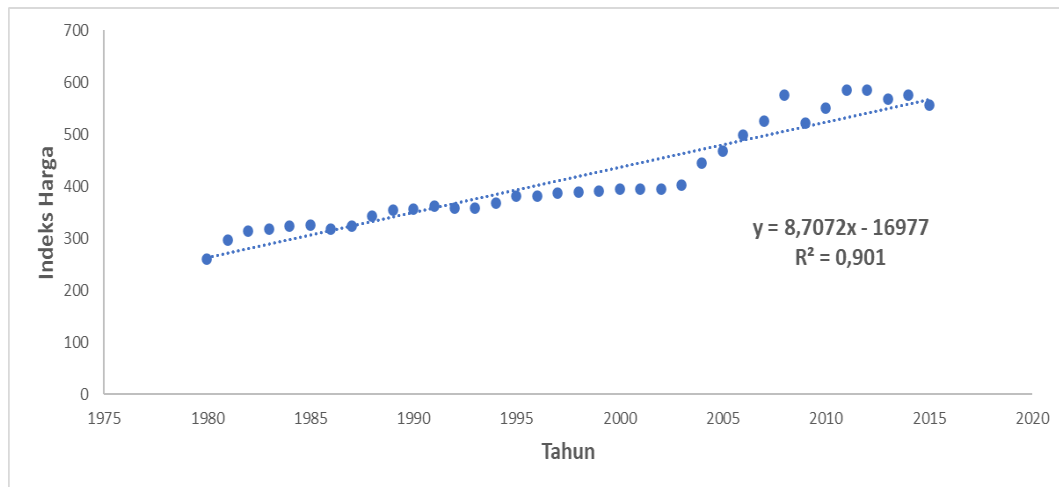
Pada perhitungan evaluasi ekonomi harga alat diperhitungkan pada tahun analisa. Harga untuk tahun analisa diperlukan *index* dari tahun analisa. Dimana peralatan untuk mendirikan pabrik propilen glikol dari propilen oksida dan air dianalisis tahun 2029. Berikut indeks harga yang biasa digunakan bidang teknik kimia sebagai *Chemical Engineering Plant Cost Index* (chemengonline.com) pada tabel 6.1.

**Tabel 6. 1 Harga Alat Tahun 1980-2015**

No	Tahun (x)	Indeks (y)
1	1980	261
2	1981	297
3	1982	314
4	1983	317
5	1984	323
6	1985	325
7	1986	318
8	1987	324
9	1988	343
10	1989	355
11	1990	356
12	1991	361
13	1992	358
14	1993	359

<b>No</b>	<b>Tahun (x)</b>	<b>Indeks (y)</b>
15	1994	368
16	1995	381
17	1996	382
18	1997	387
19	1998	390
20	1999	391
21	2000	394
22	2001	394
23	2002	396
24	2003	402
25	2004	444
26	2005	468
27	2006	500
28	2007	525
29	2008	575
30	2009	522
31	2010	551
32	2011	586
33	2012	585
34	2013	567
35	2014	576
36	2015	557

Dalam analisis ini digunakan indeks dengan rentang tahun 1980-2015, kemudian dilakukan analisis menggunakan persamaan regresi linear. Berikut grafik yang menggambarkan korelasi perkiraan tahun dan indeks harga.



**Gambar 6. 1 Hubungan Tahun dan Indeks Harga**

Berdasarkan gambar 6.1 persamaan regresi linear yang diperoleh berbunyi  $y = 8,7072 x - 16977$ . Dari persamaan regresi linear tersebut maka nilai CEPCI pada tahun 2014 yaitu 576 dan nilai CEPCI pada tahun 2029 yaitu 690.

Dalam memproyeksi harga alat terdapat dua metode pendekatan yaitu harga peralatan yang digunakan untuk mendirikan pabrik bisa dihitung berdasarkan nilai harga dari tahun referensi menggunakan rasio indeks harga yang sesuai (Aries & Newton, 1955).

$$E_x = \frac{N_x}{N_y} \dots\dots\dots (17)$$

Dimana:

Ex: harga tahun pembelian

Ey: harga tahun referensi

Nx: indeks harga pada tahun pembelian

Ny: indeks harga pada tahun referensi

**Tabel 6.1 Harga Alat Proses**

No	Nama Alat	Kode Alat	NY	NX	EY	Ex
			2014	2014	2014	2029
1	Tangki Propilen Oksida (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O)	T-01	576,1	689,9	\$ 123,900	\$ 148,376.5
2	Tangki metanol	T-02	576,1	689,9	\$ 123,900	\$ 148,376.5
3	Tangki Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	T-03	576,1	689,9	\$ 123,900	\$ 148,376.5
4	Tangki Reaktor	T-04	576,1	689,9	\$ 64,700.0	\$ 197,236.6
5	Tangki Propilen Glikol (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> )	T-05	576,1	689,9	\$ 157,400.0	\$ 188,494.4
6	Tangki UPL 1	T-UPL (1)	576,1	689,9	\$ 123,900	\$ 148,376.5
7	Tangki UPL 2	T-UPL (2)	576,1	689,9	\$ 123,900	\$ 148,376.5
8	<i>Mixer 1</i>	(M-01)	576,1	689,9	\$ 179,000.0	\$ 214,361.5
9	<i>Mixer 2</i>	(M-02)	576,1	689,9	\$ 1,000.0	\$ 1,197.6
10	Reaktor 1	R (01)	576,1	689,9	\$ 76,000.0	\$ 91,013.8

No	Nama Alat	Kode Alat	NY	NX	EY	Ex
			2014	2014	2014	2029
11	Reaktor 2	R (02)	576,1	689,9	\$ 76,000.0	\$ 91,013.8
12	Reaktor 3	R (03)	576,1	689,9	\$ 76,000.0	\$ 91,013.8
13	Netralizer	N-01	576,1	689,9	\$ 54,000.0	\$ 64,667.7
14	Menara Distilasi	MD-01	576,1	689,9	\$ 250,000	\$ 299,387.6
15	<i>Condensor 1</i>	CD-01	576,1	689,9	\$ 132,000	\$ 158,076.7
16	<i>Accumulator</i>	ACC-01	576,1	689,9	\$ 7,000	\$ 8,382.9
17	<i>Reboiler 1</i>	RB-01	576,1	689,9	\$ 56,000.0	\$ 67,062.8
18	Menara Distilasi 2	MD-02	576,1	689,9	\$ 250,000	\$ 299,387.6
19	<i>Condensor 2</i>	CD-02	576,1	689,9	\$ 132,000	\$ 158,076.7
20	<i>Accumulator 2</i>	ACC-02	576,1	689,9	\$ 7,000	\$ 8,382.9
21	<i>Reboiler 2</i>	RB-02	576,1	689,9	\$ 56,000.00	\$ 67,062.8
22	<i>Shell and Tube Heater</i>	HE-01	576,1	689,9	\$ 46,000.0	\$ 55,087.3
23	<i>Shell and Tube Heater</i>	HE-02	576,1	689,9	\$ 46,000.0	\$ 55,087.3

No	Nama Alat	Kode Alat	NY	NX	EY	Ex
			2014	2014	2014	2029
24	<i>Double Pipe Cooler</i>	CL-01	576,1	689,9	\$ 8,000	\$ 9,580.4
25	<i>Double Pipe Cooler</i>	CL-02	576,1	689,9	\$ 8,000	\$ 9,580.4
26	<i>Shell and Tube Cooler</i>	CL-05	576,1	689,9	\$ 8,000	\$ 9,580.4
27	<i>Centrifugal Pump</i>	P-01	576,1	689,9	\$ 8,000	\$ 9,580.4
28	<i>Centrifugal Pump</i>	P-02	576,1	689,9	\$ 8,000	\$ 9,580.4
29	<i>Centrifugal Pump</i>	P-03	576,1	689,9	\$ 8,000	\$ 9,580.4
30	<i>Centrifugal Pump</i>	P-04	576,1	689,9	\$ 8,000	\$ 9,580.4
31	<i>Centrifugal Pump</i>	P-05	576,1	689,9	\$ 8,000	\$ 9,580.4
32	<i>Centrifugal Pump</i>	P-06	576,1	689,9	\$ 8,000	\$ 9,580.4
33	<i>Centrifugal Pump</i>	P-07	576,1	689,9	\$ 8,000	\$ 9,580.4
34	<i>Centrifugal Pump</i>	P-08	576,1	689,9	\$ 8,000	\$ 9,580.4
35	<i>Centrifugal Pump</i>	P-09	576,1	689,9	\$ 8,000	\$ 9,580.4
36	<i>Centrifugal Pump</i>	P-10	576,1	689,9	\$ 8,000	\$ 9,580.4

No	Nama Alat	Kode Alat	NY	NX	EY	Ex
			2014	2014	2014	2029
37	<i>Centrifugal Pump</i>	P-11	576,1	689,9	\$ 8,000	\$ 9,580.4
38	<i>Valve</i>	V-01	576,1	689,9	\$ 17,900	\$ 21,436.2
39	<i>Valve</i>	V-02	576,1	689,9	\$ 17,900	\$ 21,436.2
40	<i>Silo -1</i>	S-01	576,1	689,9	\$ 90,000	\$ 107,779.5
41	<i>Screw Conveyor 1</i>	SC-01	576,1	689,9	\$ 10,000	\$ 11,975.5
42	<i>Screw Conveyor 2</i>	SC-02	576,1	689,9	\$ 10,000	\$ 11,975.5
43	<i>Bucket Elevator 1</i>	BE -01	576,1	689,9	\$ 17,900	\$ 21,436.2
44	<i>Bucket Elevator 2</i>	BE -02	576,1	689,9	\$ 17,900	\$ 21,436.2
Total					\$ 3,002,000	\$ 3,595,046

**Tabel 6. 2 Harga Alat Utilitas**

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2014	2029	2014	2029
1	Bak Pengendap	BU-01	1	576,1	689,9	\$28,801	\$ 34,490.6
2	Bak Penggumpal	BU-02	1	576,1	689,9	\$13,541	\$ 16,216.0
3	Bak Pengendapan I	BU-03	1	576,1	689,9	\$35,000	\$ 41,914.3
4	Bak Pengendapan II	BU-04	1	576,1	689,9	\$35,000	\$ 41,914.3
5	<i>Sand Filter</i>	FU-02	1	576,1	689,9	\$2,722	\$ 3,259.7
6	Bak Penampung Sementara	BU-05	1	576,1	689,9	\$13,541	\$ 16,216.0
7	Bak Air Pendingin	BU-06	1	576,1	689,9	\$12,000	\$ 14,370.6
8	Tangki Alum	TU-01	1	576,1	689,9	\$2,300	\$ 2,754.4
9	Tangki Klorinasi	TU-02	1	576,1	689,9	\$6,400	\$ 7,664.3
10	Tangki Kaporit	TU-03	1	576,1	689,9	\$9,400	\$ 11,257.0

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2014	2029	2014	2029
11	Tangki Air Bersih	TU-04	1	576,1	689,9	\$6,400	\$ 7,664.3
12	Tangki NaCl	TU-05	1	576,1	689,9	\$5,400	\$ 6,466.8
13	Tangki NaOH	TU-06	1	576,1	689,9	\$5,400	\$ 6,466.8
14	Tangki Air Demin	TU-07	1	576,1	689,9	\$10,400	\$ 12,454.5
15	Tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	TU-08	1	576,1	689,9	\$2400	\$ 2,874.1
16	Tangki Air <i>Service</i>	TU-09	1	576,1	689,9	\$2,400	\$ 2,874.1
17	Bak Penampung	BPG	1	576,1	689,9	\$13,800	\$ 16,526.2
18	<i>Mixed Bed</i>	MB-01	1	576,1	689,9	\$16,400	\$ 19,639.8
19	Dearator	DE-01	1	576,1	689,9	\$5,000	\$ 5,987.8
20	Tangki <i>Feed Boiler</i>	TFB	1	576,1	689,9	\$6,714	\$ 8,040.4
21	<i>Boiler</i>	BO-01	1	576,1	689,9	\$20,000	\$ 23,951.0
22	<i>Screening</i>	FU-01	1	576,1	689,9	\$8,776	\$ 10,509.7
23	<i>Coolingtower</i>	CT-01	1	576,1	689,9	\$91,120	\$ 109,120.8

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2014	2029	2014	2029
24	Kompresor	C-01	1	576,1	689,9	\$2,000	\$ 2,395.1
25	Pompa	PU-01	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
26	Pompa	PU-02	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
27	Pompa	PU-03	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
28	Pompa	PU-04	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
29	Pompa	PU-05	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
30	Pompa	PU-06	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
31	Pompa	PU-07	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
32	Pompa	PU-08	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
33	Pompa	PU-09	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
34	Pompa	PU-10	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
35	Pompa	PU-11	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
36	Pompa	PU-12	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2014	2029	2014	2029
37	Pompa	PU-13	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
38	Pompa	PU-14	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
39	Pompa	PU-15	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
40	Pompa	PU-16	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
41	Pompa	PU-17	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
42	Pompa	PU-18	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
43	Pompa	PU-19	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
44	Pompa	PU-20	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
44	Pompa	PU-21	2	576,1	689,9	\$4,000	\$ 9,580.4
45	<i>Silica Gel</i>	TU	1	576,1	689,9	\$2,400	\$2,874
Total							\$ 655,648.0

## 6.2 Dasar Perhitungan

Dasar perhitungan dalam analisa ekonomi untuk mendirikan pabrik propilen glikol dari propilen oksida dan air yaitu:

1. Kapasitas produksi: 21.000 ton/tahun
2. Waktu operasi dalam setahun: 330 hari
3. Umur alat: 10 tahun
4. Tahun pabrik didirikan: 2029
5. Nilai kurs mata uang: 1 US\$ = Rp 16.486 (Juni 2024)

## 6.3 Komponen Biaya

### 6.3.1 Modal (*Capital Investment*)

*Capital investment* atau modal merupakan total biaya yang digunakan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pada pabrik beserta sarana-sarana lainnya dalam mengoperasikan suatu pabrik (Peters & Timmerhaus, 1991). *Capital investment* meliputi *Fixed Capital Investment* dan *Working Capital Investment*.

#### 1. *Fixed Capital Investment*

*Fixed Capital Investment* biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

**Tabel 6.3 Physical Plant Cost (PPC)**

<b>No</b>	<b>Type of Capital Investment</b>	<b>Biaya (Rp)</b>	<b>Biaya (\$)</b>
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp70.076.948.810,75	\$4,250,694.46
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp17.519.237.202,69	\$1,062,673.61
3	<i>Instalasi cost</i>	Rp13.998.540.009,32	\$894,116.83
4	Pemipaan	Rp35.713.658.963,55	\$2,166,302.25
5	Instrumentasi	Rp17.997.856.897,11	\$1,091,705.50
6	Insulasi	Rp3.085.132.783,09	\$187,136.53
7	Listrik	Rp7.007.694.881,08	\$425,069.45
8	Bangunan	Rp51.728.000.000,00	\$3,137,692.59
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	Rp54.819.600.000,00	\$3,325,221.40
Total		Rp217.946.669.547,59	\$16,495,612.61

**Tabel 6.4 Direct Plant Cost (DPC)**

<b>No</b>	<b>Type of Capital Investment</b>	<b>Biaya (Rp)</b>	<b>Biaya (\$)</b>
1	<i>Engineering and Construction</i>	Rp54.386.333.909,52	\$3,299,122.52
2	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp326.336.003.457,11	\$19,794,735.14
Total		Rp380.725.337.336,62	\$23,093,857.66

**Tabel 6. 5 Fixed Capital Investment (FCI)**

No	<i>Fixed Capital Investment</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp326.336.003.457,11	\$ 19,794,735.14
2	<i>Contractor's fee</i>	Rp16.316.800.172,86	\$ 989,736.76
3	<i>Contingency</i>	Rp81.584.000.864,28	\$ 4,948,638.78
Total		Rp424.236.804.494,24	\$ 25,733,155.68

## 2. *Working Capital Investment*

*Working Capital Investment* biaya digunakan sebagai modal untuk menjalankan suatu usaha dan menjalankan operasi dari suatu pabrik hingga kurun waktu tertentu. Sumber-sumber dana yang digunakan dalam proses pendirian pabrik antara lain pinjaman dari lembaga perbankan, menggunakan dana pribadi, sera modal yang diberikan dari investor.

**Tabel 6.6 Working Capital (WC)**

No	<i>Time of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw material inventory</i>	Rp 19.208.520.539,65	\$ 1,165,141.36
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp40.624.110.544,98	\$2,464,158.11
3	<i>Product inventory</i>	Rp174.103.330.907,06	\$ 10,560,677.60
4	<i>Extended Credit</i>	Rp70.290.309.090,06	\$ 4,263,636.36
5	<i>Available Cash</i>	Rp 174.103.330.907,06	\$ 10,560,677.60
Total		Rp478.329.601.989,67	\$ 29,014,291.03

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

Biaya produksi (*Manufacturing Cost*) biaya yang digunakan untuk memproduksi produk-produk dari suatu pabrik. *Manufacturing cost* terdiri dari *direct*, *indirect* dan *fixed manufacturing cost*.

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

*Direct Manufacturing Cost* biaya pengeluaran yang digunakan untuk operasional pabrik.

**Tabel 6.7 *Direct Manufacturing Cost* (DMC)**

No	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw material</i>	Rp452.772.269.863,18	\$27,464,046.46
2	<i>Labor</i>	Rp18.540.000.000,00	\$1,124,590.56
3	<i>Supervision</i>	Rp1.854.800.000,00	\$112,459.06
4	<i>Maintenance</i>	Rp25.454.208.269,65	\$1,543,989.34
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp3.818.131.240,45	\$231,598.40
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp23.195.802.000,00	\$1,407,000.00
7	<i>Utilities</i>	Rp1.217.194.538.154,00	\$73,832,011.29
Total		Rp1.742.99.353.632,97	\$105,715,695.11

2. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

*Indirect Manufacturing Cost (IMC)* biaya pengeluaran yang tidak berhubungan langsung dengan operasional pabrik.

**Tabel 6.8 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)***

<b>No</b>	<b><i>Time of Expenses</i></b>	<b>Biaya (Rp)</b>	<b>Biaya (\$)</b>
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp2.781.000.000,00	\$168,688.58
2	<i>Laboratory</i>	Rp1.854.000.000,00	\$112,459.06
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp9.270.000.000,00	\$562,295.28
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp115.979.010.000,00	\$7,035,000.00
Total		Rp129.884.010.000,00	\$7,878,442.92

3. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

*Fixed Manufacturing Cost* biaya pengeluaran yang berkaitan dengan initial *fixed capital investment*. Biaya ini dapat dikeluarkan tanpa melihat apakah pabrik sedang beroperasi atau tidak. Oleh karena itu, biaya ini merupakan biaya yang konstan sepanjang waktu serta tidak dipengaruhi waktu maupun tingkat produksi.

**Tabel 6.9 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)***

<b>No</b>	<b><i>Type of Expense</i></b>	<b>Biaya (Rp)</b>	<b>Biaya (\$)</b>
1	<i>Depreciation</i>	Rp33.938.944.359,54	\$2,058,652.45
2	<i>Property Taxes</i>	Rp4.242.368.044,94	\$257,331.56
3	<i>Insurance</i>	Rp4.242.368.044,94	\$257,331.56
Total		Rp42.423.680.449,42	\$2,573,315.57

**Tabel 6.10 Manufacturing Cost (MC)**

<b>No</b>	<b>Type of Expense</b>	<b>Biaya (Rp)</b>	<b>Biaya (\$)</b>
1	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	Rp1.742.828.949.528,26	\$105,715,695.11
2	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	Rp129.884.010.000,00	\$7,878,442.92
3	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	Rp42.423.680.449,42	\$2,573,315.57
Total		Rp1.915.136.639.977,69	\$116,167,453.60

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

*General expense* atau pengeluaran umum termasuk biaya yang digunakan untuk menjalankan fungsi-fungsi pada perusahaan yang tidak termasuk dalam *manufacturing cost*.

**Tabel 6.11 General Expense (GE)**

<b>No</b>	<b>Type of Expense</b>	<b>Biaya (Rp)</b>	<b>Biaya (\$)</b>
1	<i>Administrations</i>	Rp57.454.099.193,33	\$3,485,023.61
2	<i>Sales expense</i>	Rp95.756.831.998,88	\$5,808,372.68
3	<i>Research</i>	Rp67.029.782.399,22	\$4,065,860.88
4	<i>Finance</i>	Rp18.051.328.129,68	\$1,094,948.93
Total		Rp238.292.041.727,11	\$14,454,206.10

**Tabel 6.12 Total Production Cost (TPC)**

No	Type of Expense	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Manufacturing Cost (MC)	Rp1.915.136.639.977,69	\$116,167,453.60
2	General Expense (GE)	Rp238.292.041.727,11	\$14,454,206.10
Total		Rp2.153.428.681.704,80	\$130,621,659.69

## 6.4 Analisa Keuntungan

### 6.4.1 Keuntungan Sebelum Pajak

$$\begin{aligned}
 \text{Total penjualan (Sa)} &= \text{Rp } 2.319.580.200.000,00 \\
 \text{Total biaya produksi} &= \text{Rp } 2.153.428.681.704,80 \\
 \text{Keuntungan sebelum pajak} &= \text{Total penjualan} - \text{Total biaya produksi} \\
 &= \text{Rp } 166.151.518.295
 \end{aligned}$$

### 6.4.2 Keuntungan Sesudah Pajak

Menurut Pasal 17 ayat (1) bagian b UU Nomor 36 Tahun 2008 tentang PPh didapatkan besar pajak sejumlah 25%.

$$\begin{aligned}
 \text{Besar pajak} &= 25 \% \times \text{Rp } 166.151.518.295,20 \\
 &= \text{Rp } 41.537.879.573 \\
 \text{Keuntungan} &= \text{Keuntungan sebelum pajak} - \text{Besar Pajak} \\
 &= \text{Rp } 124.613.638.721
 \end{aligned}$$

## 6.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan dilakukan untuk menilai apakah laba yang diperoleh signifikan dan menentukan apakah pabrik bersifat potensial. Adapun metode yang digunakan pada analisa kelayakan yaitu:

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

*Return on Investment* (ROI) taraf keuntungan yang didapatkan setiap tahunnya dari investasi yang dikeluarkan pabrik. Pabrik resiko rendah memiliki hasil ROI sebelum pajak sebesar 11%, sedangkan pabrik yang memiliki resiko tinggi memiliki ROI minimum sebelum pajak sebesar 44%.

$$\%ROI = \left( \frac{\text{profit}}{\text{Fixed Capital Investment}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (18)$$

1. ROI sebelum pajak (ROI b)

$$ROI\ b = 20\%$$

2. ROI sesudah pajak (ROI a)

$$ROI\ a = 15\%$$

### 6.5.2 *Pay Out Time* (POT)

Pay out time lama waktu pengembalian modal dari keuntungan yang dicapai. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia pada resiko rendah maksimal adalah 5 tahun, sedangkan syarat POT sebelum pajak pada pabrik kimia dengan resiko tinggi maksimal 2 tahun.

$$\%POT = \left( \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{profit+depresiasi}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (19)$$

1. POT sebelum pajak (POT b)

$$POT\ b = 3,57\ \text{tahun}$$

2. POT sesudah pajak (POT a)

$$POT\ a = 4,35\ \text{tahun}$$

### 6.5.3 Break Even Point (BEP)

*Break Even Point* merupakan nilai yang menunjukkan total biaya sama dengan total pendapatan. BEP biasanya disebut dengan titik impas sehingga tidak ada keuntungan atau kerugian. Nilai titik impas pada pabrik kimia umumnya berkisaran 40% - 60 %. Pabrik akan diperkirakan untung jika beroperasi di atas BEP, dan diketahui akan rugi jika beroperasi dibawah nilai BEP.

$$BEP = \left( \frac{Fa + 0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (20)$$

Dimana:

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

**Tabel 6. 13 Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa)**

No	Type of Expense	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Depresiasi	Rp33.938.944.359,54	\$2,058.652.45
2	Property Taxes	Rp4.242.368.044,94	\$257,331.56
3	Asuransi	Rp4.242.368.044,94	\$257,331.56
Total		Rp42.423.680.449,42	\$2,573,315.57

**Tabel 6. 14 Annual Regulated Expenses (Ra)**

No	Type of Expense	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Gaji karyawan	Rp18.540.000.000,00	\$1,124,590.56
2	Payroll overhead	Rp2.781.000.000,00	\$168,688.58
3	Supervision	Rp1.854.000.000,00	\$112,459.06
4	Plant overhead	Rp9.270.000.000,00	\$562,295.28
5	Laboratorium	Rp1.854.000.000,00	\$112,459.06
6	General expense	Rp238.292.041.727,11	\$14,454,206.10
7	Maintenance	Rp25.454.208.269,65	\$1,543,989.34
8	Plant supplies	Rp3.818.131.240,45	\$231,598.40
Total		Rp301.863.381.273,22	\$18,310,286.38

**Tabel 6. 15 Annual Variable Value (Va)**

<b>No</b>	<b>Type of Expense</b>	<b>Biaya (Rp)</b>	<b>Biaya (\$)</b>
1	<i>Raw material</i>	Rp452.772.269.863,18	\$27,464,046.46
2	<i>Packaging and shipping</i>	Rp115.979.010.000,00	\$7,035,000.00
3	<i>Utilities</i>	Rp1.217.194.538.154,99	\$73,832,011.29
4	<i>Royalty and patent</i>	Rp23.195.802.000,00	\$1,407,000.00
Total		Rp1.809.141.620.018,16	\$109,738,057.75

**Tabel 6. 16 Annual Sales Value (Sa)**

<b>No</b>	<b>Type of Expense</b>	<b>Biaya (Rp)</b>	<b>Biaya (\$)</b>
1	Total penjualan (Sa)	Rp 2.319.580.200.000,00	\$ 140,700.000
Total		Rp 2.319.580.200.000,00	\$ 140,700.000

Dengan menggunakan data di atas nilai BEP yang diperoleh dari pabrik propilen glikol dari propilen oksida dan air sebesar 49%

#### 6.5.4 Shut Down Point (SDP)

*Shut Down Point* merupakan titik dimana pabrik menghadapi kerugian sebesar *fixed cost* yang diharuskan pabrik tutup. Jika hasil produksi turun pada titik ini, maka pertimbangan untuk menghentikan operasional pabrik harus dipertimbangkan.

$$SDP = \left( \frac{0,3 \times Ra}{Sa - Va - (0,7 \times Ra)} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (21)$$

Dimana:

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

Dengan menggunakan data pada tabel di atas didapatkan nilai SDP dari perancangan pabrik propilen glikol dan propilen oksida dan air sebesar 31%

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

*Discounted Cash Flow Rate* merupakan perkiraan total keuntungan yang didapatkan setiap tahunnya yang didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada akhir tahun sepanjang operasional pabrik.

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

\dots\dots\dots (22)

Dimana:

FC = *Fixed capital investment*

WC = *Working capital investment*

SV = *Salvage value = Depresiasi*

CF = *Cash flow = Profit after taxes + Depresiasi + Finance*

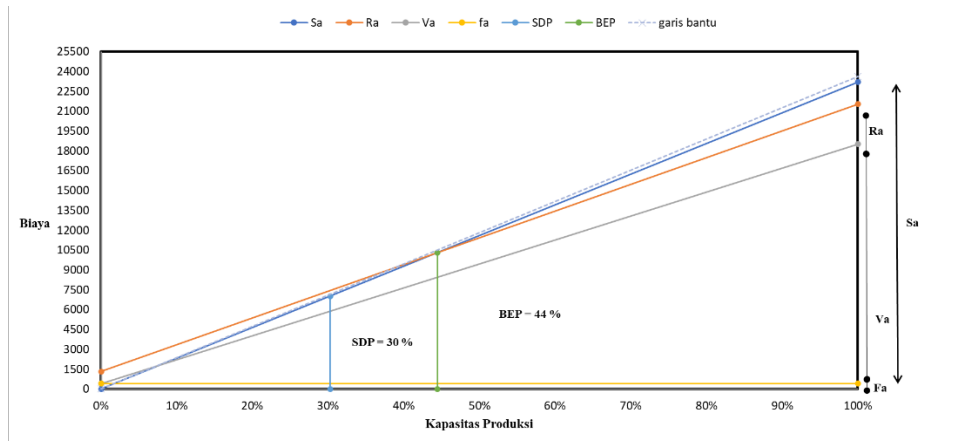
n = *Umur pabrik = 10 tahun*

i = *Nilai DCFR*

Dengan *trial error* yang digunakan untuk menghitung DCFR sebesar 20% dan asumsi bunga bank pada tahun 2029 sebesar 3,75%. Berdasarkan analisis ekonomi yang sudah diperoleh maka didapatkan grafik evaluasi ekonomi sebagai

berikut:

**Gambar 6. 2 Evaluasi Ekonomi**



## 6.6 Analisa Resiko

Analisa resiko dilakukan untuk menentukan apakah pabrik bersifat rendah atau tinggi resiko dengan mempertimbangkan kemungkinan yang terjadi kemudian mencari solusi dari setiap resiko tersebut. Adapun parameter yang digunakan pada analisa resiko yaitu:

**Tabel 6. 2 Analisa Resiko**

Parameter	<i>Low</i>	<i>High</i>
Kondisi Operasi		
T = 1 – 200 °C	✓	
P = 1 – 20 atm	✓	
Kebahayaan Bahan		
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O		✓
H <sub>2</sub> O	✓	

<b>Parameter</b>	<b><i>Low</i></b>	<b><i>High</i></b>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	✓	
CH <sub>3</sub> O	✓	
Cl <sub>2</sub>	✓	
NO <sub>3</sub>	✓	
Fe	✓	
Pb	✓	
<b>Kebahayaan Produk</b>		
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	✓	
<b>Ketersediaan Bahan</b>		
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O		✓
H <sub>2</sub> O	✓	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	✓	
CH <sub>3</sub> O	✓	
Cl <sub>2</sub>	✓	
NO <sub>3</sub>	✓	
Fe	✓	
Pb	✓	

Berdasarkan analisa resiko yang dilakukan, diketahui bahwa pabrik Propilen Glikol termasuk dalam kategori rendah resiko (*low risk*).

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan prarancangan pabrik Propilen Glikol melalui proses Hidrasi Propilen Oksida pada fase cair dan bantuan katalis Asam Sulfat dengan kapasitas 21.000 ton/tahun baik ditinjau secara teknis maupun ekonomi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pabrik Propilen Glikol direncanakan didirikan di Indonesia dengan maksud dan tujuan untuk mengurangi ketergantungan impor luar negeri, menyediakan lapangan pekerjaan, dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
2. Pabrik Propilen Glikol berbentuk Perseroan Terbatas (PT) yang didirikan di Desa Kedanyang, Kebomas, Gresik, Jawa Tengah dengan jumlah karyawan sebanyak 156 orang dan luas tanah keseluruhan sebesar 17.835 m<sup>2</sup>.
3. Pabrik Propilen Glikol tergolong dalam pabrik dengan resiko rendah dimana kondisi operasi pada suhu 25°C, tekanan 1 atm, stabilitas bahan yang dijaga dengan baik, dan tidak mudah meledak.
4. Ditinjau dari segi evaluasi ekonomi serta analisa kelayakannya, pabrik ini layak untuk didirikan dengan beberapa parameter kelayakan sebagai berikut:
  - a. *Return on Investment (ROI)*
    - 1) ROI sebelum pajak 39%
    - 2) ROI sesudah pajak 29%Syarat ROI minimum sebelum pajak untuk pabrik dengan resiko rendah adalah 11%.
  - b. *Pay Out Time (POT)*
    - 1) POT sebelum pajak 2 tahun
    - 2) POT sebelum pajak 3 tahunSyarat POT maksimum sebelum pajak untuk pabrik dengan resiko rendah adalah 5 tahun.

c. *Break Event Point (BEP)* = 44%

Nilai BEP untuk pabrik pada umumnya berada pada rentang 40% - 60%

d. *Shut Down Point (SDP)* = 30%

Nilai SDP pada umumnya berkisar lebih dari 20%.

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* = 20%

Syarat minimum DCFR adalah diatas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 kali suku bunga pinjaman bank.

Dengan pertimbangan hasil diatas, maka pabrik Propilen Glikol dari Propilen Oksida dan Air dengan kapasitas 21.000 ton/tahun dapat didirikan dari aspek dan teknis maupun ekonomi serta menarik untuk dikaji lebih lanjut.

## 7.2 Saran

Dalam melakukan perancangan suatu pabrik kimia diperlukan adanya pemahaman konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia, diantaranya sebagai berikut:

1. Optimasi dalam pemilihan alat proses, alat penunjang, dan bahan baku perlu dipertimbangkan kembali agar mampu mendapatkan keuntungan yang lebih optimal.
2. Perancangan suatu pabrik kimia tidak akan lepas dari adanya limbah yang dihasilkan, oleh karena itu seiring dengan berkembangnya teknologi diharapkan pabrik-pabrik kimia yang didirikan berbasis ramah lingkungan dan mengoptimalkan pengolahan limbah yang dihasilkan.
3. Produksi Propilen Glikol dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya kian meningkat dan sarana untuk mengurangi angka ketergantungan impor.

## DAFTAR PUSTAKA

Abbott, L. J., Parker, S., & Peters, G. F. (2004). Audit Committee Characteristics and Restatements. *A JOURNAL OF PRACTICE & THEORY*, 23(1), 69–87.  
<https://doi.org/10.2308/aud.2004.23.1.69>

Akyalcin, S. (2017). KINETIC STUDY OF THE HYDRATION OF PROPYLENE OXIDE IN THE PRESENCE OF HETEROGENEOUS CATALYST Article. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 23(4), 573–580.  
<https://doi.org/10.2298/CICEQ170203011A>

Aries, R. S., & Newton, R. D. (1955). *Chemical engineering cost estimation*. McGraw-Hill.  
<http://books.google.com/books?id=1hais9A8VfsC>

Bahnur, S. T. (2008). *Kinetika kimia : reaksi elementer*.

BPS. (2023). <https://www.bps.go.id/id/exim>

Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Process Equipment Design*.

Chan, A., & Seider, W. D. (2004). Batch Manufacture of Propylene Glycol. *Penn Engineering*, i, 1–24.

Coulson, & Richardson's. (2005). Chemical Engineering Design. In *Elsevier* (Vol. 6).

Geankoplis, C. J. (1993). *Transport Processes and Unit Operations*.

Jia, Y., Sun, Q., & Liu, H. (2020). Selective hydrogenolysis of biomass-derived sorbitol to propylene glycol and ethylene glycol on in-situ formed PdZn alloy catalysts. *Applied Catalysis A, General*, 603(July). <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2020.117770>

National Center for Biotechnology Information. (2023, July). PubChem Compound Summary for CID 1030, Propylene Glycol. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Propylene-Glycol>

Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). *PLANT DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS*.

RABELLO, C. rené klotz, GOMES, M. J., SIQUEIRA, B. G., DE MENEZES, R., HUZIWARA, W. K. B., YAMADA, T. S., DE OLIVEIRA, L. M. M., OLIVEIRA, G. de C., & CANDIDO, W. V. C. (2013). Production of Propylene Glycol From Glycerol. *EUROPEAN PATENT APPLICATION*, 2(19), 1–27.

Ulrich, G. D., & Vasudevan, P. T. (2004). *Chemical Engineering Process Design and Economics A Practical Guide, 2nd ed.* <http://elsevier.com>

Walujo, D. A., Koesdijati, T., & Utomo, Y. (2020). *Pengendalian Kualitas* (Issue 0).

Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*.

**LAMPIRAN – LAMPIRAN**

## LAMPIRAN A

### PERANCANGAN REAKTOR

Kode	:	R-01
Fungsi	:	Mereaksikan Propilen Oksidan dan Air menjadi Propilen Glikol dengan bantuan katalis Asam Sulfat
Jenis	:	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Fase	:	Cair-cair
Bahan Kontruksi	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304</i>
Kondisi Operasi	:	Suhu = 25 °C
	:	Tekanan = 1 atm
	:	<i>Isothermal</i>
Konversi	:	99%

#### A. Dasar Penentuan Jenis Reaktor

Jenis reaktor yang digunakan adalah Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Dasar pemilihan reaktor jenis reaktor tersebut antara lain:

1. Reaksi pada fase cair-cair
2. Terdapat pengaduk sehingga suhu dan komposisi reaktor selalu homogen
3. Harga relatif murah
4. Konstruksi lebih sederhana

Berdasarkan pada jurnal Batch Manufactur of Propylene Glycol milik Arthur Chan dan Warren D. Seider. menyebutkan bahwa proses reaksi propilen

oksida dan air menjadi propilen glikol dengan bantuan katalis asam sulfat berlangsung dalam Tangki Reaktor Berpengaduk.

## B. Dasar Penentuan Jumlah Reaktor Optimum

- a. Menentukan Laju Alir Volumetrik ( $F_v$ , L/jam)

$$F_v = \frac{\text{massa umpan}}{\rho \text{ campuran}}$$

$$F_v = 14,319 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$F_v = 14.319 \text{ L/jam}$$

Sehingga, didapatkan laju alir volumetrik sebesar 14.319 L/jam

- b. Menentukan Konsentrasi Reaksi

Menghitung konsentrasi mol umpan reaktan (CaO)

$$\text{CaO} = \frac{\text{mol A}}{\text{total } F_v}$$

$$\text{CaO} = 2,436 \text{ kmol/m}^3$$

- c. Menghitung Harga Konstanta Kecepatan Reaksi, asumsi:

1. Reaksi orde 1
2. Reaksi *irreversible*
3. Pengadukan sempurna, dimana konsentrasi keluar reaktor sama dengan konsentrasi di dalam reaktor

$$k = A e^{-\frac{E}{RT}}$$

A	:	4.711.000.000	$\text{sec}^{-1}$
E	:	32.400	Btu/lbmol
	:	75.362	kJ/mol

T	:	25	°C
	:	298	K
R	:	8,314	kJ/K.mol
K	:	0,0003	1/sec
	:	1,045	1/jam

d. Menentukan Volume Reaktor

$$V = \frac{F_v \times X_a}{k \times (1 - X_a)}$$

1. Jumlah 1 buah reaktor

Fv	14,319 m <sup>3</sup> /jam
k	1,045 / jam
Konversi (X <sub>a</sub> )	99%
Volume	1.357 m <sup>3</sup>

2. Jumlah 2 buah reaktor

Fv	14,319 m <sup>3</sup> /jam
k	1,045 / jam
Konversi (X <sub>1</sub> )	90%
Konversi (X <sub>2</sub> )	99%
Volume	129,62 m <sup>3</sup>

## 3. Jumlah 3 buah reaktor

Fv	14,319 m <sup>3</sup> /jam
k	1,045 / jam
Konversi (X <sub>1</sub> )	77%
Konversi (X <sub>2</sub> )	95%
Konversi (X <sub>3</sub> )	99%
Volume	58,20 m <sup>3</sup>

## 4. Jumlah 4 buah reaktor

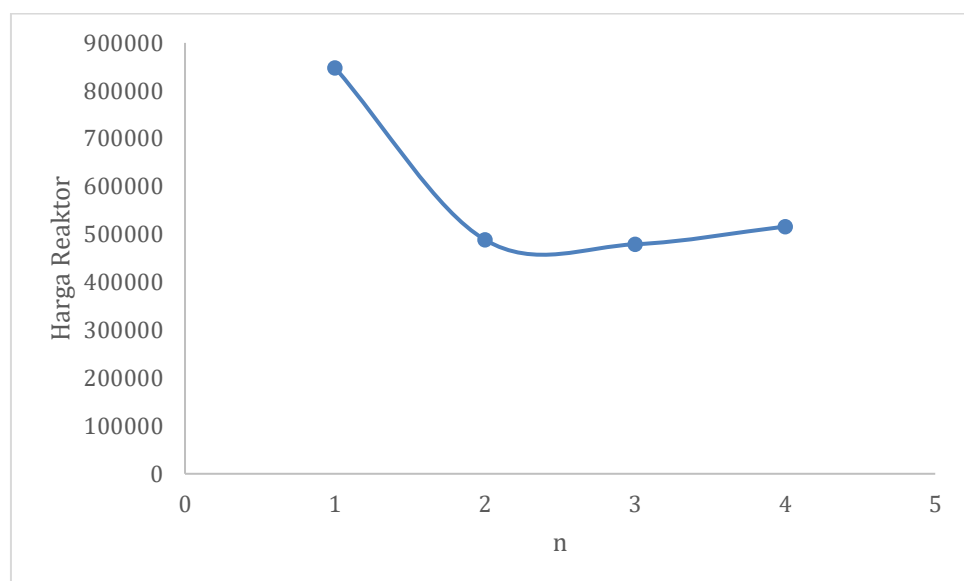
Fv	14,319 m <sup>3</sup> /jam
k	1,045 / jam
Konversi (X <sub>1</sub> )	65%
Konversi (X <sub>2</sub> )	88%
Konversi (X <sub>3</sub> )	96%
Konversi (X <sub>4</sub> )	99%
Volume	38,93 m <sup>3</sup>

## e. Menentukan Harga Reaktor

Bahan konstruksi yang dipilih yaitu *Stainless Steel*

n	V (gallon)	Harga (\$)	Harga Total (\$)
1	358.362	848.000	848.000
2	34.243	244.300	488.600
3	15.376	159.800	479.400
4	10.284	129.100	516.400

## f. Penentuan jumlah reaktor yang optimum



Berdasarkan grafik diatas, ditarik kesimpulan yaitu menggunakan tiga reaktor untuk mendapat harga perancangan reaktor yang minimum.

## C. Dasar Penentuan Konstruksi Reaktor

Bahan konstruksi yang digunakan pada perancangan reaktor yaitu *Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304*. Hal ini didasarkan pada:

1. Dilihat dari segi kekuatan, mampu menahan tekanan dan beban yang tinggi serta tahan terhadap korosi.
2. Ketersediaan bahan yang mudah didapatkan.
3. Mampu bertahan dalam kondisi operasi yang tinggi.
4. Termasuk ke dalam standar industri ASME, sehingga kualitas serta keamanan bahan terjamin

#### D. Komposisi Umpan Masuk ke Dalam Reaktor

##### 1. Reaksi Dalam Reaktor



Neraca Massa di Reaktor 1

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>				2.548
CH <sub>4</sub> O	836,104			836,104
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	2.526			580,918
H <sub>2</sub> O	5,057		14.104	13.506
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		20,216		20,216
Total	3.367	20,216	14.104	17.491

## Neraca Massa di Reaktor 2

<b>Komponen</b>	<b>Input (kg/jam)</b>	<b>Output (kg/jam)</b>
	<b>Arus 6</b>	<b>Arus 7</b>
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	2.548	3.144
CH <sub>4</sub> O	836,104	836,104
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	580,918	126,286
H <sub>2</sub> O	13.506	13.366
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20,216	20,216
Total	17.491	17.491

## Neraca Massa di Reaktor 3

<b>Komponen</b>	<b>Input (kg/jam)</b>	<b>Output (kg/jam)</b>
	<b>Arus 7</b>	<b>Arus 8</b>
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	3.144	3276,481
CH <sub>4</sub> O	836,104	836,104
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	126,286	25,257
H <sub>2</sub> O	13.366	13.333
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20,216	20,216
Total	17.491	17.491

## 3. Densitas Komponen

Persamaan yang digunakan

$$\rho = AB^{-\left(1-\frac{T}{T_c}\right)}$$

Data yang diperlukan:

Komponen	A	B	n	Tc (K)
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0,312	0,276	0,294	482,250
H <sub>2</sub> O	0,347	0,274	0,286	647,130
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,422	0,194	0,286	925,000
CH <sub>4</sub> O	0,272	0,272	0,233	512,580
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	0,318	0,261	0,205	626,000

(Yaws, 1999)

Nilai densitas yang dihasilkan:

Komponen	Densitas (g/ml)	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0,823	823,267
H <sub>2</sub> O	1,027	1027,453
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,833	1832,932
CH <sub>4</sub> O	0,787	787,244
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	1,033	1.032

#### 5. Viskositas Komponen

Persamaan yang digunakan:

$$\log_{10} n_{\eta} = A + \frac{B}{T} + C \cdot T + D \cdot T^2$$

Data yang diperlukan:

Komponen	A	B	C	D
$C_3H_6O$	-7,284	975,390	0,017	-0,00002
$H_2O$	-10,216	1792,500	0,018	-0,00001
$H_2SO_4$	-18,705	3496,200	0,033	-0,00002
$CH_4O$	-9,056	1254,200	0,022	-0,00002
$C_3H_8O_2$	-29,492	5245,600	0,058	-0,00004

Nilai viskositas yang dihasilkan:

Komponen	Viskositas Liquid (Cp)
$C_3H_6O$	0,302
$H_2O$	0,911
$H_2SO_4$	23,541
$CH_4O$	0,539
$C_3H_8O_2$	47,962

6. Laju Alir Volumetrik ( $F_v$ )

Persamaan yang digunakan:

$$F_v = \frac{\text{massa cairan}}{\rho \text{ cairan}}$$

Komponen	Jumlah massa (kg/jam)	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	Fv (m <sup>3</sup> /jam)
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	2.024	823,267	2,458
H <sub>2</sub> O	11.304	1027,453	11,002
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	16,196	1.833	0,009
CH <sub>4</sub> O	669,85	787,2	0,851
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	0	1.032,6	0
Total	14.013	25.792	14,319

**E. Merancang Dimensi Reaktor**

Reaktor yang digunakan berbentuk silinder tegak dengan asumsi kondisi *isothermal* dan *adiabatis*.

## 1. Volume reaktor

$$V = F_v \times t$$

Keterangan:

V = volume

Fv = laju alir volumetrik

T = waktu tinggal

Maka volume reaktor,

$$V = 58,20 \text{ m}^3$$

Dalam perancangan dibuat *over design* 20%, sehingga volume reaktor menjadi:

$$V_{design} = 1,2 \times 58,20 \text{ m}^3$$

$$V = 69,84 \text{ m}^3$$

## 2. Dimensi Reaktor

### a. Menghitung Diameter dan Tinggi Reaktor

Berdasarkan Tabel 3.3 buku “Process Equipment Design” milik (Brownell & Young, 1959) halaman 43 persamaan 3.1 dipilih reaktor berbentuk silinder tegak dengan perbandingan antara D : H = 1 : 2.

$$V_{shell} = V_{design}$$

$$= 69,84 \text{ m}^3$$

$$\text{Diameter}_{shell} = \left[ \frac{(4 \times V_{shell})}{\pi} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$= 4,464 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi}_{shell} = 2 \times \text{diameter}_{shell}$$

$$= 8,929 \text{ m}$$

### b. Menghitung Tinggi Cairan

$$\text{Volume}_{head} = 0,000049 \times D^3$$

$$= 0,004 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume}_{bottom} = 0,5 \times V_{head}$$

$$= 0,002 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume}_{cairan} = V_{shell} - V_{bottom}$$

$$= 69,843 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan} &= \frac{(4 \times V \text{ cairan})}{\pi \times D^2} \\ &= 4,464 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Menentukan Tekanan Design

$$\begin{aligned} P \text{ operasi} &= 1 \text{ atm} \\ &= 14,7 \text{ psi} \\ P \text{ hidrostatik} &= 6,210 \text{ psi} \\ P \text{ absolut} &= 14,7 + 6,210 \text{ psi} \\ &= 20,906 \text{ psi} \\ P \text{ design} &= 1,2 \times P \text{ absolut} \\ &= 25,087 \text{ psi} \end{aligned}$$

d. Menentukan Tebal Dinding *Shell*

Digunakan persamaan 13.1 dari buku “Process Equipment Design” milik (Brownell & Young, 1959) halaman 254.

$$t_s = \frac{Pr_i}{fE - 0,6P} + C$$

Keterangan:

$t_s$	= tebal dinding <i>shell</i>	= 0,272 in = 0,007 m
$P$	= tekanan design	= 25,087 psi
$r_i$	= jari-jari dalam <i>shell</i>	= 87,880 in
$E$	= efisiensi sambungan las	= 0,800 (tabel 13.2 Brownell and Young halaman 254)
$f$	= <i>allowable stress maximum</i>	= 18750 psi (Item 4 Brownell and Young halaman 342)

$$C = \text{korosi yang diijinkan} = 0,125 \text{ in}$$

Berdasarkan tabel 5.7 buku “Process Equipment Design” milik (Brownell & Young, 1959) halaman 90:

$$ts \text{ standar} = \frac{5}{16} \text{ in}$$

$$ID \text{ shell} = 175,761 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} OD \text{ shell} &= ID \text{ shell} + 2ts \\ &= 176,305 \text{ in} \end{aligned}$$

$$OD \text{ standar} = 180 \text{ in}$$

$$icr = 11$$

$$r = 170 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} ID \text{ standar} &= OD - 2ts \\ &= 179,375 \text{ in} \end{aligned}$$

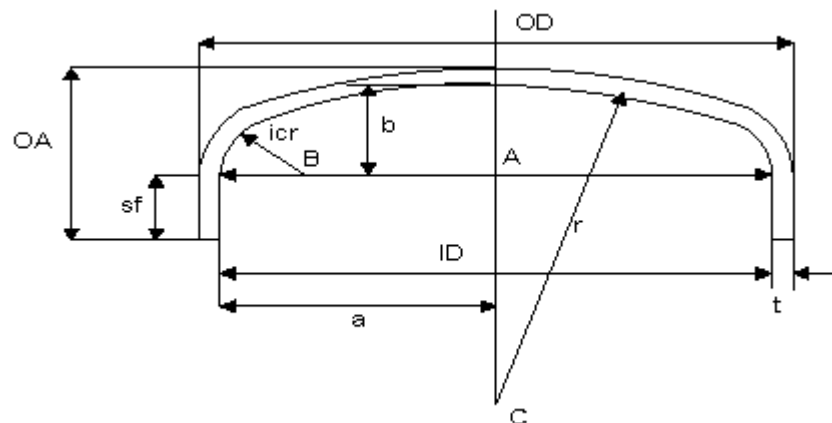
$$H = 179,375 \text{ in}$$

e. Menentukan Tebal *Head*

$$\text{Bahan konstruksi} = \textit{Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304}$$

$$\text{Bentuk head} = \textit{Torispherical Flanged \& Dished Head}$$

Dipilih bentuk *torispherical flanged and dished head* karena umumnya digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar ataupun dapat digunakan untuk tekanan atmosferik dan harganya cukup ekonomis.



**Gambar A.1 Torispherical Head (Fig. 5.8 Brownell and Young)**

Keterangan:

ID = diameter dalam *head*

OD = diameter luar *head*

a = jari-jari dalam *head*

t = tebal *head*

r = jari-jari dalam *head*

icr = *inside corner radius*

b = *deep of dish*

Sf = *straight of flanged*

OA = tinggi *head*

Digunakan persamaan 7.76 dan 7.77 dari buku “Process Equipment Design” karangan Brownell and young halaman 138. Tebal *head* dihitung dengan persamaan berikut:

$$W = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right)$$

$$th = \frac{PrW}{2fE - 0,2P} + C$$

$$P = 25,087 \text{ psi}$$

$$r = 170 \text{ in}$$

$$E = 0,8$$

$$f = 18.750 \text{ psi}$$

sehingga,

$$W = 1,733$$

$$th = 0,321 \text{ in}$$

$$= 0,008 \text{ m}$$

Berdasarkan tabel 5.6 buku “Process Equipment Design” karangan Brownell and young halaman 88:

$$th \text{ standar} = 3/8 \text{ in}$$

f. Menentukan Tinggi *Head*

Berdasarkan tabel 5.8 buku “Process Equipment Design” karangan (Brownell & Young, 1959)halaman 93 untuk th 3/8:

$$sf = 2 \text{ in}$$

$$ID = OD - 2 \text{ th}$$

$$= 179,25 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$= 89,625 \text{ in}$$

$$AB = a - icr$$

$$\begin{aligned}
 &= 78,625 \text{ in} \\
 BC &= r - icr \\
 &= 159 \text{ in} \\
 AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= 138,200 \text{ in} \\
 b &= r - AC \\
 &= 31,800 \text{ in} \\
 h \text{ head} &= sf + b + th \text{ standar} \\
 &= 34,175 \text{ in} \\
 &= 0,868 \text{ m} \\
 h \text{ reaktor} &= 2h \text{ head} + h \text{ shell} \\
 &= 419,872 \text{ in} \\
 &= 10,665 \text{ m}
 \end{aligned}$$

g. Menghitung Volume Head

$$\begin{aligned}
 V \text{ head} &= 0,005 \text{ m}^3 \\
 V \text{ sf} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{sf}{144} \\
 &= 0,006 \text{ m}^3 \\
 V \text{ total head} &= V \text{ head} + V \text{ sf} \\
 &= 0,010 \text{ m}^3 \\
 V \text{ total reaktor} &= V \text{ total head} + V \text{ shell} \\
 &= 69,855 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ cairan dalam shell} &= V \text{ cairan} - V \text{ head} \\
 &= 69,832 \text{ m}^3 \\
 &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \\
 \text{Luas permukaan cairan} &= 16,273 \text{ m}^2 \\
 \text{(At)} &= \frac{V \text{ cairan dalam shell}}{\text{At}} \\
 \text{Tinggi cairan dalam shell} &= 4,291 \text{ m} \\
 \text{(hs)} &= \text{hs} + \text{b} + \text{sf} \\
 \text{Tinggi reaktor} &= 5,150 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Luas permukaan reaktor untuk tebal *head* < 1 in, digunakan persamaan 5.12

Brownell and Young halaman 88.

$$\begin{aligned}
 D_e &= OD + \frac{OD}{42} + 2sf + \frac{2}{3}icr \\
 &= 4,969 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A \text{ total} &= A \text{ shell} + A \text{ head} \\
 &= \pi DH + 2 \frac{\pi}{4} D_e^2 \\
 &= 103,941 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

### 3. Merancang Pengaduk Reaktor

Jenis pengaduk yang digunakan adalah jenis turbin dengan 6 sudut (*flat-blades turbine*). Berdasarkan Fig. 477 Brown halaman 507 diketahui:

$$\begin{aligned}
 D_t/D_i &= 3 \\
 Z_l/D_i &= 2,7 - 3,9 = 3,9 \\
 Z_i/D_i &= 0,75 - 1,3 = 1,3 \\
 L/D_i &= 0,25 \\
 D_t &= 176,305 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$= 4,478 \text{ m}$$

Sehingga diperoleh:

$$D_i = 1,493 \text{ m}$$

$$Z_l = 5,822 \text{ m}$$

$$Z_i = 1,941 \text{ m}$$

$$L = 0,373 \text{ m}$$

$$W_b = 0,254 \text{ m}$$

$$sg = \frac{\rho \text{ cairan}}{\rho \text{ air}}$$

$$\rho \text{ cairan} = 978,628 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho \text{ air} = 997 \text{ kg/m}^3$$

$$sg = 0,982$$

$$WELH = h \text{ cairan} \times sg$$

$$WELH = 4,382 \text{ m}$$

$$\varepsilon \text{ impeller} = \frac{WELH}{D_i}$$

$$\varepsilon \text{ impeller} = 2,395$$

$$\varepsilon \text{ impeller standar} = 3$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan putar pengaduk (N)} &= \frac{600}{\pi \times D_i} \times \sqrt{\frac{WELH}{2D_i}} \\ &= 47,270 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Sehingga diambil jenis motor *fixed speed belt* karena paling ekonomis dan mudah dalam pemasangan dan perbaikan.

$$N \text{ standar} = 59 \text{ rpm}$$

$$= 0,933 \text{ rps}$$

$$= 3360 \text{ rph}$$

Nilai power pengaduk:

$$Re = \frac{\rho \times N \times Di^2}{\mu}$$

$$\rho = 61,066 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 0,001 \text{ lb/s.ft}$$

$$N = 0,933 \text{ rps}$$

$$Re = 969.680$$

Berdasarkan fig. 477 Brown halaman 507 diperoleh:

$$Np = 7$$

Sehingga,

$$\text{Kecepatan putaran pengaduk (Pa)} = Np \times \rho \times Ni^3 \times Di^5$$

$$Pa = 55 \text{ hp}$$

#### 4. Merancangan Jacket Pendingin

##### a. Menentukan kebutuhan pendingin

$$\text{Suhu masuk air pendingin} = 29^\circ\text{C}$$

$$\text{Suhu keluar air pendingin} = 50^\circ\text{C}$$

$$Q \text{ air pendingin} = 1.640.628 \text{ kg/jam}$$

$$\int Cp \cdot dT = 1.581 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Kebutuhan air pendingin} = \frac{Q}{\int Cp \cdot dT}$$

(m)

$$= 1.038 \text{ kg/jam}$$

##### b. Menghitung $\Delta T_{LMTD}$

$$\text{Suhu masuk reaktor (T}_1\text{)} = 25^\circ\text{C}$$

$$\text{Suhu keluar reaktor (T}_2\text{)} = 25^\circ\text{C}$$

$$\text{Suhu masuk air pendingin (t}_1\text{)} = 29^\circ\text{C}$$

$$\text{Suhu keluar air pendingin (t}_2\text{)} = 50^\circ\text{C}$$

Fluida Panas (°F)	Fluida Dingin (°F)	$\Delta T$ (°F)
77	82,4	-45
77	122	-7,2

$$\Delta T \text{ LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \Delta t_2 / \Delta t_1}$$

$$\Delta T \text{ LMTD} = -20,627^\circ\text{F}$$

$$= -29,237^\circ\text{C}$$

$$= 243,913 \text{ K}$$

c. Menghitung Luas Transfer Panas

$$A = \frac{(Q \text{ pendingin} \times (-1))}{\Delta T \text{ LMTD} \times U_d}$$

$$A = 56,042 \text{ m}^2$$

d. Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$A = OD \times H + \left(\frac{\pi}{4} \times OD^2\right)$$

$$A = 81,817 \text{ m}^2$$

Karena nilai luas transfer panas lebih kecil dari nilai luas selubung reaktor maka menggunakan jaket pendingin (Kern).

b. Menghitung diameter jaket pendingin

$$D_i = D_o + 2 \times \text{jarak}$$

Keterangan:

$D_i$  = diameter dalam jaket pendingin

$D_o$  = diameter luar jaket pendingin

Asumsi jarak jaket = 2 – 5 in = 5 in

Maka,

$$D_i = 4,826 \text{ m}$$

e. Menghitung tinggi jaket pendingin

$$h_j = H_s + H_h$$

keterangan:

$H_j$  = tinggi jaket

$H_s$  = tinggi *shell*

$H_h$  = tinggi *head*

Maka,

$$h_j = 9,797 \text{ m}$$

f. Menghitung tekanan design jaket pendingin

$$P_h = \frac{H_j - 1}{144} \times \rho_{air}$$

Keterangan:

$P_h$  = tekanan hidrostatik

Maka,

$$P_h = 0,014 \text{ psi}$$

$P$  design jaket =  $P$  reaktor +  $P_h$

$P$  design jaket = 25,101 psi

g. Menghitung Tebal Jaket Pendingin

$$t_j = \frac{P \times r_i}{f \times E - 0,6 \times P} + C$$

Dengan,

$$P = 25,101 \text{ psi}$$

$$r = 95 \text{ in}$$

$$E = 0,8$$

$$f = 18.750 \text{ psi}$$

$$C = 0,125$$

Maka,

$$t_j = 0,284 \text{ in}$$

$$= 5/16$$

h. Menghitung diameter luar jaket pendingin

$$D_2 = D_1 + (2 \times t_j)$$

Maka,

$$D = 4,842 \text{ in}$$

i. Menghitung luas yang dilalui air pendingin

$$A = \frac{\pi}{4} \times (D_2^2 - D_1^2)$$

$$A = 0,241 \text{ m}^2$$

j. Menghitung kecepatan air pendingin

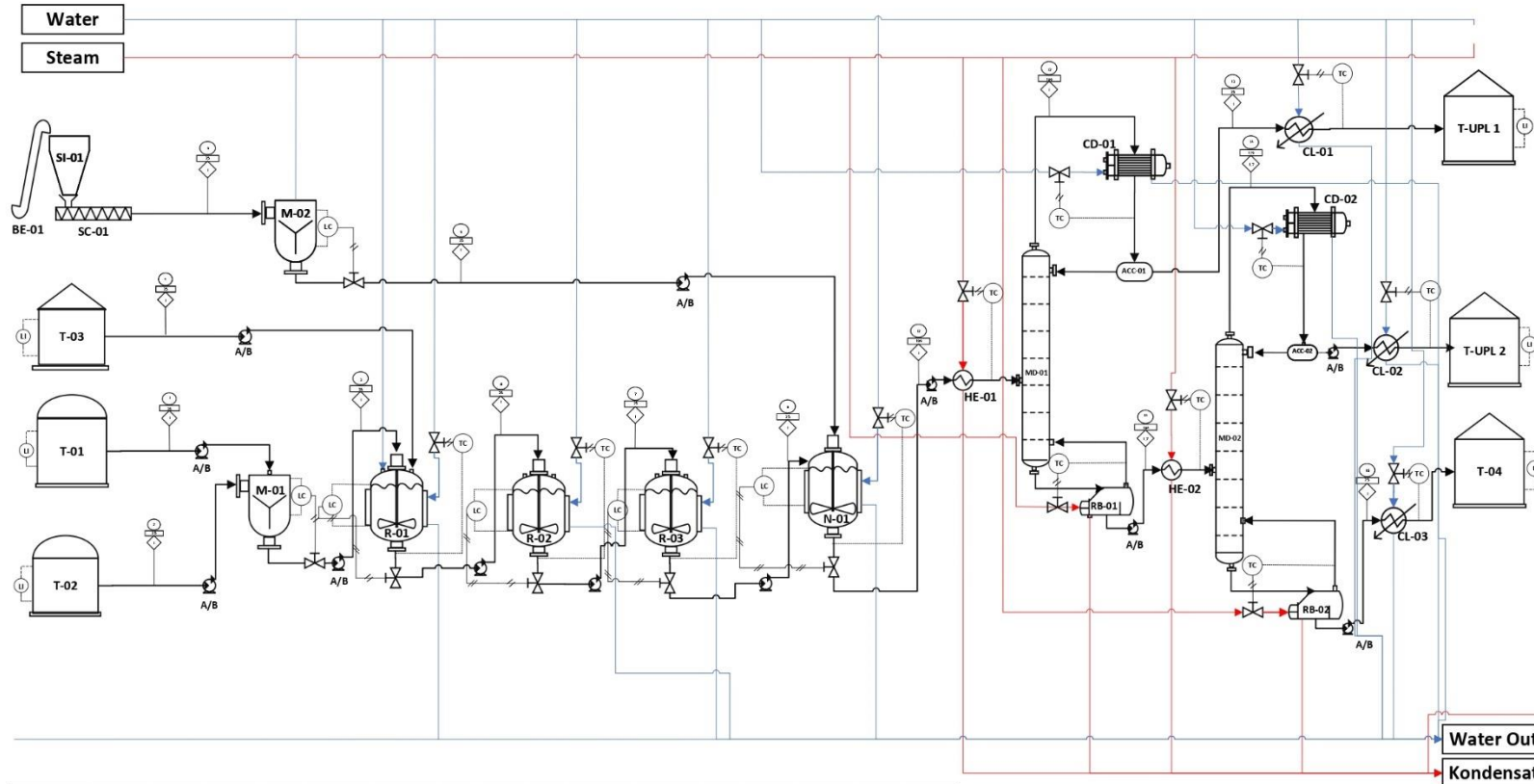
$$V = \frac{V}{A}$$

$$V = 4,307 \text{ m/jam}$$

**LAMPIRAN B**

**PEFD**

**PROCESS FLOW DIAGRAM**  
**PRARANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL DARI PROPILEN OKSIDA DAN AIR**  
**DENGAN KAPASITAS 21.000 TON/TAHUN**



Komponen	Jumlah (Kg/Jam)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	2526		2526			581	126	25					25	25			
CH <sub>2</sub> O		836	836			836	836	836					836	836			
H <sub>2</sub> O	3	3	5		14104	13506	13365	13333	0	25	25		13365	10692	2673	2620	53
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>				20		20	20	20									
NaOH											17			17			
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (aq)													29		29		29
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub>						2548	3144	3276					3276	655	2621	52	2569
<b>Total</b>	<b>2528</b>	<b>839</b>	<b>3367</b>	<b>20</b>	<b>14104</b>	<b>17491</b>	<b>17491</b>	<b>17491</b>	<b>17</b>	<b>25</b>	<b>41</b>	<b>17533</b>	<b>12209</b>	<b>5324</b>	<b>2620</b>	<b>2652</b>	

Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
SI-01	Silo NaOH	ACC	Accumulator
SI-02	Silo Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (s)	RB	Reboiler
T-01	Tangki C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	UPL	Unit Pengolahan Limbah
T-02	Tangki CH <sub>2</sub> O	TC	Temperature Control
T-03	Tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	LC	Level Control
T-04	Tangki Penyimpanan Sementara	LI	Level Indicator
T-05	Tangki C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub>		Temperature
BE	Bucket Elevator	○	Nomor Arus
SC	Screw Conveyor	◇	Tekanan
CL	Cooler	→	Steam
R-01	Reaktor	←	Water
HE	Heat Exchanger	---	Leak
MD	Manara Distilasi	—/—	Pneumatic
CD	Condenser	∩	Valve

**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM  
**PRA RANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL DARI**  
**PROPILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN KAPASITAS**  
**21.000 TON/TAHUN**

DISUSUN OLEH:  
 1. ARDEA RAUZA CHOIURUNISA (0931185)  
 2. FATIMAH TUZZABROH (20531160)  
 DOSEN PENDAMPING:  
 AJENG YULIANI DWILESTARI, S.T., MT



## LAMPIRAN C

### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN









**Nama** : Ardisa Rauza Choirunnisa  
**Nim** : 20521185

**Nama** : Fatimah Tuzzahroh  
**Nim** : 20521186

**Judul Prarancangan** : Prarancangan Pabrik Propilen Glikol dari Propilen Oksida dan Air dengan Kapasitas 21.000 Ton/Tahun

**Mulai Masa Bimbingan** : 14 Maret 2024

**Batas Akhir Bimbingan** : 13 September 2024

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf
1	15-03-2024	Konsultasi perhitungan pada perancangan alat penyimpanan bahan	
2	22-03-2024	Konsultasi perhitungan pada perancangan alat transportasi bahan dan penukar panas	
3	03-04-2024	Konsultasi perhitungan neraca panas	
4	02-05-2024	Konsultasi penentuan lokasi, tata letak pabrik, dan struktur organisasi	
5	23-05-2024	Konsultasi perancangan unit utilitas	
6	11-06-2024	Konsultasi perhitungan ekonomi	
7	29-06-2024	Penetapan PEFD	
8	04-07-2024	Penetapan naskah	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 08 Juli 2024

Pembimbing



Ajeng Yulianti Dwi Lestari, ST., MT

### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

**Nama** : Ardisa Rauza Choirunnisa  
**Nim** : 20521185

**Nama** : Fatimah Tuzzahroh  
**Nim** : 20521186

**Judul Prarancangan** : Prarancangan Pabrik Propilen Glikol dari Propilen Oksida dan Air dengan Kapasitas 21.000 Ton/Tahun

**Mulai Masa Bimbingan** : 14 September 2023

**Batas Akhir Bimbingan** : 13 Maret 2024

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf
1	23-09-2023	Perkenalan dan diskusi tentang prarancangan pabrik	Jg
2	06-09-2023	Diskusi tentang kapasitas pabrik	Jg
3	19-10-2023	Penentuan Kapasitas pabrik	Jg
4	08-11-2023	Diskusi terkait pemilihan proses dan spesifikasi bahan	Jg
5	09-11-2023	Diskusi mengenai diagram alir	Jg
6	18-11-2023	Konsultasi terkait neraca massa alat	Jg
7	27-12-2023	Konsultasi perhitungan reaktor	Jg
8	23-01-2024	Konsultasi perhitungan alat pemisah dan unit operasi pendukung	Jg
9	25-01-2024	Konsultasi terkait PEFD	Jg

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 08 Juli 2024

Pembimbing



Ajeng Yulianti Dwi Lestari, ST., MT