

**PRA RANCANGAN PABRIK GLISEROL DARI MINYAK  
GORENG BEKAS KAPASITAS 28.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK  
Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia  
Konsentrasi Teknik Kimia



Oleh :

**GARNIS ALVINA SYAHARANI (20521138)**

**ANISAH SULISTIYAWATI (20521194)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2024**

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN**  
**PRA RANCANGAN PABRIK GLISEROL DARI MINYAK GORENG BEKAS**  
**DENGAN KAPASITAS 28.000 TON/TAHUN**

**Kami yang bertanda tangan dibawah ini :**

Nama : Garnis Alvina Syaharani                      Nama : Anisah Sulistiyawati  
NIM : 20521138    NIM : 20521194

Yogyakarta, 14 Juni 2024

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan kensekuensi apapun.

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

Tanda tangan

Tanda tangan



Garnis Alvina Syaharani

Anisah Sulistiyawati

NIM. 20521138

NIM. 20521194

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING  
PRA RANCANGAN PABRIK GLISEROL DARI MINYAK GORENG  
BEKAS KAPASITAS 28.000 TON/TAHUN**

**Kami yang bertanda tangan dibawah ini :**

Oleh :  
Nama : Garnis Alvina Syaharani      Nama : Anisah Sulistiyawati  
NIM : 20521138                              NIM : 20521194

**Yogyakarta, 8 Juni 2024**

**Pembimbing**



**Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng**

# LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK GLISEROL DARI MINYAK GORENG BEKAS

KAPASITAS 28.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Garnis Alvina Syaharani

Nama : Anisah Sulistiyawati

NIM : 20521138

NIM : 20521194

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, 5 Agustus 2024

Tim Penguji,

Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng

Ketua Penguji

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

Penguji I

Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T., M.Eng

Penguji II

  
8/8/2024

  
8/8/24

  
7/8/24

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia





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

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah segala puji kami panjatkan puji syukur kami ke hadirat Allah SWT. Atas limpahan rahmat, ridha, dan karunia-Nya. Shalawat serta salah semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad SAW, shabat serta para pengikutnya.

Tugas akhir yang berjudul “Gliserol dari Minyak Goreng Bekas kapasitas 28.000 Ton/Tahun” dapat terselesaikan dengan baik dan disusun sebagai penerapan dari ilmu Teknik kimia yang telah didapatkan selama di bangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penyusunan banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak selama mengerjakan tugas akhir dan penyusunan laporan ini. Oleh karena itu, penyusun mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penulis diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua yang selalu mendoakan kami serta memberikan dukungan serta motivasi kepada kami untuk menyelesaikan penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Kepala Jurusan Teknik Kimia.
4. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Kimia.
5. Ibu Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu sabar dalam membimbing kami dan memberikan semangat kepada kami untuk menyelesaikan penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman seperjuangan Angkatan 2020 yang selalu memberikan semangat.

7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir. Karena kebaikan semua pihak yang telah penulis sebutkan tadi maka penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya. Laporan Tugas Akhir ini memang masih jauh dari kesempurnaan, tapi penulis sudah berusaha sebaik mungkin semoga laporan ini bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 21 Juni 2024

Penyusun

## LEMBAR PERSEMBAHAN

### بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr., Wb

Alhamdulillah rabbil alamin puji syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmah, hidayah, dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas akhir Prarancangan pabrik ini dengan baik. Saya sangat bersyukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan saya salah satu dari sekian banyak nikmat-Nya, yaitu dapat menuntut ilmu dan menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kimia FTI UII.

Tugas akhir ini tentunya tidak berjalan dengan mulus sesuai harapan. Ada banyak rintangan, kesulitan serta hal-hal diluar ekspektasi. Namun, dibalik semuanya, Allah Subhanahu Wa Ta'ala menghadirkan segelintir orang-orang baik yang membuat saya kuat dan ada di posisi saat ini. Dilembar persembahan ini, apresiasi terima kasih terbesar dan paling tulus saya berikan kepada:

1. Dua orang paling berjasa, Ayah Sutrisno dan Ibu Asih yang selalu mendoakan untuk kebaikan anak-anaknya. Terima kasih atas kepercayaan yang telah diberikan atas izin merantau dari kalian, selalu memberikan kasih sayang, cinta, dukungan dan motivasi. Menjadi suatu kebanggaan memiliki orang tua yang mendukung anaknya untuk mencapai cita-citanya. Mereka memang tidak sempat merasakan Pendidikan sampai di bangku perkuliahan, namun mereka mampu mendidik penulis hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana. Semoga segala upaya dibalas Allah dengan kebahagiaan yang berlipat ganda dan dicukupkan atas segala yang telah diberikan oleh Allah.
2. Kakak dan adikku. Cindy kaori eka putri, Balqis Kaisya Nugra Mahesa, Dhaniar Dwi Wicaksono, yang senantiasa memberikan semangat, doa dan motivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Dan juga ponakanku, Kireina Aghnia Chalinda Wicaksono terima kasih sudah menjadi salah satu motivasi dan semangat tina saat mengerjakan Tugas Akhir. Saya berharap bahwa suatu

hari nanti mereka bisa lebih bahagia daripada hari ini dan selalu tersenyum atas apa yang telah diperjuangkan hingga hari ini. Terimakasih sudah selalu memberi semangat.

3. Terima kasih untuk partner Tugas Akhir saya, Anisah Sulistiyawati yang sudah kebersamai sejak penelitian hingga Tugas Akhir. Sudah berusaha menahan sabar, ego dan tidak putus asa atas pencapaian dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Tentunya ada beberapa kendala dalam mengerjakan tugas akhir ini, namun alhamdulillah teratasi dengan baik. Semoga segala hal dan mimpi yang diimpikan Anisah nantinya diijabah oleh Allah Subhanahu Wa Ta'ala.
4. Terima kasih Ibu Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang sudah yakin bahwa saya dan partner saya memiliki potensi lebih untuk menyelesaikan TA dengan baik, segala bentuk wejangan dan nasihat yang diberikan selama masa pengerjaan Tugas Akhir.
5. Terima kasih kepada bang Farid, terima kasih pernah menjadi sumber motivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi, menjadi pengingat penulis sehingga dapat membuktikan bahwa anda tetap menjadi alasan penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sampai jumpa di versi terbaik karena penulis yakin bahwa sesuatu yang ditakdirkan menjadi milik kita akan menuju kepada kita bagaimanapun caranya.
6. Terimakasih untuk 5/8, Amira, Azza, Nandya, Salma yang selalu memberi semangat dan motivasi serta dukungan dalam hal apapun. Semoga Allah memberi kalian kebahagiaan dunia akhirat.
7. Peluk erat untuk wanita-wanita hebat, Fani, Tsabita, Zahra, Aziizah, Viky, dan Arin. Terimakasih sudah hadir dari awal menjadi mahasiswa baru dan tetap ada sampai di titik ini. Terima kasih sudah berjuang bersama untuk meraih impian kita. Semoga kita bisa bertemu Kembali di titik terbaik dengan mimpi kita masing-masing yang sudah terwujud.
8. Seluruh teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2020 serta pihak yang tidak saya sebutkan satu persatu yang kerap sekali saling mendoakan kelancaran progress

perkuliahan satu sama lain. Saling memberi informasi. Semoga kita semua menjadi orang yang sukses dan berguna bagi orang lain.

9. Dan yang paling terakhir, kepada saya sendiri. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Terima kasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri sampai dititik ini, walau sering sekali merasa putus asa atas apa yang diusahakan dan belum berhasil, namun terima kasih tetap menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah mencoba. Terima kasih karena memutuskan tidak menyerah sesulit apapun proses penyusunan Tugas Akhir ini dan telah menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin. Berbahagialah dimanapun berada, Garnis.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 21 juni 2024

Garnis Alvina Syaharani

## LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Warrahmaatullahi Wabarakatuh

*Alhamdulillah* dengan ucapan syukur yang tiada henti saya panjatkan atas segala rahmah, hidayah, dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini dengan baik.

Saya sangat bersyukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan saya salah satu dari sekian banyak nikmat-Nya, yaitu dapat menuntut ilmu dan menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kimia FTI UII.

Tugas Akhir ini tentunya tidak berjalan dengan mulus sesuai harapan. Ada banyak rintangan, kesulitan, serta hal-hal diluar ekspektasi. Namun, dibalik semuanya, Allah Subhanahu Wa Ta'ala menghadirkan segelintir orang-orang baik yang membuat saya kuat dan ada diposisi saat ini. Tiada lembar yang paling indah dalam laporan ini kecuali lembar persembahan. Di lembar persembahan ini, apresiasi terima kasih terbesar dan paling tulus saya berikan kepada :

1. Superheroku, Bapak Ansori dan pintu surgaku, Ibu Maidah. Terimakasih selalu berjuang untuk kehidupan penulis dan tiada hentinya memberikan kasih sayang dengan penuh cinta dan selalu memberikan dukungan serta doa'a hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana. Semoga ini bisa menjadi awal yang baik dan bisa membuat kalian semakin bangga kepada penulis. Terima kasih, Mamak dan Bapak.
2. Kakakku terkasih, Atika Viska Yuniarti dan Adekku tersayang, Abdul Aziz. Terimakasih sudah selalu memberikan support, kasih dan sayang serta doa untuk penulis. Semoga kedepannya penulis bisa sukses selalu dan bisa membuat kalian semua bangga. Aamiin.
3. Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing saya

dan partner sejak penelitian hingga tugas akhir. Terima kasih ibu, karena telah memberikan dukungan dan bimbingan hingga saya dan partner saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan berkah, kesehatan dan kebahagiaan kepada Ibu dan keluarga.

4. Garnis Alvina Syaharani, Terima kasih untuk partner saya yang telah membersamai saya sejak penelitian hingga saat ini, Tugas Akhir. Saya sangat bersyukur bisa mengenal dekat partner saya dan berjuang bersama dia. Tentunya ada banyak kendala yang kita hadapi, banyak suka dan duka, penuh cobaan yang datang namun Alhamdulillah kita bisa melaluinya bersama. Semoga setelah ini banyak kebahagiaan dan kebaikan yang datang untuk kamu. Semoga segala keinginan dan impian kamu segera diijabah oleh Allah Subhanahu Wa Ta'ala. Terima kasih banyak Garnis.
5. Untuk sahabat-sahabatku (Naura, Isti, Qonitha, Tarisa, Amalia, Iman dan Fikri) terimakasih banyak untuk kalian semua orang-orang baik yang tulus dan penuh kasih sayang, terkhususnya No Peko-Peko yang selalu menjadi tempat untuk *charge enery*. Tanpa kalian mungkin penulis tidak akan memiliki kenangan indah selama kuliah di Jogja. Terimakasih sudah mau berbagi cerita, senang dan sedih bersama. Dimanapun kalian nantinya semoga kita bisa terus bersahabat dan semoga kalian selalu dalam lindungan Allah dan di penuh dengan kebahagiaan dan rezeki yang berlimpah. Semoga segala doa dan impian kalian selalu Allah kabulkan, Aamiin.
6. Untuk TBI people (Esty, Audy, Ezza, dan Ilza) terimakasih telah memberikan support dan selalu mengajak penulis untuk refreshing. Semoga kita semua terus bersahabat till Jannah dan semoga ilmu yang kita miliki berkah dan kalian semua selalu dalam lindungan Allah dimanapun dan kapanpun. Aamiin.
7. Seluruh teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2020 serta semua

teman saya yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu. Terimakasih atas dukungan, bantuan, semangat dan doa yang kalian berikan untuk saya.

8. *Last but not least*, diri saya sendiri. Terimakasih sudah kuat, sabar dan sudah mau berjuang dan bertahan sampai di titik ini. Kamu hebat Anisah dan semoga kebahagiaan dan kebaikan selalu mengirimu. Aamiin

Yogyakarta, 21 juni 2024

Anisah Sulistiyawati

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	I
LEMBAR PENGESAHAN .....	III
KATA PENGANTAR .....	IV
DAFTAR ISI .....	XII
DAFTAR GAMBAR .....	XVI
DAFTAR TABEL .....	XVII
DAFTAR LAMPIRAN .....	XXI
ABSTRAK .....	XXII
ABSTRACT .....	XXIII
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik .....	2
1.2.1. Data Impor Gliserol.....	3
1.2.2. Data Ekspor Gliserol .....	4
1.2.3. Data Konsumsi Gliserol .....	5
1.2.4. Data Produksi Gliserol .....	6
1.3 Tinjauan Pustaka .....	8
3.1.1 Minyak Goreng Bekas.....	8
3.1.2 Minyak dan Lemak.....	9
3.1.3 Sifat-sifat Minyak dan Lemak .....	10
3.1.4 Gliserol .....	18
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika.....	20
1.4.1 Tinjauan Termodinamika .....	20
1.4.2 Tinjauan Kinetika.....	21
BAB II PERANCANGAN PRODUK .....	26
2.1 Spesifikasi Produk.....	26
2.1.1 Gliserol.....	26
2.1.2 Sabun.....	26

2.2	Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung .....	27
2.2.1	Minyak Goreng Bekas.....	27
2.2.2	Air.....	27
2.2.3	Natrium Hidroksida.....	27
2.3	Spesifikasi Bahan Pembantu .....	28
2.3.1	Karbon Aktif .....	28
2.3.2	Asam Sulfat .....	28
2.4	Pengendalian Kualitas .....	29
2.4.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku .....	29
2.4.2	Pengendalian Kualitas Proses.....	29
2.4.3	Pengendalian Kualitas Produk .....	31
BAB III PERANCANGAN PROSES.....		32
3.2	Diagram Alir Proses dan Material.....	32
3.3	Uraian Proses.....	35
3.3.1	Tahap Persiapan Bahan Baku.....	35
3.3.2	Proses Pembentukan Produk .....	35
3.3.3	Proses Pemurnian dan Pemisahan Produk.....	36
3.4	Spesifikasi Alat PROSES.....	37
3.4.1	Tangki <i>Bleaching</i> (TB-01) .....	36
3.4.2	<i>Mixer</i> (M-01).....	37
3.4.3	Filter (F-01) .....	38
3.4.4	<i>Decanter</i> (D-01) .....	38
3.4.5	Reaktor (R-01).....	39
3.4.6	Reaktor (R-02).....	39
3.4.7	<i>Decanter</i> (D-01) .....	40
3.4.8	<i>Neutralizer</i> (N-01).....	41
3.4.9	<i>Decanter</i> (D-03) .....	41
3.4.10	<i>Decanter</i> (D-04) .....	42
3.4.11	Menara Distilasi (MD-01) .....	43
3.5	Spesifikasi Alat penyimpanan Bahan.....	44

3.6 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan .....	46
3.7 Spesifikasi Alat Penukar Panas .....	54
3.8 Neraca Massa .....	60
3.9 Neraca Panas .....	65
<b>BAB IV PERANCANGAN PABRIK.....</b>	<b>69</b>
4.1 Lokasi Pabrik.....	69
4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi pabrik.....	69
4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik .....	71
4.2 Tata Letak Pabrik ( <i>Plant Layout</i> ).....	72
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses .....	76
4.4 Organisasi Perusahaan.....	80
4.4.1 Bentuk Perusahaan .....	80
4.4.2 Struktur Organisasi.....	81
4.4.3 Tugas dan Wewenang .....	83
4.4.4 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji .....	86
<b>BAB V UTILITAS.....</b>	<b>92</b>
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air ( <i>Water Treatment System</i> ) .....	92
5.2 Unit Pembangkit Steam ( <i>Steam Generation System</i> ) .....	104
5.3 Unit Pembangkit Listrik ( <i>Power Plant System</i> ).....	105
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan ( <i>Instrument Air System</i> ).....	108
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar.....	109
5.6 Unit Pengolahan Limbah .....	109
5.7 Spesifikasi Alat Utilitas .....	111
<b>BAB VI EVALUASI EKONOMI .....</b>	<b>119</b>
6.1 Penaksiran Harga Alat.....	120
6.2 Dasar Perhitungan .....	126
6.3 Komponen Biaya.....	127
6.4 Analisa Keuntungan .....	131
6.5 Analisa Resiko Pabrik .....	131
6.6 Analisa Kelayakan .....	133

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....	139
DAFTAR PUSTAKA .....	141
LAMPIRAN .....	143

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Impor di Indonesia Tahun 2018-2022 .....	5
Gambar 1.2 Grafik Ekspor di Indonesia Tahun 2018-2022 .....	6
Gambar 1.3 Grafik Konsumsi di Indonesia Tahun 2011-2015 .....	7
Gambar 1.4 Grafik Produksi di Indonesia Tahun 2011-2015 .....	8
Gambar 1.5 Proses Hidrolis .....	14
Gambar 1.6 Reaksi Transesterifikasi .....	17
Gambar 1.7 Proses Saponifikasi .....	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif .....	32
Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif .....	33
Gambar 3.3 Data Diagram Alir Kuantitatif.....	34
Gambar 3.4 Proses Saponifikasi .....	35
Gambar 4.1 Peta Lokasi Rencana Pabrik.....	35
Gambar 4.2 <i>Layout</i> Pabrik Gliserol (Skala 1 : 2000).....	76
Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses .....	79
Gambar 4.4 Struktur Organisasi Pabrik .....	82
Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas .....	110
Gambar 6.1 Grafik Indeks Harga Alat .....	122
Gambar 6.2 Grafik Evaluasi Ekonomi .....	136

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data pabrik di Indonesia yang memproduksi gliserol .....	3
Tabel 1.2 Data pabrik di dunia yang memproduksi gliserol .....	4
Tabel 1.3 Data impor gliserol di Indonesia .....	5
Tabel 1.4 Data ekspor gliserol di Indonesia .....	6
Tabel 1.5 Data konsumsi gliserol di Indonesia .....	7
Tabel 1.6 Data produksi gliserol di Indonesia .....	8
Tabel 1.7 Komposisi asam lemak minyak jelantah.....	10
Tabel 1.8 Kelebihan dan kekurangan proses pembuatan gliserol .....	19
Tabel 1.9 Perbandingan proses pembuatan gliserol.....	20
Tabel 1.10 Data <i>eltalphi</i> $\Delta H^{\circ}f$ (298).....	23
Tabel 1.11 Data <i>gibs</i> $\Delta G^{\circ}f$ (298).....	23
Tabel 3.1 Spesifikasi tangki .....	44
Tabel 3.2 Spesifikasi silo .....	45
Tabel 3.3 Spesifikasi pompa .....	46
Tabel 3.4 Spesifikasi <i>screw conveyer</i> (SC-01) .....	52
Tabel 3.5 Spesifikasi <i>bucket elevator</i> (BE-01) .....	53
Tabel 3.6 Spesifikasi <i>cooler</i> .....	54
Tabel 3.7 Spesifikasi <i>heater</i> (HE-01) .....	55
Tabel 3.8 Spesifikasi <i>heater</i> HE-02) .....	56
Tabel 3.9 Spesifikasi <i>heater</i> (H-03) .....	57
Tabel 3.10 Spesifikasi <i>condensor</i> (CD-01) .....	58
Tabel 3.11 Spesifikasi <i>reboiler</i> (RB-01) .....	59
Tabel 3.12 Spesifikasi <i>accumulator</i> (ACC-01) .....	59
Tabel 3.13 Neraca massa total .....	60
Tabel 3.14 Neraca Massa tangki <i>bleaching</i> (TB-01) .....	60
Tabel 3.15 Neraca Massa filter press (F-01) .....	61
Tabel 3.16 Neraca Massa <i>decanter</i> (D-01) .....	61
Tabel 3.17 Neraca massa <i>mixer</i> (M-01) .....	61
Tabel 3.18 Neraca massa reaktor (R-01) .....	62

Tabel 3.19 Neraca massa reaktor (R-02) .....	62
Tabel 3.20 Neraca massa <i>decanter</i> (D-02) .....	62
Tabel 3.21 Neraca massa <i>netralizer</i> (N-02) .....	63
Tabel 3.22 Neraca massa <i>decanter</i> (D-03) .....	63
Tabel 3.23 Neraca massa <i>decanter</i> (D-04) .....	64
Tabel 3.24 Neraca massa menara distilasi (MD-01) .....	64
Tabel 3.25 Neraca panas <i>decanter</i> (D-01) .....	65
Tabel 3.26 Neraca panas reaktor (R-01) .....	65
Tabel 3.27 Neraca panas reaktor (R-02) .....	65
Tabel 3.28 Neraca panas <i>decanter</i> (D-02) .....	66
Tabel 3.29 Neraca panas <i>neutralizer</i> (N-01) .....	66
Tabel 3.30 Neraca panas centrifuge (CT-01) .....	66
Tabel 3.31 Neraca panas <i>decanter</i> (D-03) .....	66
Tabel 3.32 Neraca panas menara distilasi (MD-01) .....	67
Tabel 3.33 Neraca panas <i>cooler</i> (C-01) .....	67
Tabel 3.34 Neraca panas <i>cooler</i> (C-02) .....	67
Tabel 3.35 Neraca panas <i>heater</i> (H-01) .....	67
Tabel 3.36 Neraca panas <i>heater</i> (H-02) .....	68
Tabel 3.37 Neraca panas <i>heater</i> (H-03) .....	68
Tabel 4.1 Rincian area bangunan pabrik.....	76
Tabel 4.2 Tugas masing-masing direktur.....	84
Tabel 4.3 Tugas masing-masing <i>general manager</i> .....	85
Tabel 4.4 Tugas masing-masing <i>manager</i> .....	85
Tabel 4.5 Penggolongan jabatan .....	87
Tabel 4.6 Gaji karyawan .....	88
Tabel 4.7 Jadwal hari dan jam kerja karyawan shift.....	91
Tabel 5.1 Kebutuhan <i>domestic water</i> .....	100
Tabel 5.2 Kebutuhan <i>service water</i> .....	100
Tabel 5.3 Kebutuhan <i>service water</i> .....	101
Tabel 5.4 Kebutuhan <i>boiler feed water</i> .....	102

Tabel 5.5 Kebutuhan <i>boiler feed water</i> .....	103
Tabel 5.6 Kebutuhan air proses.....	103
Tabel 5.7 Total kebutuhan air .....	104
Tabel 5.8 Kebutuhan listrik alat proses.....	106
Tabel 5.9 Kebutuhan listrik alat utilitas .....	107
Tabel 5.10 Total kebutuhan listrik .....	108
Tabel 5.11 Spesifikasi pompa utilitas .....	112
Tabel 5.12 Spesifikasi bak penampung .....	115
Tabel 5.13 Spesifikasi tangki utilitas .....	116
Tabel 5.14 Spesifikasi saringan pasir.....	117
Tabel 5.15 Spesifikasi <i>klarifier</i> .....	117
Tabel 5.16 Spesifikasi <i>cooling tower</i> .....	118
Tabel 5.17 Spesifikasi <i>boiler</i> .....	118
Tabel 6.1 Indeks harga alat pada tahun 2007-2023.....	121
Tabel 6.2 Harga alat proses.....	123
Tabel 6.3 Harga alat utilitas .....	125
Tabel 6.4 <i>Physical plant cost (PPC)</i> .....	127
Tabel 6.5 <i>Direct plant cost (DPC)</i> .....	128
Tabel 6.6 <i>Fixed capital invesment (FCI)</i> .....	128
Tabel 6.7 <i>Working capital invesment (WCI)</i> .....	129
Tabel 6.8 <i>Direct manufacturing cost (DMC)</i> .....	129
Tabel 6.9 <i>Indirect manufacturing cost (IMC)</i> .....	130
Tabel 6.10 <i>Fixed manufacturing cost (FMC)</i> .....	130
Tabel 6.11 Total <i>manufacturing cost (MC)</i> .....	131
Tabel 6.12 <i>General expenses</i> .....	131
Tabel 6.13 Total <i>production cost</i> .....	131
Tabel 6.14 Kategori risiko.....	132
Tabel 6.15 <i>Annual fixed manufacturing cost (Fa)</i> .....	134
Tabel 6.16 <i>Annual regulated expenses (Ra)</i> .....	135
Tabel 6.17 <i>Annual valuable value (Va)</i> .....	135

Tabel 6.18 *Annual sales value (Sa)* .....135

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN A Perancangan Reaktor

LAMPIRAN B *Process Engineering Flow Diagram* (PEFD)

LAMPIRAN C Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik

## ABSTRAK

Pabrik gliserol merupakan pabrik yang memiliki prospek yang sangat baik, mengingat kebutuhan gliserol di ASEAN maupun di Indonesia yang semakin meningkat. Gliserol dapat dibuat dengan mereaksikan minyak goreng bekas dengan NaOH yang terjasi pada fase cair. Pabrik ini rencananya akan didirikan di desa Blimbing, Kesamben, Jombang, Jawa Timur, Indonesia. Seluas 24.000 m<sup>2</sup>. Pabrik ini akan dioperasikan 24 jam sehari selama 330 hari dengan total karyawan 201 karyawan. Minyak goreng bekas yang dibutuhkan adalah sebanyak 704.880.000,00 kg/tahun dan NaOH 95.040.000,00 kg/tahun. Proses produksi akan dioperasikan pada temperatur 100°C dengan tekanan 1 atm menggunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan konversi 99%. Dari hasil evaluasi ekonomi yang telah dilakukan terhadap pabrik Gliserol ini didapatkan hasil bahwa modal tetap yang dibutuhkan sebesar Rp 53.040.056.013 dan modal kerja sebesar Rp 1.819.571.919.161. Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 749.486.859.513 dan setelah pajak Rp 599.589.487.610. *Presentase Return On Investment* (ROI) sebelum pajak adalah 18,37% dan setelah pajak 14,70%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 2,0 tahun dan setelah pajak 2,4 tahun. Nilai *Break Event Point* (BEP) sebesar 45,69% dan *Shut down point* (SDP) sebesar 41,64% dengan *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 14,34%. Berdasarkan analisa ekonomi tersebut, Prarancangan pabrik gliserol dengan kapasitas 28.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Kata-Kata Kunci : Gliserol, NaOH, Minyak Goreng Bekas

## ABSTRACT

The glycerol Factory is a factory that has very good prospect considering the increasing need for glycerol in ASEAN and in Indonesia. Glycerol can be made by reacting used cooking oil with NaOH which occurs in the liquid phase. This factory is planned to be established in Blimbing Village, Kesamben, Jombang, East Java, Indonesia. Covering an area of 24,000 m<sup>2</sup>. This factory will be operated 24 hours a day for 330 days with a total of 201 employees. The used cooking oil needed is 704,880,000.00 kg/year and NaOH 95,040,000.00 kg/year. The production process will be operated at a temperature of 100°C with a pressure of 1 atm using a Stirred Tank Flow Reactor (RATB) with a conversion of 99%. From the results of the economic evaluation carried out on the Glycerol factory, it was found that the fixed capital required was IDR 53,040,056,013 and working capital was IDR 1,819,571,919,161. Profit before tax is IDR 749,486,859,513 and after tax IDR 599,589,487,610. The *Return On Investment* (ROI) percentage before tax is 18.37% and after tax 14.70%. *Pay Out Time* (POT) before tax is 2.0 years and after tax 2.4 years. The *Break Event Point* (BEP) value is 45.69% and the *Shut Down Point* (SDP) is 41.64% with a *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) of 14.34%. Based on this economic analysis, the design of a glycerol factory with a capacity of 28,000 tons/year is feasible to be established.

Keywords: *Glycerol*, NaOH, *Used Cooking Oil*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sebagai negara berkembang dengan laju pertumbuhan ekonomi dan perkembangan teknologi di Indonesia menghasilkan persaingan yang tinggi, karena hal tersebut berbanding lurus dengan taraf hidup masyarakat yang semakin meningkat yang mengharuskan melakukan pembangunan di segala bidang. Salah satu bidang pembangunan yang diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi di Indonesia adalah sektor industri manufaktur. Pembangunan sektor itu sendiri diupayakan secara maksimal untuk lebih memacu tingkat perkembangan perekonomian Indonesia dengan cara adanya pemerataan kerja, meningkatkan ekspor sekaligus menghemat devisa negara dengan memanfaatkan sumber daya manusia dan sumber daya alam yang ada. Industri manufaktur sendiri mempunyai beberapa jenis perusahaan yang bergerak dalam berbagai bidang, salah satunya industri kimia. Salah satu produk industri kimia yang manfaatnya terus meningkat sampai di masa yang akan datang untuk kebutuhan masyarakat menyeluruh adalah gliserol, dimana Indonesia merupakan negara pengekspor gliserol terbesar kedua di Asia Tenggara setelah Malaysia.

Kebutuhan gliserol di Indonesia terus meningkat dilihat dari data konsumsinya yang terus meningkat setiap tahunnya. Kebutuhan ini akan terus meningkat karena banyaknya penggunaan gliserol di Indonesia ke depannya. Gliserol merupakan *trihydric alcohol*  $C_3H_8O_3$  yang mempunyai nama dagang gliserin. Gliserol adalah senyawa kimia yang mempunyai prospek besar untuk berkembang secara komersial di dunia industri. Gliserol dapat dihasilkan melalui proses saponifikasi dengan bantuan trigliserida dan NaOH. Proses dari saponifikasi ini akan menghasilkan produk samping berupa sabun. Manfaat dari gliserol ini sangat banyak, diantaranya adalah sebagai bahan dasar pembuatan sabun yang merupakan hasil sampingnya sendiri, kosmetik

dan parfum, industri farmasi, pembuatan tinta, bahan pencegah kekeringan pada tembakau, serta bahan baku industri makanan.

Minyak yang baik adalah minyak yang mengandung asam lemak tak jenuh yang lebih banyak dibandingkan dengan kandungan asam lemak jenuhnya. Setelah penggorengan berkali-kali, asam lemak yang terkandung dalam minyak akan semakin jenuh. Dengan demikian minyak tersebut dapat dikatakan telah rusak atau dapat disebut minyak jelantah. Minyak nabati akan meningkatkan kadar asam lemak jenuh dalam minyak. Minyak nabati dengan kadar asam lemak jenuh yang tinggi akan mengakibatkan makanan yang digoreng menjadi menjadi berbahaya bagi kesehatan, seperti deposit lemak yang tidak normal, kanker, kontrol tidak sempurna pada pusat syaraf (Djarmiko dan Widjaja, 1985).

Minyak goreng dapat digunakan hingga 3 - 4 kali penggorengan. Selama penggorengan, minyak goreng akan mengalami pemanasan pada suhu tinggi 1700 – 1800 °C dalam waktu yang cukup lama. Hal ini akan menyebabkan terjadinya proses oksidasi, hidrolisis dan polimerisasi yang menghasilkan senyawa-senyawa hasil degradasi minyak seperti keton, aldehyd dan polimer yang merugikan kesehatan manusia. Proses – proses tersebut menyebabkan minyak mengalami kerusakan. Kerusakan utama adalah timbulnya bau dan rasa tengik, sedangkan kerusakan lain meliputi peningkatan kadar asam lemak bebas (FFA), bilangan iodin (IV), timbulnya kekentalan minyak, terbentuknya busa, hanya kotoran dari bumbu yang digunakan dan bahan yang digoreng (Ketaren, 1986).

## **1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik**

Kapasitas perancangan produksi adalah salah satu aspek penting dalam proses pra rancangan pabrik. Kapasitas produksi dapat diartikan sebagai jumlah maksimum yang diproduksi oleh pabrik per satuan waktu tertentu. Hal ini menjadi penting karena akan mempengaruhi pada sektor ekonomi pabrik itu sendiri. Dalam melakukan perancangan pabrik ini juga perlu dilakukan dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Adanya ketersediaan bahan baku yang mencukupi.

2. Kebutuhan pasar dalam negeri.

Perlunya peninjauan pemasaran sehingga tidak bisa diputuskan untuk langsung memenuhi kekurangan kebutuhan dalam negeri.

Penentuan kapasitas perancangan ini dapat ditinjau dari data proyeksi impor serta data pabrik gliserol yang sudah berdiri baik dalam negeri maupun luar negeri.

### 1.2.1. Ketersediaan Bahan Baku

Dalam pembuatan pabrik gliserol bahan baku utama yang digunakan adalah minyak goreng bekas. Minyak goreng bekas dapat di peroleh dari Yayasan Lengis Hijau, Bali dengan jumlah kapasitas 330.000 ton/tahun, APJETI (Asosiasi Pengumpul Minyak Jelantah), Jakarta Timur dengan kapasitas 7.200 ton/tahun, dan pengepul minyak jelantah di kota Malang sebanyak 310.320 ton /tahun. Dan bahan baku yang digunakan dalam proses bleaching yaitu karbon aktif yang di dapat dari PT Inkaprima Jaya, Serang, Banten.

### 1.2.2. Data Pabrik Gliserol Komersial di Dunia

Penentuan kapasitas pabrik yang akan didirikan ini dipengaruhi oleh kapasitas pabrik sejenis yang sudah beroperasi. Berikut ini adalah perusahaan-perusahaan yang menghasilkan gliserol :

**Tabel 1.1** Data pabrik di Indonesia yang memproduksi gliserol

<b>Nama Pabrik</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (Ton/tahun)</b>
PT Sinar Oleochemical Int	Medan	12.250
PT Flora Sawita	Medan	5.400
PT Cisadane Raya Chemical	Tangerang	5.500
PT Sumi Asih	Bekasi	3.500
PT Sayap Mas Utama	Bekasi	4.000
PT Bukit Perak	Semarang	1.440
PT Wings Surya	Semarang	3.500
PT Unilever	Surabaya	8.450
<b>Total</b>		44.040

**Tabel 1.2** Data pabrik di Dunia yang memproduksi gliserol

<b>Nama Pabrik</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (Ton/tahun)</b>
Procter & Gamble	Ivorydale, Ohio	72.727
Emery Oleochemicals	Cincinnati, Ohio	29.545
Vantage Chemicals	Chicago, Illinois	27.273
Cargill	Iowa Falls, Iowa	17.045
	Kansas City, Tennessee	13.636
BMC Brogenix	Memphis, Tennessee	13.636
WF	Montgomery, Illinois	13.636
Twin Rivers Technologies	Quincy, Massachusetts	12.727
Evonik	Mapleton, Illinois	9.091
<b>Total</b>		<b>209.318</b>

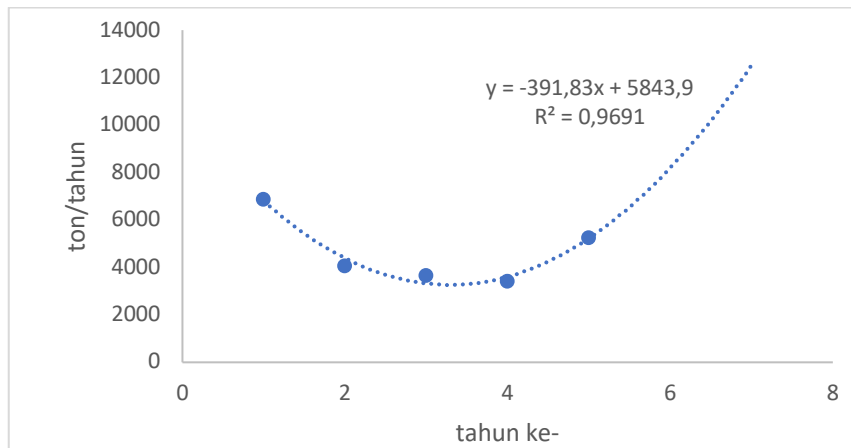
### 1.2.3. Data Impor Gliserol

Data impor gliserol dapat dilihat pada Tabel 1.1 di bawah ini.

**Tabel 1.3** Data impor gliserol di Indonesia

<b>Tahun Ke-</b>	<b>Tahun</b>	<b>Berat (Ton/tahun)</b>
1	2018	6.886,260
2	2019	4.090,679
3	2020	3.676,528
4	2021	3.432,659
5	2022	5.256,117

(sumber : Badan Pusat Statistik 2018-2022)



**Gambar 1.1** Grafik Impor di Indonesia Tahun 2018-2022

Dari Gambar 1.1 diatas, perkiraan impor gliserol pada tahun 2028 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$y = -391.83x + 5843.9$$

dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah impor gliserol. Pabrik direncanakan akan dibangun pada tahun 2028, maka dapat diproyeksi impor gliserol di Indonesia pada tahun 2028 adalah:

$$y = -391.83x + 5843.9$$

$$y = -391.83(11) + 5843.9$$

$$y = 1533.77 \text{ ton/tahun.}$$

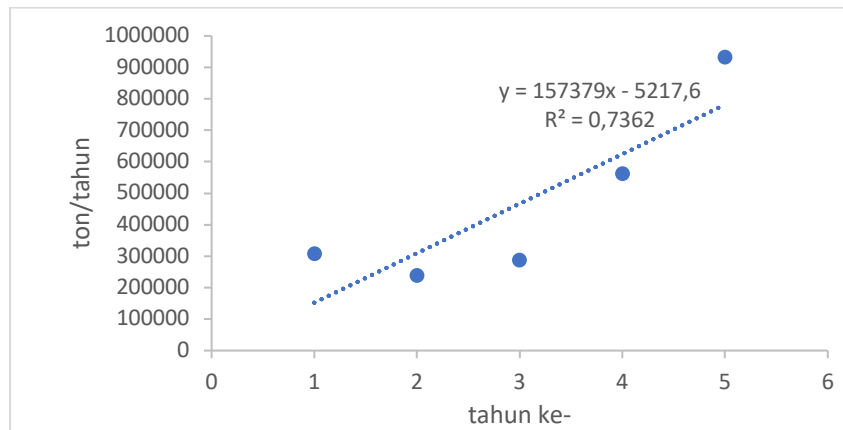
#### 1.2.4. Data Ekspor Gliserol

Data Ekspor gliserol dapat dilihat pada Tabel 1.2 di bawah ini.

**Tabel 1.4** Data ekspor gliserol di indonesia

Tahun Ke-	Tahun	Berat (Ton/tahun)
1	2018	309507.82
2	2019	239282.54
3	2020	288321.91
4	2021	562876.88
5	2022	934604.59

(sumber : Badan Pusat Statistik 2018-2022)



**Gambar 1.2** Grafik Ekspor di Indonesia Tahun 2018-2022

Dari Gambar 1.2 diatas, perkiraan impor gliserol pada tahun 2028 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$y = 157379x - 5217,6$$

dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah impor gliserol. Pabrik direncanakan akan dibangun pada tahun 2028, maka dapat diproyeksi impor gliserol di Indonesia pada tahun 2028 adalah:

$$y = 157379x - 5217,6$$

$$y = 157379(11) - 5217,6$$

$$y = 1725.95 \text{ ton/tahun.}$$

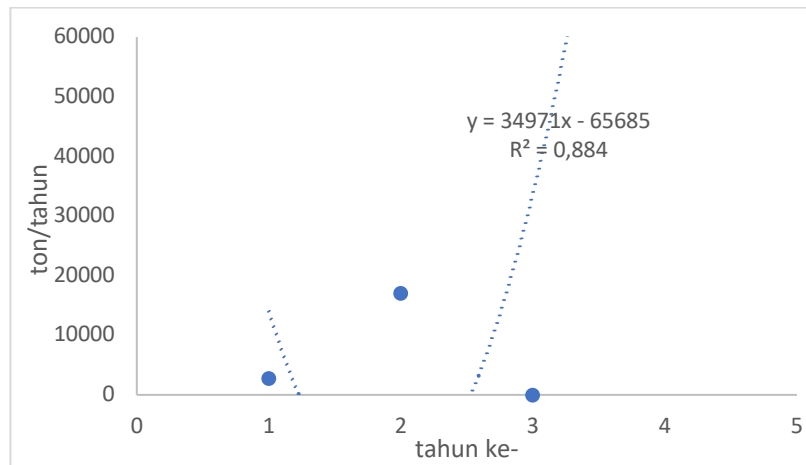
### 1.2.5. Data Konsumsi Gliserol

Data Komsumsi gliserol dapat dilihat pada Tabel 1.3 di bawah ini.

**Tabel 1.5** Data konsumsi gliserol di indonesia

Tahun Ke-	Tahun	Berat (Ton/tahun)
1	2012	2779
2	2013	17094
3	2014	52
4	2015	176219

(sumber : Badan Pusat Statistik 2012-2015)



**Gambar 1.3** Grafik Konsumsi di Indonesia Tahun 2012-2015

Dari Gambar 1.3 diatas, perkiraan konsumsi dari gliserol pada tahun 2028 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$y = 34971x - 65685$$

dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah konsumsi gliserol. Pabrik direncanakan akan dibangun pada tahun 2028, maka dapat diproyeksi konsumsi gliserol di Indonesia pada tahun 2028 adalah:

$$y = 34971x - 65685$$

$$y = 34971(11) - 65685$$

$$y = 563.793 \text{ ton/tahun.}$$

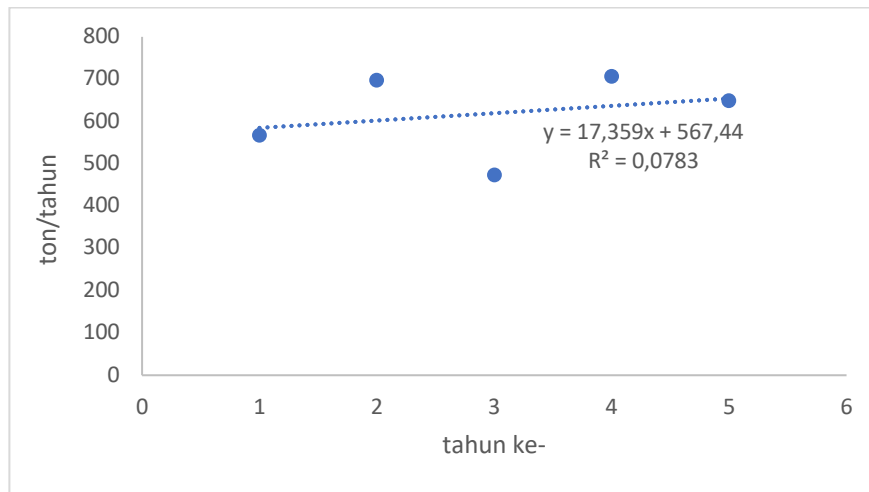
#### 1.2.6. Data Produksi Gliserol

Beberapa pabrik di Indonesia yang memproduksi gliserol dapat dilihat pada Tabel 1.4. Sementara data konsumsi gliserol dalam negeri dapat dilihat pada Tabel 1.4.

**Tabel 1.6** Data produksi gliserol di indonesia

Tahun Ke-	Tahun	Berat (Ton/tahun)
1	2013	567,562
2	2014	697,863
3	2015	474,875
4	2016	707,995
5	2017	649,291

(sumber : Badan Pusat Statistik 2013-2017)



**Gambar 1.4** Grafik Produksi di Indonesia Tahun 2013-2017

Karena nilai R-square sangat kecil maka metode regresi linier tidak bisa digunakan. Maka prediksi data yang digunakan untuk membangun pabrik Gliserol pada tahun 2028 adalah menggunakan metode pertumbuhan rata-rata.

1. Menghitung pertumbuhan rata-rata perhathun (untuk data produksi).

Tahun	Jumlah (ton/tahun)	%P
2013	567,562	0
2014	697,863	0,186
2015	474,875	-0,469
2016	707,995	0,329
2017	649,291	-0,090
<b>Total (<math>\Sigma</math> %P)</b>		-0,004
i		-0,011

$$A. \%P = \frac{697,863 - 567,562}{697,863} \times 100\%$$

$$= 0,186$$

$$B. \Sigma \%P = \text{Sum} (\%P \text{ 2013 s/d } \%P \text{ 2017})$$

$$= -0,044$$

$$C. i = \frac{\Sigma \%P}{n}$$

$$= \frac{-0,044}{4}$$

$$= -0,011$$

2. Menentukan prediksi data produksi pada tahun 2028

$$M_p 2028 = M 2017 \times (1+i)^a$$

$$M_p 2028 = 649,291 \times (1 + -0,011)^{2028-2017}$$

$$M_p 2028 = 574,88 \text{ ton/tahun}$$

Dari hasil keempat persamaan tersebut maka didapatkan peluang kapasitas pabrik gliserol yang akan beroperasi pada tahun 2028 yaitu:

Rumus Peluang Kapasitas : Demand – Supply

Supply	=	Impor + Produksi
	=	1533,77 + 574,88 ton/tahun
	=	2108,65 ton/tahun
Demand	=	Ekspor + Konsumsi
	=	1725,951 + 563.793 ton/tahun
	=	565.518,951 ton/tahun
Peluang Kapasitas	=	565.518.95 - 2378.95 ton/tahun
	=	528.439,29 ton/tahun

Kapasitas pabrik ditentukan sebesar 5% dari peluang = 5% x 528.439,29 ton/tahun.

$$= 26.422 \text{ ton/tahun.}$$

Dari data-data yang ada, kami menyimpulkan untuk mengambil 5% hasil peluang kapasitas, dimana kami mempertimbangkan dari ketersediaan bahan baku minyak jelantah yang ada di indonesia, jumlah pabrik yang memproduksi gliserol di indonesia maupun di luar negeri serta jumlah industri yang menggunakan gliserol atau bisa di sebut konsumen gliserol. Hasil perhitungan perancangan pabrik Gliserol diatas maka pabrik ini akan didirikan dengan kapasitas sebesar 28.000 ton/tahun.

### 1.3 Tinjauan Pustaka

#### 1.3.1 Minyak Goreng Bekas (Minyak Jelantah)

Minyak goreng berulang kali atau yang lebih dikenal dengan minyak jelantah adalah minyak limbah yang bisa berasal dari jenis-jenis minyak goreng seperti halnya minyak jagung, minyak sayur, minyak samin, dan sebagainya. Minyak yang tinggi kandungan LTJ (Lemak Tak Jenuh)-nya memiliki nilai tambah hanya pada gorengan pertama saja, sementara yang lebih tinggi ALJ (Asam Lemak Jenuh)-nya bisa lebih lama lagi, meski pada akhirnya rusak juga. Minyak ini merupakan minyak bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga yang dapat digunakan kembali untuk keperluan kuliner, akan tetapi bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan sehingga dapat menyebabkan penyakit kanker dalam jangka waktu yang Panjang (Thamrin, 2013).

Minyak jelantah merupakan salah satu bahan baku yang memiliki peluang untuk produksi biodiesel karena minyak ini masih mengandung trigliserida. Minyak jelantah merupakan limbah yang berpotensi menimbulkan bau busuk akibat degradasi biologi. Sementara untuk menekan biaya produksi sebagai pedagang biasanya tidak membuang minyak jelantah tersebut (Hanif, 2009). Komposisi asam lemak minyak jelantah dapat dilihat pada Tabel 1.5

**Tabel 1.7** Komposisi asam lemak minyak goreng bekas

Asam Lemak	Komposisi (%)	Berat Molekul (gr/mol)
Asam Lemak (C12:0)	0,3169	200,324
Asam Miristat (C14:0)	0,9158	228,378
Asam Palmitat (C16:0)	39,8943	256,432
Asal Palmitoleiat (C16:1)	0,1612	254,32
Asam Stearate (C18:0)	3,9618	284,486
Asam Oleat (C18:1)	44,4939	282,486
Asam Linoleate (C18:2)	9,5429	280,486
Asam Aradikat (C20:0)	0,3574	312,54
Asam Eikosenoat (C20:0)	0,1392	310,54

### 1.3.2 Minyak dan Lemak

Minyak atau lemak adalah gliserida dari asam lemak dengan gliserol yang disebut juga dengan trigliserida. Ikatan ini terjadi juga karena ketiga gugus hidroksi (OH) pada gliserol diganti oleh tiga gugus asam lemak (*fatty acid*) yaitu RCOO<sup>-</sup>. Secara umum trigliserida memiliki rumus struktur CH<sub>2</sub>COOR-CHCOOR'-CH<sub>2</sub>-COOR'', dimana R, R' dan R'' masing-masing yaitu sebuah rantai alkil yang panjang.

Perbedaan lemak dan minyak sebagai berikut :

1. Lemak mengandung asam lemak jenuh lebih banyak, sedangkan minyak mengandung asam lemak tak jenuh lebih banyak.
2. Pada suhu kamar berupa zat padat, sedang minyak berupa zat cair (Ketaren, 1986).

Berdasarkan sumbernya minyak yang terdapat di alam dibedakan atas sebagai berikut:

1. Minyak mineral, yaitu minyak hidrokarbon makromolekul yang berasal dari fosil-fosil zaman dulu karena pengaruh tekanan dan temperatur. Contoh: minyak lampu, bensin dan lain-lain.
2. Minyak nabati/hewani, yaitu berasal dari tumbuhan/hewan. Minyak essensial/atsiri, yaitu minyak yang diperoleh dari tanaman melalui proses ekstraksi menggunakan pelarut tertentu lalu didestilasi.

Lemak nabati memiliki beberapa jenis asam lemak tak jenuh yang dibedakan atas tiga, yaitu sebagai berikut:

1. *Drying Oil*, yaitu minyak yang sifatnya mudah mengering bila dibiarkan di udara. Contoh: pernis, cat.
2. *Semi Drying Oil*, yaitu minyak yang berubah karena pengaruh suhu. Contoh: minyak biji kapas, minyak bunga matahari.
3. *Non Drying Oil*, yaitu minyak yang tidak mengering karena pengaruh suhu. Contoh: minyak kelapa, minyak kelapa sawit. (Ketaren, 1986)

### 1.3.3 Sifat-Sifat Minyak dan Lemak

Terdapat beberapa sifat-sifat fisika dari minyak dan lemak, diantaranya:

1. Warna, memiliki warna orange disebabkan adanya pigmen karoten yang larut dalam minyak atau lemak tersebut.
2. Kelarutan, minyak dan lemak tidak larut dalam air, kecuali minyak jarak (castor oil).
3. Titik cair dan *polymerphism*, asam lemak tidak memperlihatkan kenaikan titik cair yang linear dengan bertambahnya panjang rantai atom karbon. Asam lemak dengan ikatan trans-mempunyai titik cair yang lebih tinggi daripada isomer asam lemak yang berikatan.
4. *Polymerphism* pada minyak dan lemak adalah suatu keadaan dimana terdapat lebih dari satu bentuk kristal. *Polymerphism* sering dijumpai pada beberapa komponen yang mempunyai rantai karbon panjang dan pemisahan kristal-kristal tersebut sangat sukar. Namun demikian untuk beberapa komponen, bentuk dari kristal-kristal sudah dapat diketahui.
5. *Polymerphism* penting untuk mempelajari titik cair minyak atau lemak dan asam-asam lemak beserta ester-ester. Untuk selanjutnya *polymerphism* mempunyai peranan penting dalam berbagai proses untuk mendapatkan minyak atau lemak.
6. Titik didih, titik didih dari asam-asam lemak akan semakin bertambah besar dengan bertambahnya rantai karbon dari beberapa asam lemak tersebut.
7. Bobot jenis, bobot jenis dari minyak dan lemak biasanya ditentukan pada temperatur  $25^{\circ}\text{C}$ , akan tetapi dalam hal ini dianggap penting juga untuk diukur pada temperatur  $40^{\circ}\text{C}$  atau  $60^{\circ}\text{C}$  untuk lemak yang titik cairnya tinggi. Pada penentuan bobot jenis, temperatur dikontrol dengan hati-hati dalam kisaran temperatur yang pendek.
8. Indeks bias adalah derajat penyimpanan dari cahaya yang dilewatkan pada suatu medium yang cerah. Indeks bias tersebut pada minyak dan lemak dipakai untuk pengenalan unsur kimia dan pengujian kemurnian minyak/lemak.

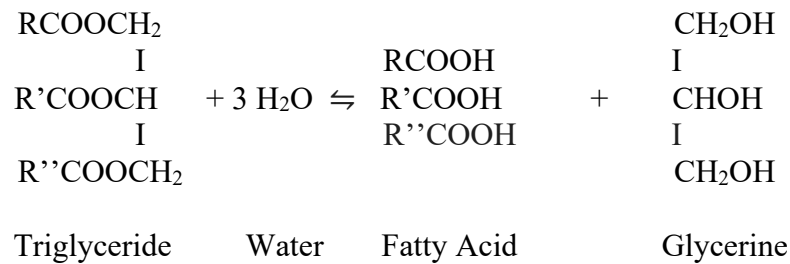
9. Aroma dan rasa pada minyak/lemak selain terdapat secara alami juga terjadi karena terdapatnya asam-asam yang berantai sangat pendek sekali sebagai hasil penguraian yang menyebabkan kerusakan pada minyak/lemak.
10. Titik lebur (melting point) pada minyak dan lemak akan semakin tinggi dengan semakin panjangnya rantai atom C. Minyak dan lemak jika dituangkan di atas air akan membentuk lapisan tipis yang merata di atas permukaan air tersebut.
11. *Odor* dan *flavor*, pada lemak/minyak selain terdapat secara alami, juga terjadi karena pembentukan asam-asam berantai pendek sebagai hasil dari penguraian pada kerusakan lemak/minyak. Akan tetapi pada umumnya odor dan flavor ini disebabkan oleh komponen bukan minyak.
12. Titik asap, titik nyala dan titik api. Apabila minyak atau lemak, dapat dilakukan penetapan titik asap, titik nyala dan titik api. Titik asap adalah temperatur pada saat lemak atau minyak menghasilkan asap tipis yang kebiru-biruan pada pemanasan. Titik nyala adalah temperatur pada saat campuran uap dan minyak dengan udara mulai terbakar. Sedangkan titik api adalah temperatur pada saat dihasilkan pembakaran yang terus menerus sampai habisnya contoh uji.
13. Shot melting point adalah temperatur pada saat terjadi tetesan pertama dari minyak atau lemak. Pada umumnya lemak atau minyak mengandung komponen-komponen yang berpengaruh terhadap titik cairnya (Ketaren, 1986).

Pembuatan gliserol bisa dilakukan dalam berbagai cara, antara lainnya adalah:

1. Hidrolisis

Terdiri dari dua kata yaitu hidro yang artinya air dan lisis yang artinya terurai atau pecah. Sehingga hidrolisis dapat diartikan penguraian atau perpecahan molekul air ( $H_2O$ ) menjadi  $OH^-$  yaitu anion hidroksil dan  $H^+$

sebagai kation hidrogen. Hidrolisis juga dapat didefinisikan sebagai proses penguraian pada suatu molekul yang disebabkan oleh air (H<sub>2</sub>O). Hidrolisis trigliserida dari lemak dan minyak dengan kenaikan temperatur dan tekanan menghasilkan asam lemak dan gliserol. Berikut adalah reaksi hidrolisis trigliserida:



Gambar 1.5 Proses Hidrolisis

Hidrolisis adalah sebuah reaksi homogen yang terjadi secara bertahap. Asam lemak berpindah dari trigliserida satu per satu dari tri ke di ke mono. Selama tahap awal, reaksi berlangsung perlahan-lahan, terbatas dengan kelarutan air dalam minyak yang rendah. Pada tahap kedua, reaksi berlangsung lebih cepat karena kelarutan air yang lebih besar dalam asam lemak. Tahap akhir ditandai dengan laju reaksi berkurang sebagai asam lemak bebas dan gliserin mencapai kondisi kesetimbangan. Hidrolisis merupakan reaksi *reversible*. Pada titik kesetimbangan, tingkat hidrolisis dan re-esterifikasi adalah sama. Gliserin harus diambil secara kontinyu agar reaksi sempurna (*Bailey's, 1951*).

Proses hidrolisis terbagi menjadi 3 metode proses:

1. Proses *Twitchell*

Proses ini adalah proses pertama yang ditemukan untuk pemisahan minyak. Proses ini tetap digunakan pada skala kecil, karena biaya dan instalasi serta pengoperasiannya mudah dan murah. Tetapi karena konsumsi energinya besar dan kualitas produknya buruk, maka proses ini tidak lagi digunakan secara komersial. Proses ini menggunakan reagen Twitchell dan asam sulfat untuk katalisasi fat splitting. Reagen

tersebut merupakan campuran tersulfonasi dari oleat atau asam lemak lainnya dengan sejumlah naphthalene. Proses Twitchell berlangsung dalam suatu tangki kayu berlapis timbal atau logam tahan asam, dimana minyak, air (sekitar separuh dari jumlah minyak), 1-2% asam sulfat, dan 0,75-1,25% reagen Twitchell dididihkan pada tekanan atmosfer selama 36-48 jam dengan bantuan open steam. Pada tahap akhir air ditambahkan dan larutan dididihkan untuk mencuci asam yang tertinggal. Waktu reaksi yang cukup panjang, konsumsi steam yang besar, dan terjadinya pemudaran warna asam lemak merupakan kelemahan dari proses ini. Sehingga saat ini sangat dibatasi penggunaannya.

## 2. Proses *Batch Autoclave*

Metode ini merupakan metode komersial tertua untuk pemisahan minyak berkualitas tinggi untuk menghasilkan asam lemak berwarna terang. Metode ini lebih cepat dibandingkan dengan Twitchell, yaitu sekitar 6-10 jam hingga reaksi sempurna. Untuk pemisahan ester gliseridanya biasanya digunakan proses distilasi. Proses *Batch Autoclave* umumnya menggunakan katalis ZnO (paling aktif), MgO atau CaO, sebesar 2-4% dan sejumlah kecil debu zinc untuk memperbaiki warna asam lemak. *Autoclave* yang digunakan berupa silinder, dengan diameter 1220-1829 mm dan tinggi 6-12 m, terbuat dari bahan anti korosi dan sepenuhnya terisolasi, ada juga yang menggunakan pengaduk mekanis. Dalam operasinya, *autoclave* diisi minyak, air (sekitar separuh dari jumlah minyak), dan katalis, lalu *autoclave* ditutup. Steam diinjeksikan untuk menghilangkan udara terlarut dan untuk menaikkan tekanan hingga 1135 kPa, injeksi steam dilakukan secara kontinyu pada bagian bawah untuk mendapatkan pengadukan dan tekanan operasi yang diinginkan. Konversi yang didapatkan dapat mencapai lebih dari 95%, setelah reaksi selama 6-10 jam. Isi dari *autoclave* dipindahkan dalam pengendap, dimana

terbentuk 2 lapisan (lapisan atas asam lemak dan lapisan bawah gliserol). Asam lemak dikeluarkan dan gliserol yang tertinggal ditambahkan dengan asam mineral untuk memisahkan sabun yang terbentuk, dan selanjutnya dibilas untuk menghilangkan sisa asam mineral.

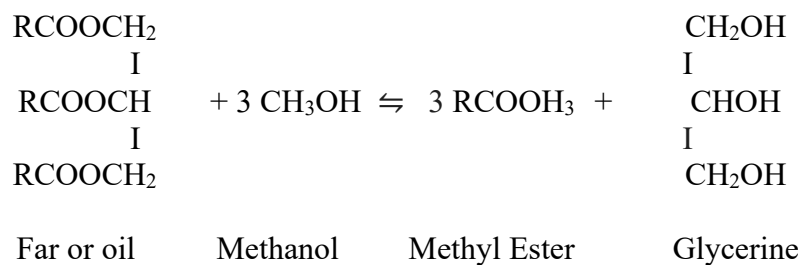
### 3. Proses *Continuous*

Proses pemisahan minyak dengan tekanan tinggi secara kontinu dan *counter current*, lebih dikenal dengan proses *Colgate-Emery*. Yaitu metode yang paling efisien dari pemisahan minyak. Tekanan dan suhu tinggi digunakan untuk waktu reaksi yang relatif lebih singkat. Aliran minyak dan air secara berlawanan arah menghasilkan pemisahan berderajat tinggi tanpa menggunakan katalis. Katalis berguna untuk mempercepat reaksi. Menara pemisahan tergantung dari kapasitasnya. Biasanya menara tersebut berdiameter 508-1220 mm dan tinggi 18-25 m, terbuat dari bahan anti korosi seperti *stainless steel* 316 atau paduan *inconel* yang didesain khusus untuk kondisi operasi  $\pm 5000$  kPa. Minyak dimasukkan melalui saluran yang berada pada bagian bawah menara dengan menggunakan pompa bertekanan tinggi. Air masuk melalui puncak kolom dengan rasio 40-50% berat minyak. Suhu pemisahan yang tinggi (250- 260°C) akan dapat memastikan pelarutan air ke dalam minyak, sehingga tidak lagi diperlukan pengontakan kedua fase tersebut secara mekanik. Volume kosong dalam menara digunakan untuk terjadinya reaksi. Feed minyak masuk melalui dasar kolom menuju ke atas, sementara air masuk pada bagian atas kolom dan mengalir melewati fase minyak menuju ke bawah. Derajat pemisahan pada proses ini mencapai 99%. Proses ini lebih efisien bila dibandingkan dengan proses lain karena waktu reaksi yang relatif singkat yaitu hanya sekitar 2-3 jam. Dalam reaksi ini terjadi pemudaran warna asam lemak. Karena pertukaran panas internal yang cukup

efisien proses ini cukup ekonomis dalam penggunaan steam (*Bailey's, 1951*).

## 2. Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan proses reaksi antara lemak dan minyak dengan methanol menggunakan katalis menghasilkan gliserol dan metil ester dengan bantuan katalis.

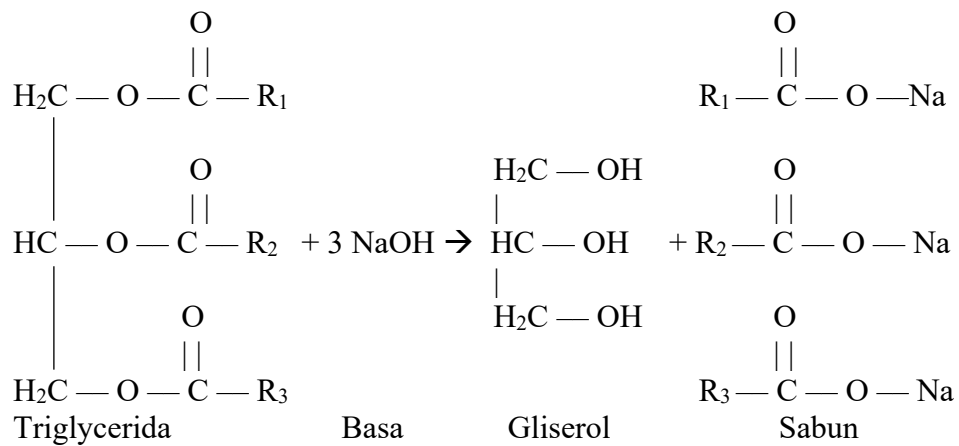


**Gambar 1.6** Reaksi Transesterifikasi

Proses transesterifikasi dapat dilakukan secara batch pada tekanan atmosfer dan pada suhu 60-70°C dengan metanol berlebih dan dengan katalis basa. Kondisi reaksi ringan, namun, memerlukan penghilangan asam lemak bebas dari minyak dengan penyulingan atau pre-esterifikasi sebelum transesterifikasi. *Pretreatment* ini tidak diperlukan jika reaksi dilakukan di bawah tekanan tinggi (9000 kPa) dan suhu tinggi (240°C). Dengan kondisi tersebut, esterifikasi simultan dan transesterifikasi berlangsung. Campuran pada akhir reaksi diendapkan. Pada bagian bawah yaitu lapisan gliserin diambil sedangkan lapisan metil ester pada bagian atas dicuci untuk menghilangkan gliserin yang tertahan kemudian diproses lebih lanjut. Kelebihan metanol direcover dalam kondensor, dikirim ke kolom rektifikasi untuk pemurnian, dan daur ulang. Transesterifikasi kontinyu cocok untuk kebutuhan kapasitas besar. Dengan berdasarkan pada kualitas bahan baku, unit dapat dirancang untuk beroperasi pada tekanan tinggi dan suhu tinggi atau pada tekanan atmosfer dan sedikit kenaikan suhu.

### 3. Saponifikasi

Saponifikasi merupakan proses antara minyak dengan soda kaustik menjadi gliserol dengan produk samping sabun. Reaksi saponifikasi adalah sebagai berikut:



**Gambar 1.7** Proses Saponifikasi

Saponifikasi ini merupakan salah satu proses pembuatan gliserol dari lemak dan minyak yang direaksikan dengan soda kaustik (NaOH) menghasilkan sabun dan *lye soap* yang mengandung 8-12% gliserin.

Lemak dan minyak dapat disabunkan melalui proses *full-boiling*. Proses saponifikasi dapat dijelaskan secara singkat yaitu campuran lemak dan minyak diumpankan ke dalam ketel bersama soda kaustik dengan konsentrasi tertentu, dan beserta penambahan garam. Campuran dipanaskan dengan energi tinggi, menggunakan closed steam coils, hingga proses saponifikasi selesai. Jumlah soda kaustik yang ditambahkan sengaja dibuat kurang dari kebutuhan stoikiometri, untuk memastikan pengurangan sabun alkali yang mengandung gliserin agar memiliki alkalinitas minimum. Soda kaustik dalam sabun alkali dinetralkan selama treatment selanjutnya. Garam yang digunakan dalam alkali diperlukan untuk menjaga sabun pada daerah butir dan memudahkan pemisahan sabun dan alkali. Tahap terakhir adalah pengambilan setelah pengendapan

dan dipindahkan ke bagian pengolahan gliserin. Sementara itu, sabun mengalami pendidih lebih lanjut dan *multiple washing* secara *counter current* untuk menyelesaikan proses saponifikasi dan disertai proses pengambilan gliserin. Pendidihan sabun secara kontinyu yang secara luas dipraktekkan adalah menggunakan *multiple washing coloumn* atau sentrifugal. Tujuannya adalah untuk mengoptimalkan recovery gliserin (Bailey's, 1951).

Dapat dilihat kelebihan dan kekurangan proses pembuatan Gliserol pada Tabel 1.8.

**Tabel 1.8** Kelebihan dan kekurangan proses pembuatan gliserol

	Hidrolisis	Transesterifikasi	Saponifikasi
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaksi berlangsung satu arah</li> <li>• Kemurnian produk yang dihasilkan mencapai 99%</li> <li>• Proses tidak terlalu rumit</li> <li>• Konversi 90%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemurnian produk akhir gliserol 90%</li> <li>• Kandungan gliserol 25-30%</li> <li>• Trigliserida dapat ditransesterifikasi dengan mudah secara <i>batchwise</i> pada suhu 60°C-70°C dengan metanol berlebih dan menggunakan katalis alkalin.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kandungan gliserol mencapai 10-25%</li> <li>• Kemurnian produk akhir mencapai 98%</li> <li>• Bahan baku murah dan mudah di dapatkan</li> <li>• Reaksi berlangsung satu arah dan tidak <i>reversible</i></li> <li>• Konversi 99%</li> </ul>
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kondisi operasi membutuhkan tekanan yang tinggi yaitu 55 bar dan suhu tinggi 260 °C</li> <li>• Menghasilkan produk samping garam berlebih</li> <li>• Memerlukan investasi peralatan yang mahal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menggunakan katalis</li> <li>• Memerlukan biaya yang mahal untuk bahan baku dan peralatan</li> <li>• Produk gliserol merupakan produk samping industri metil ester</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaksinya lambat</li> <li>• Membutuhkan katalis</li> </ul>

(Sumber : Faith Keyes, 1955 dan *Analysis of Chemical Reactors for Saponification*, 2018)

Sebelum memilih proses yang tepat dan baik, perlu adanya dilakukan perbandingan antara beberapa metode alternatif baik dari segi teknis dan ekonomi. Dilakukan perbandingan antara 3 proses antara Hidrolisis, Transesterifikasi dan Saponifikasi. Dapat dilihat perbandingan pada 3 proses pembuatan gliserol pada Tabel 1.9.

**Tabel 1.9** Perbandingan proses pembuatan gliserol

Kriteria	Jenis Proses		
	Hidrolisis	Transesterifikasi	Saponifikasi
Bahan Baku	Trigliserida dan Air	Trigliserida dan Metanol	Trigliserida dan NaOH
Suhu	240-260 °C	60-70 °C	60-100 °C
Tekanan	45-50 bar	<10 kbar	1 atm
Fase	Cair	Cair	Cair
Konversi	±95%	99%	99%

Berdasarkan perbandingan dari macam-macam proses pembuatan gliserol dengan adanya kelebihan dan kekurangan masing-masing proses, maka proses yang dipilih dalam pembuatan gliserol ini adalah proses saponifikasi karena proses ini menggunakan suhu dan tekanan yang tidak tinggi, serta kemurnian produk akhir mencapai 98% dengan konversi 99%. Pada proses saponifikasi ini menggunakan bahan baku yang mudah didapatkan dan jumlahnya banyak di Indonesia, serta produk yang dihasilkan lebih menguntungkan.

#### 1.3.4 Gliserol

Gliserol adalah sebuah komponen utama dari semua lemak dan minyak, dalam bentuk ester yang disebut gliserida. Gliserol merupakan hasil dari reaksi antara trigliserida dengan NaOH. Saat ini, nama gliserol mengacu pada senyawa kimia murni dan komersial dikenal dengan gliserin. Gliserol atau gliserin atau 1,2,3- propanatriol merupakan sebuah alkohol trihidrat berupa

cairan higroskopis, kental, bening dengan rasa manis pada suhu kamar di atas titik lelehnya. (Kirk, R.E. and Othmer, 1978).

Gliserol memiliki tekanan uap yang rendah maka gliserol dianggap tidak menimbulkan bahaya terhirup pada suhu kamar normal. Uap atau kabut pada konsentrasi yang cukup dapat mengganggu fungsi pernafasan. Pada suhu yang meningkat, asapnya dapat menyebabkan iritasi dan dehidrasi membran mukosa. Gejala yang ditimbulkan termasuk batuk dan kesulitan bernafas. Bila memasuki area pemaparan gunakan kantong masker berkatup atau pernafasan penyelamatan.

Gliserol yang dihasilkan dari hidrolisa lemak atau minyak pada unit *fat Splitting* ini masih terkandung dalam air manis (*sweet water*). Kandungan gliserol dalam air manis biasanya diuapkan untuk mendapatkan gliserol murni (gliserin). Biasanya untuk pemurnian gliserol ini memerlukan beberapa tahap proses, seperti pemurnian dengan *centrifuse*, evaporasi dan filtrasi.

Tujuan dari *centrifuse* ini adalah untuk menghilangkan asam lemak bebas sisa dan kotoran padat yang masih ada dalam air. Untuk operasi ini digunakan pemisah *centrifuse*. Padatan air manis ini sangat mahal karena kadar gliserol dalam air manis biasanya rendah yaitu sekitar 10-12%. Pada proses *recovery* gliserol dari *sweet water* dilakukan dengan menggunakan *triple effect evaporator*. Untuk menuapkan 1kg air diperlukan 1,1 kg uap. Tekanan evaporator pertama 1 atm, evaporator kedua 3 atm dan evaporator ketiga 5 atm. Pada operasi pabrik ini, konsumsi uap dapat berkurang sampai 350 kg per 1000 kg air yang diuapkan.

Gliserol yang dihasilkan pabrik evaporasi mengandung sekitar 88% gliserol, 9- 10% air dan 2-3% kotoran. Permintaan mutu gliserol tergantung pada pangsa pasar. Bila mutu gliserol yang dihasilkan masih kurang baik maka gliserol tersebut harus dimurnikan dengan cara destilasi. (Tambun, 2006)

Terdapat beberapa kegunaan atau manfaat dari adanya gliserol yang berupa bahan baku, ataupun bahan penambah seperti:

1. Kosmetik; digunakan sebagai *body agent*, *emollient*, *humectant*, *lubricant*, *solven*. Biasanya dipakai untuk *skin cream* dan *lotion*, *shampoo* dan *hair conditioner*, sabun dan detergen.
2. Dental cream; digunakan sebagai *humectant*.
3. Peledak; digunakan untuk membuat nitroglycerine sebagai bahan dasar peledak.
4. Industri makanan dan minuman; digunakan sebagai *solven emulsifier*, *conditioner*, *freeze preventer* dan *coating*. Digunakan dalam industri minuman anggur dan minuman lainnya.
5. Industri logam; digunakan untuk *pickling*, *quenching*, *stripping*, *electroplating*, *galvanizing* dan *solfering*.
6. Industri kertas; digunakan sebagai *humectant*, *plasticizer*, *softening agent*, dan lain-lain.
7. Industri farmasi; digunakan untuk antibiotik, capsule dan lain-lain.
8. Photography; digunakan sebagai plasticizing.
9. Resin; digunakan untuk *polyurethanes*, *epoxies*, *phtalic acid* dan *malic acid resin*.
10. Industri tekstil; digunakan *lubricating*, *antistatic*, *antishrink*, *waterproofing* dan *flameproofing*.
11. Tobacco; digunakan sebagai *humectant*, *softening agent* dan flavor enhancer.

## 1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

### 1.4.1 Tinjauan Termodinamika

#### Entalpi Reaksi ( $\Delta H_r$ )

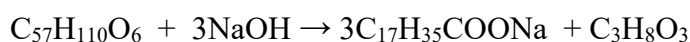
Enthalpi reaksi ( $\Delta H_r$ ) merupakan jenis reaksi yang paling umum dan sering digunakan karena jenis entalpi tersebut merupakan panas yang terlibat dalam perubahan secara reaksi kimia. Dalam menentukan nilai  $\Delta H_r$  reaksi dibutuhkan data entalpi masing-masing komponen. Nilai entalpi pembentukan masing-masing komponen dapat dilihat pada tabel 1.8. Nilai  $\Delta H$  reaksi pada suhu 25°C (298,15 K) diperoleh sebagai berikut.

**Tabel 1.10** Data eltalphi  $\Delta H^{\circ}f$  (298)

$\Delta H^{\circ}f$		
$C_{57}H_{110}O_6$	-35806,7	kJ/mol
NaOH	-425,6	kJ/mol
$C_{17}H_{35}COONa$	-1140,75	kJ/mol
$C_3H_8O_3$	-582,8	kJ/mol

(Sumber : Yaws, 1999)

Reaksi persamaan gliserol adalah sebagai berikut.



Sehingga panas pembentukan reaksi dapat dicari dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\Delta H \text{ reaksi} &= \sum H \text{ produk} - \sum H \text{ reaktan} \\ &= (-35806,7 + (2 \times 425,6)) - ((3 \times -1140,75) + (-582,8)) \\ &= 33078,45 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Pembentukan gliserol merupakan reaksi endotermis (reaksi membutuhkan panas). Hal ini ditunjukkan dengan harga eltalphi bernilai positif yaitu 33078,45 kJ/mol gliserol yang terbentuk.

### Energi Gibbs ( $\Delta G_r$ )

Menurut Josiah Willard Gibbs (1873), Energi Gibbs pembentukan standar pada suatu senyawa adalah perubahan energi bebas yang disertai pembentukan 1 mol zat tersebut dari unsur penyusunannya. Perubahan harga Energi Gibbs dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K$$

Nilai  $\Delta G^{\circ}$  pada suhu 25°C (298,15) diperoleh sebagai berikut.

**Tabel 1.11** Data nilai energi *Gibs*

$\Delta G^{\circ}$		
$C_{57}H_{110}O_6$	-275,1	kJ/mol
NaOH	-379,5	kJ/mol
$C_{17}H_{35}COONa$	609,4	kJ/mol
$C_3H_8O_3$	-448,5	kJ/mol

(Sumber : Yaws, 1999)

Untuk mencari  $\Delta G$  reaksi menggunakan data diatas dengan cara yang sama seperti mencari  $\Delta H$  reaksi, yaitu.

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ &= \sum G \text{ produk} && - && \sum G \text{ reaktan} \\ \Delta G^\circ &= (-275,1 + (3 \times (-379,5))) && - && (3 \times (609,4) + (-448,5)) \\ \Delta G^\circ &= 2.793,34 && && \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

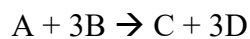
Dengan didapatkan energi *Gibs* reaksi, dapat dihitung konstanta kesetimbangan dengan menggunakan cara berikut.

$$\begin{aligned}-\ln K_{298,15} &= \frac{\Delta G^\circ}{RT} \\ -\ln K_{298,15} &= \frac{2.793,34 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{\frac{8.314,10^{-3} \text{kJ}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \times 298,15 \text{ K}} \\ K_{298,15} &= 100172418,8\end{aligned}$$

Nilai K sangat besar maka dapat reaksi pada proses pembentukan gliserol dari minyak goreng bekas adalah satu arah (*irreversible*).

#### 1.4.2 Tinjauan Kinetika

Reaksi dapat dituliskan sebagai berikut :



Reaksi dianggap orde 2 (r. Raghad Fareed Kassim Almilly, 2014)

Maka persamaan nya adalah :

$$\begin{aligned}K &= Ae^{-Ea/RT} \\ \ln k &= \ln A - \frac{Ea}{RT} \\ \ln k &= \ln A - \left(\frac{Ea}{R}\right) \left(\frac{1}{T}\right) \gg y = a + bx\end{aligned}$$

A = Faktor Arrhenius

Ea = Energi Aktivasi

T = Temperature (K)

$$\begin{aligned}k &= Ae^{-Ea/RT} \\ &= 9,83 \times 10^5 \times \left(\frac{-20,4}{8,314 \times 373,15}\right)\end{aligned}$$

= 3,275 L/mol.jam

sumber:

*Journal of Earth Energy Science, Engineering, and Technology*,  
Vol. 5, No. 2, 2022

## **BAB II**

### **PERANCANGAN PRODUK**

## 2.1 Spesifikasi Produk

### 2.1.1 Gliserol

1. Rumus Molekul :  $C_3H_8O_3$
2. Berat Molekul : 92 g/mol
3. Heat of Fusion : 47,49 cal/g
4. Titik Beku : 291,33 K
5. Titik Didih : 563,15 K
6. Titik Kritis : 723,00 K
7. Tekanan Kritis : 40 bar
8. Densitas : 1,261 g/cm<sup>3</sup>
9. Viskositas : 1412 cps
10. Kapasitas Panas (Cp) : 139,1662 J/mol.K
11. Konduktivitas : 0,285 W/m.K pada 30°C
12.  $\Delta H_f$  : -665,9 kJ/mol
13.  $\Delta G$  : -475,5 kJ/mol

(Othmer,1983)

### 2.1.2 Sabun

1. Rumus Kimia :  $C_{17}H_{35}COONa$
2. Berat Molekul : 306 g/mol
3. Titik Lebur : 1073,8 K
4. Titik Didih : 326 K
5. Titik Kritis : 3900 K
6. Densitas : 0,93 g/cm<sup>3</sup>
7. Kapasitas Panas (Cp) : 3 joule/mol.c
8. Wujud : Cairan

(Yaws,1999)

## 2.2 Spesifikasi Bahan Baku

### 2.2.1 Minyak Goreng Bekas

#### Trigliserida (Triolein)

1. Rumus Kimia :  $C_{57}H_{104}O_6$
2. Berat Molekul : 885 Kg/mol
3. Fase : Cair (T = 30 °C, P = 1 atm)
4. Komposisi : 94%
5. Titik Didih : 360 °C
6. Viskositas : 24,5710 cP
7. Densitas : 915 kg/cm<sup>3</sup>
8. Kelarutan : Tidak larut dalam air

(Ketaren,1985)

### 2.2.2 Air

1. Rumus Kimia :  $H_2O$
2. Berat Molekul : 18 Kg/mol
3. Fase : Cair (T = 30 °C, P = 1 atm)
4. Komposisi : 100% Air
5. Titik Didih : 100 °C
6. Titik Beku : 0 °C
7. Viskositas : 0,89 m Pa.s (liquid)

(Perrys,1999)

### 2.2.3 Natrium Hidroksida

1. Rumus Kimia : NaOH
2. Berat Molekul : 40 g/mol
3. Titik Didih : 1390 °C
4. Titik Beku : 322,85 °C
5. Titik Kritis : 2546,85 °C
6. Tekanan Kritis : 253,31 bar
7. Densitas : 2,1 g/ cm<sup>3</sup>
8.  $\Delta H$  : -469,15 kJ/mol 10.
9.  $\Delta G$  : -419,2 kJ/mo

- 10. Bau : Tidak berbau
- 11. Fase : Padatan putih, 25°C, 1 atm
- 12. Kemurnian : 99%

(Perrys, 1999)

## 2.3 Spesifikasi Bahan Pembantu

### 2.3.1 Karbon Aktif

- 1. Nama Produk : Activated Charcoal
- 2. Berat Molekul : 12 g/mol
- 3. Fase : Solid (granular solid)
- 4. Warna : Hitam
- 5. Titik leleh : 3.500 °C
- 6. Temperatur kritis : 6.810 °C
- 7. *Specific gravity* : 3,51
- 8. Kelarutan : Tidak larut dalam air dingin dan air panas

(Ketaren, S. 1986)

### 2.3.2 Asam Sulfat

- 1. Rumus Kimia : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- 2. Berat Molekul : 98 g/mol
- 3. Titik Didih : 249 °C
- 4. Titik Leleh : 10,49 °C
- 5. Densitas : 1,751 g/ cm<sup>3</sup>
- 6. Spesifik gravitasi : 1,84
- 7. Fase : Cair
- 8. Kenampakan : Cairan tak berwarna
- 9. Kemurnian : 98% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 2% H<sub>2</sub>O

(Perry, 1997)

## 2.4 Pengendalian Kualitas

Untuk menghasilkan produk gliserol yang mempunyai spesifikasi dan kualitas sesuai dengan standar yang diinginkan, maka diperlukan suatu

pengendalian kualitas yang terdiri atas pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas produksi, pengendalian terkait waktu produksi dan pengendalian kualitas produk.

#### **2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku**

Pengendalian kualitas bahan baku bertujuan untuk memastikan apakah bahan baku yang akan digunakan telah sesuai dengan spesifikasi bahan baku yang telah ditentukan untuk proses produksi. Pengendalian kualitas bahan baku dilakukan pada awal proses, sebelum bahan baku memasuki proses produksi dengan cara melakukan beberapa pengujian terhadap bahan baku yang digunakan, dalam hal ini *epichloronhydrin*, natrium carbonate, air dan asam klorida.

#### **2.4.2 Pengendalian Kualitas Proses**

Pengendalian kualitas proses produksi pada pabrik gliserol ini menggunakan system *control* otomatis (*automatic control system*) yang dilakukan di ruang kendali (*control room*). Pengendalian kualitas proses produksi yang dilakukan meliputi *control* aliran (*flow control* dan *level control*) dan *control* kondisi operasi (*temperature controller* dan *pressure controller*) terhadap bahan baku maupun produk. Jika terdapat Indikasi penyimpanan proses, maka *controller* akan memberikan isyarat/tanda baik berupa bunyi, nyala lampu dan lain-lain sehingga operator dapat segera melakukan Tindakan untuk mengembaikan proses produksi seperti semula baik secara otomatis maupun manual.

Beberapa alat *control* yang digunakan dan harus diatur pada kondisi tertentu adalah sebagai berikut.

##### a. *Flow Control* (FC)

Merupakan alat yang dipasang untuk mengatur laju alir suatu aliran fluida, baik aliran masuk maupun keluar dengan memanfaatkan sinyal *pneumatic* yang diubah menjadi sinyal *electric* berupa arus (miliamper) yang akan dikirim menuju *control valve* yang sebelumnya diubah lagi menjadi sinyal *pneumatic* sehingga mampu menggerakkan *valve*. Prinsip

kerja secara umum pada alat ini yaitu memanfaatkan perbedaan tekanan dimana P1 lebih besar daripada P2 sehingga diperoleh dengan nilai  $\Delta P$  dan akan dikalibrasikan sesuai dengan *set point* yang diinginkan.

b. *Level Control (LC)*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian dinding tangki untuk mengukur ketinggian bahan pada suatu alat. Jika ketinggian atau level bahan kurang atau lebih dari kondisi yang telah ditetapkan, maka dapat diketahui dari tanda/isyarat yang muncul. Alat tersebut memanfaatkan sinyal *pneumatic* yang diubah menjadi sinyal *electric* berupa arus (miliamper) yang akan dikirim menuju *control valve* yang sebelumnya diubah lagi menjadi sinyal *pneumatic* sehingga mampu menggerakkan *valve sehingga tercapai level yang sesuai dengan kondisi yang ditetapkan.*

c. *Temperature Controller (TC)*

*Temperature controller* merupakan alat yang dapat mendeteksi suhu bahan atau alat. Secara umum, *temperature controller* mempunyai *set point* atau batasan nilai suhu yang telah ditetapkan. Ketika nilai suhu bahan atau alat yang diukur melebihi atau kurang dari *set point*, maka alat ini akan memberikan sinyal sehingga dapat segera dilakukan pengendalian.

d. *Pressure Control (PC)*

*Pressure controller* merupakan alat yang digunakan untuk mengamati tekanan operasi suatu alat dan bila terjadi perubahan atau penyimpangan dari *set point* yang telah ditetapkan, alat ini akan memberikan sinyal sehingga dapat segera dilakukan pengendalian.

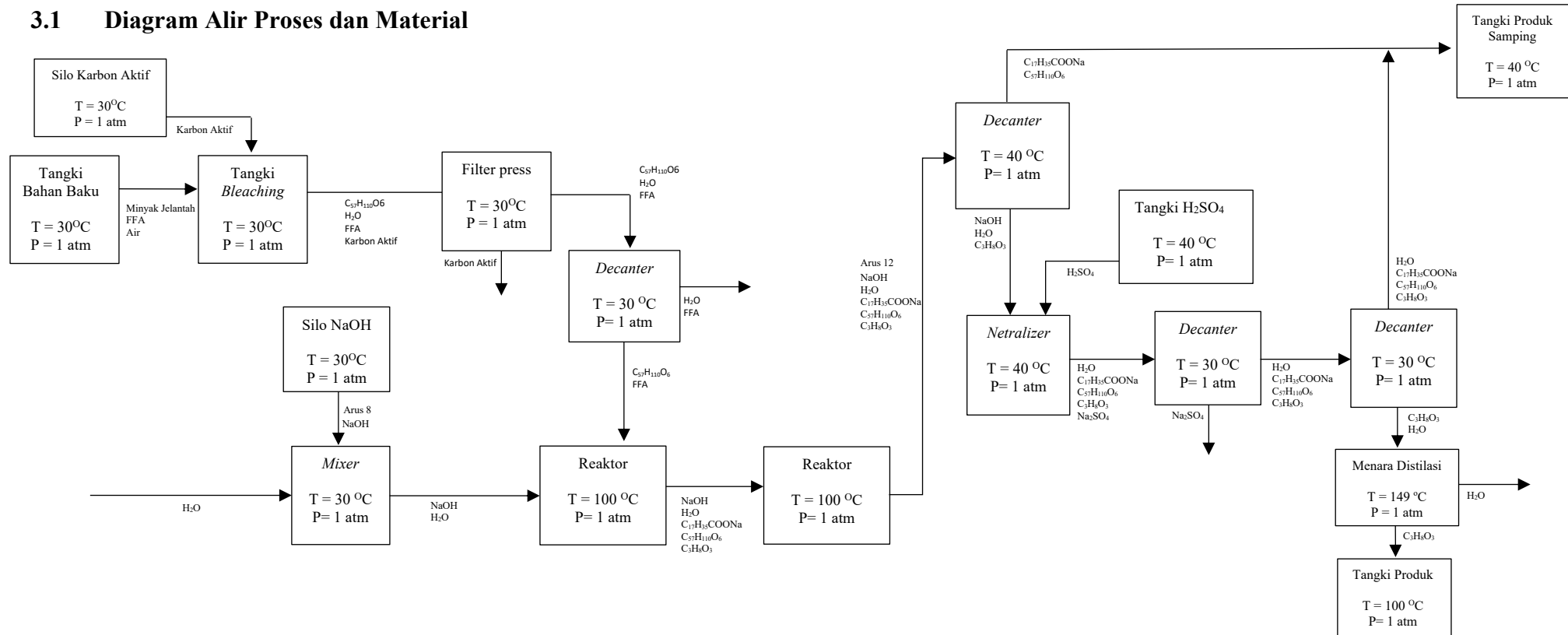
### **2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk**

Sama halnya dengan pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas produk juga bertujuan untuk memastikan apakah produk gliserol yang dihasilkan telah sesuai dengan standar mutu dan spesifikasi produk yang telah ditentukan. Pengendalian kualitas produk dilakukan dengan cara

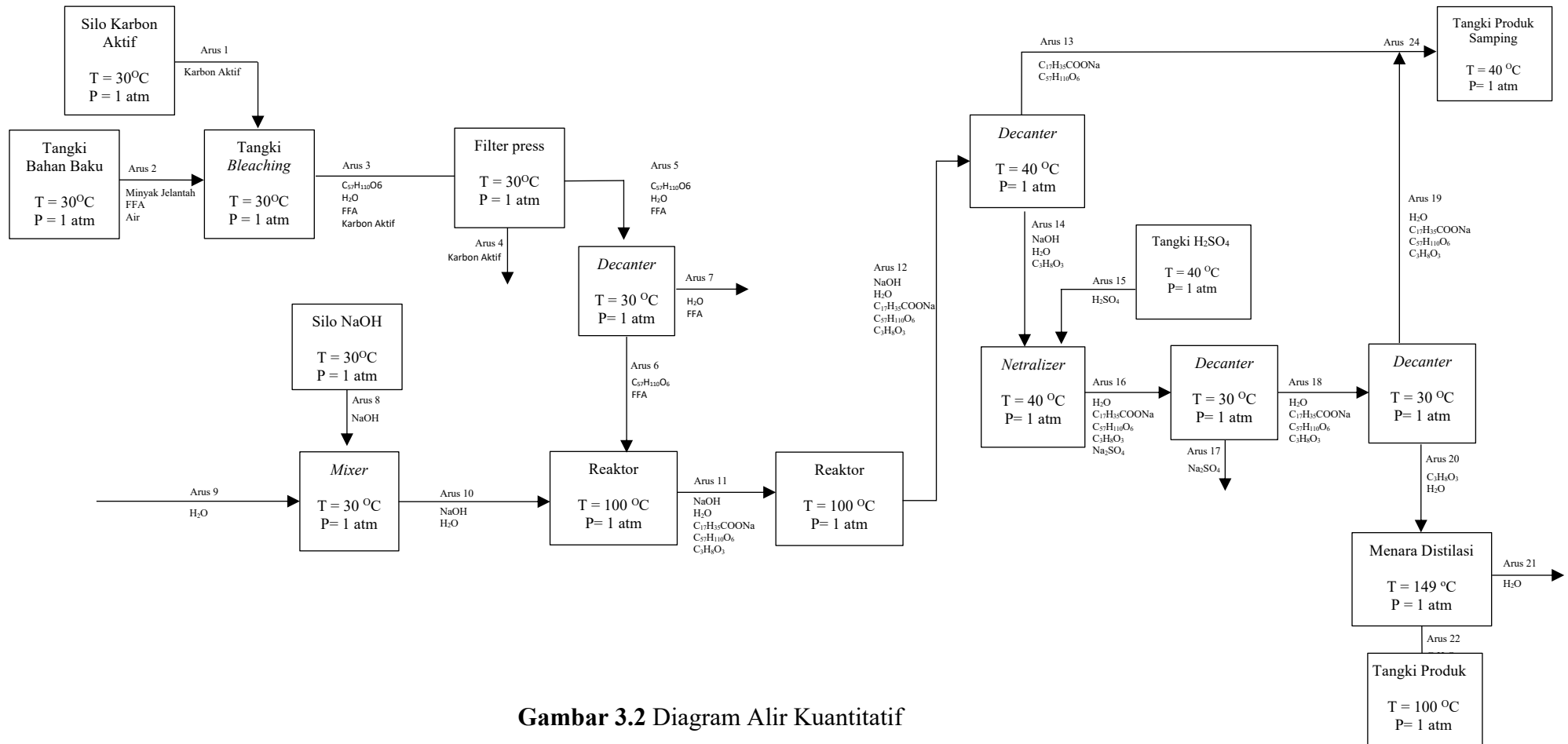
melakukan beberapa pengujian terhadap produk gliserol, antara lain uji kemurnian, komposisi dan sebagainya.

## BAB III PERANCANGAN PROSES

### 3.1 Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif

KOMPONEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
C57H110O6		31876,483	31876,483		31876,483	31557,718	318,765				3187,648
NaOH								4297,953		4297,912	429,795
C17H35COONa											29591,405
C3H8O3											2965,587
H2O		318,765	318,765	315,577	3,188	0,032	3,156		6446,929	6446,868	6446,961
H2SO4											
Na2SO4											
FFA		956,294	956,294	946,732	9,563	0,096	9,467				0,096
C	9562,945		9562,945	9562,945							
TOTAL	9562,945	33151,542	42714,487	10825,254	31889,234	31557,846	331,388	4297,953	6446,929	10744,882	42621,492

KOMPONEN	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
C57H110O6	318,765	315,577	3,188		3,188	0,032	3,156	3,156				318,733
NaOH	42,980	0,43	42,55									0,43
C17H35COONa	32550,545	32225,04	325,505		325,505	3,255	322,25	322,25				32547,29
C3H8O3	3262,146	32,621	3229,525		3229,525	32,295	3197,229	31,972	3165,257	31,653	3133,605	64,593
H2O	6446,961	64,47	6382,491	1,042	6401,639	64,016	6337,622	63,376	6274,246	6211,504	62,742	127,846
H2SO4				51,081								
Na2SO4					75,526	75,526						
FFA	0,096	0,096										0,096
C												
TOTAL	42621,492	32638,234	9983,259	52,123	10035,383	175,125	9860,257	420,755	9439,503	6243,156	3196,347	33058,988

**Gambar 3.3** Data Diagram Alir Kuantitatif

### 3.2 Uraian Proses

Secara umum proses pembuatan gliserol dengan proses Saponifikasi terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut :

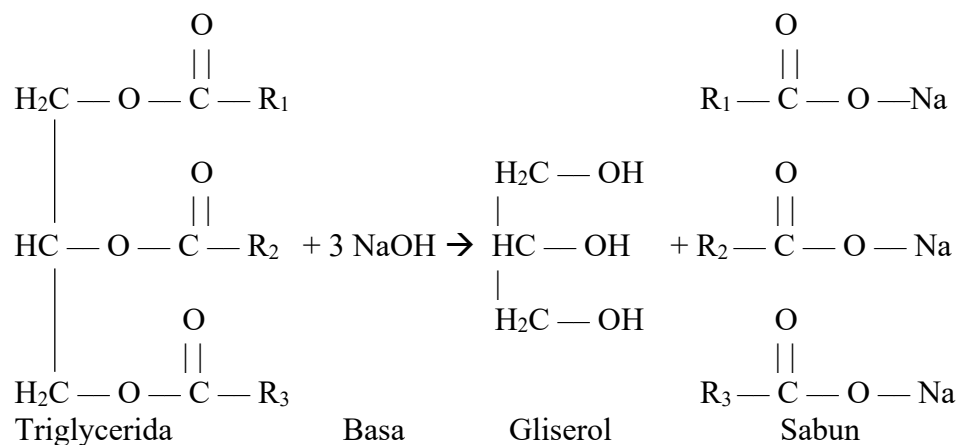
#### 3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap ini dimaksudkan untuk mempersiapkan bahan baku sebelum masuk reaktor. Bahan baku pembuatan gliserol yaitu minyak goreng bekas (trigliserida) serta katalis karbon aktif. Kedua bahan baku ini disimpan pada masing-masing tangki penyimpanan dengan kondisi operasi suhu 30°C dengan tekanan 1 atm. Minyak goreng bekas (trigliserida) dan karbon aktif diumpungkan menuju tangki *Bleaching* untuk mencuci minyak goreng bekas dengan suhu 30°C dengan tekanan 1 atm. Setelah dicuci akan dialirkan menuju filter press untuk memisahkan karbon aktif dan minyak goreng bekas, selanjutnya di alirkan menuju *Decanter* (D-01) untuk memisahkan FFA. Dan di alirkan menuju reaktor untuk direaksikan dengan NaOH.

#### 3.2.2 Proses Pembentukan Produk

Gliserol dihasilkan dari reaksi trigliserida dan NaOH dengan bantuan katalis tertentu dengan produk samping sabun. Katalis yang digunakan adalah H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,

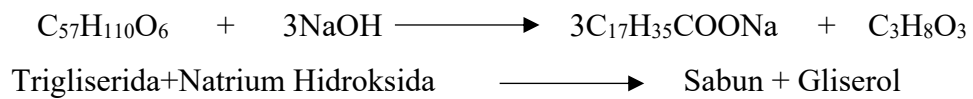
Reaksi yang terjadi di dalam reaktor adalah:



**Gambar 3.4** Proses Saponifikasi

Saponifikasi adalah proses pembuatan gliserol yang berlangsung dengan mereaksikan asam lemak dengan alkali yang menghasilkan air serta garam karbonil. Produk yang dihasilkan dalam proses ini, yaitu sabun dan gliserin (Widiastuti & Maryam, 2022).

Reaksi ini di alirkan langsung dengan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk pada suhu 100 C dengan tekanan 1 atm.



Produk samping proses saponifikasi gliserol yaitu sabun dipisahkan dengan menggunakan *decanter*, dan kemudian campuran gliserol dialirkan menuju *neutralizer* dan dimasukkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  untuk menjadi  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , lalu dipisahkan dengan *decanter* dan di alirkan menuju menara distilasi untuk memisahkan gliserol dengan  $\text{H}_2\text{O}$ .

### 3.2.3 Proses Pemurnian dan Pemisahan Produk

Tahap persiapan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dari tangki penyimpanan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (T-02) pada tekanan 1 atm dan suhu 30°C.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dialirkan menuju *neutralizer* untuk menetralkan asam dengan penambahan basa. Dalam *neutralizer* terjadi reaksi penggaraman yang dapat membentuk sodium sulfat. Hasil dari *neutralizer* kemudian diumpankan ke dalam *decanter* (D-03) untuk pemisahan antara sodium sulfat yang terbentuk dengan produk yang diinginkan. Umpan akan dialirkan menuju *decanter* (D-04) untuk memisahkan sabun dan trigliserida, air dan gliserol sebagai hasil bawah yang akan dialirkan menuju menara distilasi. Pada menara distilasi dilakukan pemisahan gliserol dan air, untuk memurnikan produk yaitu gliserol sebesar 98% dan impuritis berupa air sebesar 2%, selanjutnya produk disimpan ke tangki penyimpanan (T-04).

### 3.3 Spesifikasi Alat Proses

#### 3.3.1 Tangki *Bleaching* (TB-01)

Fungsi	: Untuk mencuci minyak goreng bekas dengan karbon aktif
Jenis	: Tangki silinder berpengaduk
Bahan	: <i>Stainless Steel SA 240 Type 304</i>
Jumlah	: 1 unit
Kondisi Operasi	: T = 30 °C, P = 1 atm
Tinggi tangki	: 3,4616 m
OD <i>shell</i>	: 1,829 m
ID <i>shell</i>	: 1,819 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,005 m
Tinggi <i>shell</i>	: 1,729 m
Tebal <i>head</i>	: 0,005 m
Tinggi <i>head</i>	: 0,366 m
Diameter pengaduk	: 0,6096 m
Jumlah pengaduk	: 3 Buah
Jumlah <i>baffle</i>	: 4 Buah
Harga	: \$25.500

#### 3.3.2 *Mixer* (M-01)

Fungsi	: Untuk melarutkan padatan NaOH dengan H <sub>2</sub> O
Jenis	: Silinder vertikal dengan head dan bottom berbentuk torispherical
Bahan	: <i>Stainless Steel SA 240 Type 304</i>
Jumlah	: 1 unit
Kondisi Operasi	: T = 30 °C, P = 1 atm
Diameter	: 2,743 m
Tinggi	: 4,541 m
Volume	: 22,648 m <sup>3</sup>
Tinggi cairan	: 4,002 m

Tinggi <i>shell</i>	: 3,462 m
Tinggi <i>head</i>	: 1,079 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,250 in
Tebal <i>head</i>	: 0,250 in
Diameter pengaduk	: 0,889 m
Jumlah pengaduk	: 3 Buah
Jumlah <i>baffle</i>	: 4 Buah
Harga	: \$55.900

### 3.3.3 Filter (F-01)

Fungsi	: Memisahkan partikel karbon aktif dari minyak goreng bekas
Jenis	: <i>Plate &amp; frame filter press</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel SA 240 Type 304</i>
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi	: T = 40 <sup>0</sup> C, P = 1 atm
Diameter	: 2,968 m
Panjang	: 5,937 m
Luas permukaan	: 41,068 m <sup>2</sup>
Kecepatan putar	: 2,567 rpm
Power blower	: 100 Hp
Harga	: \$18.200

### 3.3.4 Decanter (D-01)

Fungsi	: tempat memisahkan gliserol dengan <i>free fatty acid</i> berdasarkan kelarutan
Kondisi operasi	: T = 40 <sup>0</sup> C, P = 1 atm
Jenis	: <i>Decanter</i> vertikal, dengan tutup <i>Torispherical Head</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless steel 304</i>
Jumlah	: 1 unit
Volume	: 7,453 m <sup>3</sup>

Diameter	: 20,897 m
Diameter shell	: 1,514 m
Panjang shell	: 63,316 m
Tebal shell	: 0,188 in
Tinggi head	: 0,256 m
Tebal head	: 0,188 in
Harga	: \$33.000

### 3.3.5 Reaktor (R-01)

Fungsi	: Tempat terjadinya reaksi $C_{57}H_{110}O_6$ dan NaOH menjadi $C_{17}H_{35}COONa$ dan $H_2O$
Jenis	: <i>Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i>
Jenis pengaduk	: <i>Flat six blade turbine with disk</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 240 Type 304</i>
Jumlah	: 1 unit
Kondisi penyimpanan	: $T = 100\text{ }^\circ\text{C}$ , $P = 1\text{ atm}$
Volume	: 0,082 m <sup>3</sup>
Tinggi	: 3,805 m
Diameter <i>shell</i>	: 2,075 m
Tinggi <i>shell</i>	: 3,112 m
Volume <i>shell</i>	: 7,009 m <sup>3</sup>
Tebal <i>shell</i>	: 0,250 in
Volume <i>head</i>	: 0,012 m <sup>3</sup>
Tinggi <i>head</i>	: 0,346 m
Tebal <i>head</i>	: 0,500 in
Panjang koil	: 72,011 m
Tinggi cairan koil	: 0,6756 m
Jumlah <i>baflfle</i>	: 4 buah
Jumlah turbin	: 6 buah
Harga	: \$52.000

### 3.3.6 Reaktor (R-02)

Fungsi	: Tempat terjadinya reaksi $C_{57}H_{110}O_6$ dan $H_2O$ menjadi $C_{17}H_{35}COONa$ dan $H_2O$
Jenis	: <i>Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i>
Jenis pengaduk	: <i>Flat six blade turbine with disk</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 240 Type 304</i>
Jumlah	: 1 unit
Kondisi penyimpanan	: $T = 100\text{ }^{\circ}C$ , $P = 1\text{ atm}$
Volume	: $0,082\text{ m}^3$
Tinggi	: $3,802\text{ m}$
Diameter <i>shell</i>	: $2,075\text{ m}$
Tinggi <i>shell</i>	: $3,112\text{ m}$
Volume <i>shell</i>	: $7,009\text{ m}^3$
Tebal <i>shell</i>	: $0,118\text{ in}$
Volume <i>head</i>	: $0,012\text{ m}^3$
Tinggi <i>head</i>	: $0,345\text{ m}$
Tebal <i>head</i>	: $0,313\text{ in}$
Panjang koil	: $329,221\text{ m}$
Tinggi cairan koil	: $2,951\text{ m}$
Jumlah <i>baffle</i>	: 4 buah
Jumlah turbin	: 6 buah
Harga	: \$52.00

### 3.3.7 *Decanter (D-02)*

Fungsi	: Tempat terjadinya pemisahan gliserol dengan sabun berdasarkan kelarutan produk dan hasil samping dari Reaktor
Kondisi operasi	: $T = 40\text{ }^{\circ}C$ , $P = 1\text{ atm}$
Jenis	: Silinder horizontal dengan <i>head</i> berbentuk <i>torispherical</i>
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel 304 SA 240</i>
Jumlah	: 1 unit

Volume	: 7,453 m <sup>3</sup>
Diameter	: 1,468 m
Diameter <i>shell</i>	: 1,514 m
Panjang <i>shell</i>	: 5,173 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,188 in
Tinggi <i>head</i>	: 0,256 m
Tebal <i>Head</i>	: 8,243 m <sup>3</sup>
Harga	: \$46.300

### 3.3.8 *Neutralizer (N-01)*

Fungsi	: Menetralkan larutan NaOH keluaran <i>decanter</i> (D-01) menggunakan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> agar terbentuk garam Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Jenis Reaktor	: <i>Torispherical Flanged &amp; Dished Head</i>
Bahan Kontruksi	: <i>stainless steel SA 240 type 304</i>
Jumlah	: 1 unit
Kondisi Operasi	: T = 40 °C, P = 1 atm
Diameter	: 2,358 m
Tebal shell	: 0,004 m
OD shell	: 2,438 in
ID shell	: 92,849 in
Tinggi shell	: 3,644 m
Tebal head	: 0,004 in
Tinggi head	: 0,469 in
Volume	: 0,003 m <sup>3</sup>
Tinggi	: 4,583 in
Panjang koil	: 193,562 ft <sup>2</sup>
Tinggi cairan koil	: 0,346 m
Tinggi liquid	: 3,537 m
Harga	: \$64.000

### 3.3.9 *Decanter (D-03)*

Fungsi	: Tempat terjadinya pemisahan gliserol dengan sabun berdasarkan kelarutan produk dan hasil samping dari <i>neutralizer</i>
Kondisi operasi	: T = 40 °C, P = 1 atm
Jenis	: Silinder <i>horizontal</i> dengan <i>head</i> berbentuk <i>torispherical</i>
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel</i> 304 SA 240
Jumlah	: 1 unit
Diameter <i>shell</i>	: 1,514 m
Panjang <i>shell</i>	: 4,589 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,188 in
Tinggi <i>head</i>	: 0,256 m
Tebal <i>head</i>	: 0,187 in
Volume tangki	: 5,582 m <sup>3</sup>
Diameter tangki	: 1,333 m
Harga	: \$36.300

### 3.3.10 Decanter (D-04)

Fungsi	: Tempat terjadinya pemisahan gliserol dengan sabun berdasarkan kelarutan produk dan hasil samping dari <i>centrifuge</i>
Kondisi operasi	: T = 40 °C, P = 1 atm
Jenis	: Silinder <i>horizontal</i> dengan <i>head</i> berbentuk <i>torispherical</i>
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel</i> 304 SA 240
Jumlah	: 1 unit
Diameter <i>shell</i>	: 1,514 m
Panjang <i>shell</i>	: 3,366 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,188 in
Tinggi <i>head</i>	: 0,256 m
Tebal <i>head</i>	: 0,187 in

Volume tangki	: 1,814 m <sup>3</sup>
Diameter tangki	: 0,916 m
Harga	: \$48.300

### 3.3.11 Menara Distilasi (MD-01)

Fungsi	: Tempat untuk memurnikan gliserol
Kondisi operasi	: Suhu Umpan = 149 °C, P = 1 atm : Suhu Distilat = 105 °C, P = 1,18 atm : Suhu Bottom = 201°C, P = 1,52 atm
Jenis	: <i>Sieve Tray Distillation Tower</i>
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel 304 SA 240</i>
Jumlah	: 1 unit
Diameter Menara atas	: 0,305 m
Panjang Menara bawah	: 0,173 m
Tinggi	: 58,909 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,187 in
Tebal <i>head</i>	: 0,187 in
Diameter lubang <i>plate</i>	: 0,005 m
Jumlah <i>hole</i>	: 981 buah
<i>Tray thickness</i>	: 0,005 m
Jumlah <i>hole</i>	: 981 buah
Bagian atas	: 0,005 atm
Bagian bawah	: 0,006 atm
Harga	: \$36.400

### 3.4 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

Tabel 3.1 Spesifikasi tangki

Nama Alat	Tangki Penyimpanan			
Kode	T-01	T-02	T-03	T-04
Fungsi	Tempat untuk mencuci minyak goreng bekas dengan karbon aktif	Tempat untuk menyimpan $H_2SO_4$	Tempat untuk menyimpan produk samping	Tempat untuk menyimpan produk ( $C_3H_8O_3$ )
Jenis	Silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan <i>conical roof</i>	Silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan <i>conical roof</i>	Silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan <i>conical roof</i>	Silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan <i>conical roof</i>
Fase	Cair	Cair	Cair	Cair
Jumlah	1 unit	1 unit	1 unit	1 unit
<b>Kondisi Operasi</b>				
Suhu	30 °C	30°C	40°C	30°C
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm
Waktu tinggal	14 hari	14 hari	30 hari	30 hari
Kapasitas tangki (bbl)	14179,862	16,316	137128,6708	1176,759
Volume Tangki (m <sup>3</sup> )	2240,418	2,578	21666,32999	185,928
<b>Konstruksi dan Material</b>				
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel 304 SA 240</i>	<i>Stainless Steel 304 SA 240</i>	<i>Stainless Steel 304 SA 240</i>	<i>Stainless Steel 304 SA 240</i>
Diameter Standar Tangki (m)	21,336	3,048	48,768	30
Tinggi Standar Tangki (m)	7,315	3,658	12,8016	12
Volume bahan (m)	1867,015	2,148	18.055,274	154,940
Harga	\$29.782	\$7.708	\$	\$86.895

**Tabel 3.2** Spesifikasi silo

<b>Nama Alat</b>	<b>Silo</b>	
<b>Kode</b>	<b>S-01</b>	<b>S-02</b>
Jenis	Silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan <i>conical roof</i>	Silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan <i>conical roof</i>
Fase	Padat	Padat
Jumlah	1 unit	1 unit
<b>Kondisi Operasi</b>		
Suhu	30 <sup>0</sup> C	30 <sup>0</sup> C
Tekanan	1 atm	1 atm
Waktu tinggal	14 hari	14 hari
Kecepatan massa cake (kg/jam)	42714,487	42714,487
Volume (kg/m <sup>3</sup> )	9562944,889	4297952,759
Volume bahan (m <sup>3</sup> )	3,216	7,156
Angka keamanan	20%	20%
Volume silo (m <sup>3</sup> )	3,859	8,587
Diameter (m)	2,142	2,796
Tinggi (m)	4,284	5,593
Harga	\$1.190	\$6.190

### 3.5 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

Tabel 3.3 Spesifikasi pompa

Nama alat	Pompa		
	P-01	P-02	P-03
Fungsi	Mengalirkan bahan baku Minyak jelantah menuju Tangki <i>Bleaching</i> (T-01)	Mengalirkan bahan baku dari Tangki <i>Bleaching</i> (T-01) menuju Filter press (F-01)	Mengalirkan keluaran filter press menuju <i>Decanter</i> (D-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>		
Jumlah	1 unit	1 unit	1 unit
Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
Kapasitas (m <sup>3</sup> /jam)	4,813	7,373	4,472
Rate volumetrik (ft <sup>3</sup> /s)	0,047	0,072	0,044
Kecepatan aliran (ft/s)	0,921	1,411	0,856
ID Pipa (in)	3,068	3,068	3,068
OD Pipa (in)	3,500	3,500	3,500
IPS (in)	3,000	3,000	3,000
Flow area (in <sup>2</sup> )	7,380	7,380	7,380
Total <i>head</i> pompa (m)	5,111	5,241	5,096
Efisiensi pompa	60%	60%	85%
Power pompa (hp)	1,238	1,636	1,187
Power motor (hp)	1,456	2,000	2,000
Harga	\$5.139	\$1.331	\$3.667

**Tabel 3.3** Spesifikasi pompa ...(lanjutan)

<b>Nama alat</b>	<b>Pompa</b>		
<b>Kode</b>	<b>P-04</b>	<b>P-05</b>	<b>P-06</b>
Fungsi	Mengalirkan dan menaikkan tekanan cairan dari <i>Decanter</i> (D-01) dari 1 atm menjadi 1.2 atm sebelum masuk Reaktor (R-01)	Mengalirkan bahan baku air menuju <i>Mixer</i> (M-01)	Mengalirkan keluaran dari <i>Mixer</i> (M-01) menuju Reaktor (R-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>		
Jumlah	1 unit	1 unit	1 unit
Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
Kapasitas	4,424	6,107	9,361
Rate volumetrik (ft <sup>3</sup> /s)	0,043	0,060	0,092
Kecepatan aliran (ft/s)	0,847	1,169	1,792
ID Pipa (in)	3,068	3,068	3,068
OD Pipa (in)	3,500	2,380	3,500
IPS (in)	3,000	2,000	3,000
Flow area (in <sup>2</sup> )	7,380	7,380	7,380
Total <i>head</i> pompa (m)	5,094	5,548	5,906
Efisiensi pompa	60%	85%	85%
Power pompa (hp)	1,174	0,261	0,488
Power motor (hp)	2,000	1,000	1,000
Harga	\$3.667	\$4.555	\$3.667

**Tabel 3.3** Spesifikasi pompa ... (lanjutan)

<b>Nama alat</b>	<b>Pompa</b>		
<b>Kode</b>	<b>P-07</b>	<b>P-08</b>	<b>P-09</b>
Fungsi	Mengalirkan keluaran Reaktor (R-01) menuju Reaktor (R-02)	Mengalirkan keluaran Reaktor(R-02) menuju <i>Decanter</i> (D-02)	Mengalirkan hasil atas keluaran <i>Decanter</i> (D-02)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>		
Jumlah	1 unit	1 unit	1 unit
Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
Kapasitas	37,589	62,746	53,677
Rate volumetrik (ft <sup>3</sup> /s)	0,369	0,616	0,527
Kecepatan aliran (ft/s)	4,181	6,978	5,970
ID Pipa (in)	6,065	6,065	6,065
OD Pipa (in)	6,625	6,625	6,625
IPS (in)	6,000	6,000	6,000
Flow area (in <sup>2</sup> )	12,700	12,700	12,700
Total <i>head</i> pompa (m)	6,070	7,980	7,181
Efisiensi pompa	60%	60%	60%
Power pompa (hp)	1,890	2,485	1,712
Power motor (hp)	3,000	3,000	3,000
Harga	\$6.306	\$6.306	\$6.306

**Tabel 3.3** Spesifikasi pompa ...(lanjutan)

Nama alat	Pompa		
	P-10	P-11	P-12
Fungsi	Mengalirkan hasil bawah <i>Decanter</i> (D-02) menuju Netralizer (N-01)	Mengalirkan bahan pembantu menuju Netralizer (N-01)	Mengalirkan keluaran Netralizer (N-01) menuju Centrifuge (CT-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>		
Jumlah	1 unit	1 unit	1 unit
Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
Kapasitas	10,945	0,035	11,078
Rate volumetrik (ft <sup>3</sup> /s)	0,107	0,0003	0,109
Kecepatan aliran (ft/s)	2,095	0,469	2,634
ID Pipa (in)	3,068	30,364	2,634
OD Pipa (in)	3,500	0,540	2,634
IPS (in)	3,000	0,250	2,634
Flow area (in <sup>2</sup> )	7,380	0,104	2,634
Total <i>head</i> pompa (m)	5,531	5,003	5,544
Efisiensi pompa	60%	60%	60%
Power pompa (hp)	0,403	0,002	0,406
Power motor (hp)	1,000	0,250	0,750
Harga	\$5.139	\$6.774	\$5.139

**Tabel 3.3** Spesifikasi pompa ...(lanjutan)

<b>Nama alat</b>	<b>Pompa</b>		
<b>Kode</b>	<b>P-13</b>	<b>P-14</b>	<b>P-15</b>
Fungsi	Mengalirkan keluaran Centrifuge (CT-01) menuju <i>Decanter</i> (D-03)	Mengalirkan hasil atas keluaran <i>Decanter</i> (D-03)	Mengalirkan keluaran <i>Decanter</i> (D-03) menuju Menara Distilasi (MD-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>		
Jumlah	1 unit	1 unit	1 unit
Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
Kapasitas	10,8741529	0,621199714	10,29403348
Rate volumetrik (ft <sup>3</sup> /s)	0,107	0,006	0,101
Kecepatan aliran (ft/s)	2,081	1,016	1,970
ID Pipa (in)	3,068	1,049	3,068
OD Pipa (in)	3,500	1,320	3,500
IPS (in)	3,000	1,000	3,000
Flow area (in <sup>2</sup> )	7,380	0,864	7,380
Total <i>head</i> pompa (m)	5,524	5,365	5,470
Efisiensi pompa	60%	60%	60%
Power pompa (hp)	0,398	0,016	0,377
Power motor (hp)	0,500	0,500	0,500
Harga	\$5.139	\$6.774	\$5.139

**Tabel 3.3** Spesifikasi pompa ...(lanjutan)

<b>Nama alat</b>	<b>Pompa</b>	
<b>Kode</b>	<b>P-16</b>	<b>P-17</b>
Fungsi	Mengalirkan hasil atas Menara Distilasi (MD-01)	Mengalirkan hasil bawah Menara Distilasi (MD-01)
Jenis	<b>Centrifugal Pump</b>	
Jumlah	1 unit	1 unit
Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	
Kapasitas	7,314892665	3,070395779
Rate volumetrik (ft <sup>3</sup> /s)	0,072	0,030
Kecepatan aliran (ft/s)	1,400	1,295
ID Pipa (in)	3,068	2,067
OD Pipa (in)	3,500	2,800
IPS (in)	3,000	2,000
Flow area (in <sup>2</sup> )	7,380	3,350
Total <i>head</i> pompa (m)	5,237	5,301
Efisiensi pompa	60%	60%
Power pompa (hp)	0,239	0,124
Power motor (hp)	0,250	0,250
Harga	\$5.139	\$4.555

**Tabel 3.4** Spesifikasi srew conveyer (SC-01)

<b>Nama alat</b>	<b>Srew Conveyer</b>	
<b>Kode</b>	<b>SC-01</b>	<b>SC-01</b>
Fungsi	Mengangkut Karbon Aktif padat dari Silo menuju Tangki <i>Bleaching</i>	Mengangkut Naoh padat dari Silo menuju <i>Mixer</i>
Jenis	<i>Horizontal Screw Conveyer</i>	
Jumlah	1 unit	
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Type C</i>	
<b>Kondisi Operasi</b>		
Suhu	30°C	
Tekanan	1 atm	
<b>Dimensi dan Power</b>		
Panjang (ft)	15	15
Diameter <i>flight</i> (in)	10	16
Diameter <i>pipe</i> (in)	2,5	3,5
Diameter <i>feed section</i> (in)	9	14
Kecepatan (rpm)	80	50
Power motor (HP)	1,27	3
Harga	\$4.905	\$7.591

**Tabel 3.5** Spesifikasi *bucket elevator* (BE-01)

<b>Nama Alat</b>	<b><i>Bucket Elevator</i> (BE)</b>	
<b>Kode</b>	<b>BE-01</b>	<b>BE-02</b>
Fungsi	Mengangkut Karbon Aktif padat dari unit pembelian menuju Silo (S-01)	Mengangkut NaOH padat dari unit pembelian menuju Silo (S-02)
Jenis	<i>Continous Bucket Elevator</i>	
Jumlah	1 unit	1 unit
Kapasitas (m <sup>3</sup> /jam)	3,99	2,25
<b>Kondisi Operasi</b>		
Suhu	30°C	
Tekanan	1 atm	
<b>Konstruksi dan Material</b>		
Panjang bucket (m)	0,203	0,2032
Lebar bucket (m)	0,197	0,19685
Tinggi bucket (m)	7,620	7,62
Jumlah bucket (buah)	22	22
Kecepatan (ft/min)	6,75	6,75
Daya (hP)	1,5	1,5
Harga	\$16.818	\$16.818

### 3.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas

Tabel 3.6 Spesifikasi cooler

Nama Alat	<i>Cooler</i>	
Kode	<b>C-01</b>	<b>C-02</b>
Fungsi	Menurunkan temperatur output R-01 dari suhu 100 °C menjadi suhu 40 °C	Menurunkan temperatur output N-01 dari suhu 40 °C menjadi suhu 30 °C
Jenis Alat	<i>Shell and Tube</i>	<i>Shell and Tube</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel 304</i>	<i>Stainless Steel 304</i>
<b>Data Desain</b>		
Suhu Masuk	100	40
Suhu Keluar	40	35
Tekanan (atm)	1	1
<b>Shell</b>		
Aliran Fluida	Cold Fluid	Cold Fluid
ID (in)	35,000	39,000
Baffle Spacing (in)	7,000	7,800
Passes	1,000	1,000
$\Delta P_s$ (Psi)	0,002	79,492
<b>Tube</b>		
Aliran Fluida	Hot Fluid	Hot Fluid
Nt	240439,218	492,976
L (ft)	0,024	24,000
OD (in)	1,500	1,500
BWG	16,000	16,000
A'' (ft <sup>2</sup> /ft)	0,393	0,393
Rd (Rd min)	0,006	0,006
$\Delta P_t$ (Psi)	0,074	0,096
Harga	\$16.701	\$15.553

**Tabel 3.7** Spesifikasi *heater* (HE-01)

<b>Nama Alat</b>	<b><i>Heater</i></b>
<b>Kode</b>	<b>HE-01</b>
Fungsi	Menaikkan temperatur keluaran M-01 menuju R-01 dari suhu 30 oC menjadi suhu 100 oC
Jenis	<i>Double Pipe Heat exchanger</i>
Tipe	<i>steam</i>
Jumlah Hairpins :	1 buah
Panjang Hairpins (ft)	20
<b><i>Hot Fluid : Annulus, Steam</i></b>	
IPS (in)	4,000
Flow Area (in <sup>2</sup> )	3,140
OD (in)	4,500
ID (in)	4,026
Surface area (ft)	1,178
<b><i>Cold Fluid : Inner pipe, Output</i></b>	
IPS (in)	3,000
Flow Area (in <sup>2</sup> )	7,380
OD (in)	3,500
ID (in)	3,500
Surface area (ft)	0,917
A (ft <sup>2</sup> )	55,020
Rd (Rd min)	0,003
Harga	\$26.629

**Tabel 3.8** Spesifikasi *heater* HE-02)

<b>Nama Alat</b>	<b><i>Heater</i></b>
<b>Kode</b>	<b>HE-02</b>
Fungsi	Menaikkan temperatur keluaran D-01 menuju R-01 dari suhu 30 oC menjadi suhu 100 oC
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Tipe	<i>steam</i>
<b><i>Hot Fluid : Tube Side, Steam</i></b>	
ID (in)	31,000
Baffle Spacing (in)	6,200
Passes	1,000
DPs (psi)	0,0004
<b><i>Cold Fluid : Shell side, Output</i></b>	
Nt	133,594
L (ft)	16,000
OD (in)	1,500
BWG	16,000
A" (ft <sup>2</sup> /ft)	0,393
Rd	0,018
Rd min	0,001
DPt (psi)	0,591
Harga	\$39.009

**Tabel 3.9** Spesifikasi *heater* (H-03)

Kode	HE-03
Fungsi	Menaikkan temperatur keluaran D-04 menuju MD-01 dari suhu 30 oC menjadi suhu 148,57 oC
Jenis	<i>Double Pipe Heat exchanger</i>
Tipe	<i>steam</i>
Jumlah Hairpins :	1 buah
Panjang Hairpins (ft)	20
<b><i>Hot Fluid : Annulus, Steam</i></b>	
IPS (in)	4,000
Flow Area (in <sup>2</sup> )	3,140
OD (in)	4,500
ID (in)	4,026
Surface area (ft)	1,178
<b><i>Cold Fluid : Inner pipe, Output</i></b>	
IPS (in)	3,000
Flow Area (in <sup>2</sup> )	7,380
OD (in)	3,500
ID (in)	3,068
Surface area (ft)	0,917
A (ft <sup>2</sup> )	110,04
Rd (Rd min)	0,003
Harga	\$33.403

**Tabel 3.10** Spesifikasi *condensor* (CD-01)

<b>Nama Alat</b>	<b><i>Condensor</i></b>
<b>Kode</b>	<b>CD-01</b>
Fungsi	untuk mengembunkan uap (hasil atas) menjadi liquid dari MD
Jenis	<i>Shell and Tube Heat exchanger</i>
Jenis Bahan	<i>Stanlees Steel 304 SA 240</i>
a' (in2)	1,54
Passes	2
Rd min	0,003
<b><i>Hot Fluid : Shell, Produk</i></b>	
Aliran Fluida	Hot Fluid
IDs (m)	0,889
Passes	1,000
$\Delta P$ perhitungan (psi)	0,000
$\Delta P$ diijinkan (psi)	10,000
<b><i>Cold Fluid : Inner pipe, Output</i></b>	
Aliran Fluida	Cold Fluid
Nt (buah)	3908,000
L (m)	0,508
OD (m)	0,038
ID (m)	0,036
BWG	18,000
$\Delta P$ perhitungan (psi)	0,942
$\Delta P$ diijinkan (psi)	10,000
Harga	

**Tabel 3.11** Spesifikasi *reboiler* (RB-01)

<b>Kode</b>	<b>RB-01</b>
Fungsi	menguapkan cairan yang keluar dari MD sebagai hasil bawah
Jenis Bahan	<i>Stanlees Steel 304 SA 240</i>
Uc (Btu/hr.Ft <sup>2</sup> F)	250,00
Ud (Btu/ft <sup>2</sup> .F.hr)	60,00
Rd perancangan (hr. ft <sup>2</sup> . F / BTU)	0,01
Rd yang diijinkan (hr. ft <sup>2</sup> . F / BTU)	0,00
<b>Shell Side, Fluida Dingin, Hasil bawah MD1</b>	
ID (in)	23,25
Baffle (in)	4,65
Passes	1
<b>Tube Side, Fluida Panas, Steam</b>	
Nt	28824,57314
Length (ft)	16
OD (in)	1
BWG	16
passes	2
Harga	

**Tabel 3.12** Spesifikasi *Accumulator* (ACC-01)

<b>Kode</b>	<b>ACC-01</b>
Fungsi	menampung keluaran kondensor pada menara distilasi
Tipe	<i>Tangki silinder horizontal</i>
Bahan Kontruksi	<i>Stanlees Steel 304 SA 240</i>
T (OC)	104,69
P (atm)	1,18
Waktu Tinggal (menit)	10,00
Kapasitas Tangk (m <sup>3</sup> )	84,72
Diameter tangki (m <sup>3</sup> )	2,57
Panjang Tangki(m <sup>3</sup> )	15,44
Harga	

### 3.7 Neraca Massa

Neraca massa total disajikan pada Tabel 3.13, sementara neraca massa pada masing-masing alat disajikan pada Tabel 3.13 sampai pada Tabel 3.24

**Tabel 3.13** Neraca massa total

Nama Alat	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)
Tangki <i>Bleaching</i>	42.714,49	42.714,49
Filter Press	42.714,49	42.714,49
<i>Decanter-01</i>	31.889,23	31.889,23
<i>Mixer</i>	10.744,88	10.744,88
Reaktor	42.621,49	42.621,49
<i>Decanter-02</i>	42.621,49	42.621,49
Netralizer	10.035,38	10.035,38
Centrifuge	10.035,38	10.035,38
<i>Decanter-03</i>	9.860,26	9.860,26
Menara Distilasi	9.439,50	9.439,50
Total	252.676,60	252.676,60

**Tabel 3.14** Neraca Massa tangki *bleaching* (TB-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
$C_{57}H_{110}O_6$		31.876,483	31.876,483
Karbon Aktif	9.562,945		9.562,945
H <sub>2</sub> O		318,765	318,765
FFA		956,294	956,294
Sub total	9.562,945	33.151,542	42.714,487
Total	42.714,487		42.714,487

**Tabel 3.15** Neraca massa filter press (F-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
$C_{57}H_{110}O_6$	31.876,483		31.876,483
Karbon Aktif	9.562,945	9.562,945	
H <sub>2</sub> O	318,765	315,577	3,188
FFA	956,294	946,732	9,563
Sub total	42.714,487	10.825,254	31.889,233
Total	42.714,487	42714,487	

**Tabel 3.16** Neraca massa *decanter* (D-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
$C_{57}H_{110}O_6$	31.876,483	31.557,718	318,765
Karbon Aktif			
H <sub>2</sub> O	3,188	0,032	3,156
FFA	9,563	0,096	9,467
Sub total	31.889,234	31.557,846	331,388
Total	31.889,234	31.889,234	

**Tabel 3.17** Neraca massa *mixer* (M-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 9	Arus 8	Arus 10
NaOH		4.297,953	4.297,953
H <sub>2</sub> O	6.446,929		6.446,929
Sub total	6.446,929	4.297,953	10.744,882
Total	10.744,882		10.744,882

**Tabel 3.18** Neraca massa reaktor (R-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 6	Arus 10	Arus 11
C <sub>57</sub> H <sub>110</sub> O <sub>6</sub>	31.876,483		3.187,648
NaOH		4.297,953	429,795
C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COONa			2.9591,405
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>			2.965,587
H <sub>2</sub> O	0,032	6.446,929	6.446,961
FFA	0,096		0,096
Sub total	31.876,610	10.744,882	42.621,492
Total	42.621,492		42.621,492

**Tabel 3.19** Neraca massa reaktor (R-02)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 11	Arus 12
C <sub>57</sub> H <sub>110</sub> O <sub>6</sub>	3.187,648	318,765
NaOH	429,795	42,980
C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COONa	29.591,405	32.550,545
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	2.965,587	3.262,146
H <sub>2</sub> O	6.446,961	6.446,961
FFA	0,096	0,096
Total	42.621,492	42.621,492

**Tabel 3.20** Neraca massa *decanter* (D-02)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 12	Arus 13	Arus 14
C <sub>57</sub> H <sub>110</sub> O <sub>6</sub>	318,765	315,577	3,188
Karbon Aktif	42,980	0,430	42,550
Kadar Air	32.550,545	32.225,040	325,505
FFA	3.262,146	32,621	3.229,525
Sub total	36.174,436	32.573,668	3.600,768
TOTAL	36.174,436	36.174,436	

**Tabel 3.21** Neraca massa netralizer (N-02)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 14	Arus 15	Arus 16
C <sub>57</sub> H <sub>110</sub> O <sub>6</sub>	3,188		3,188
NaOH	42,550		
C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COONa	325,505		325,505
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	3.229,525		3.229,525
H <sub>2</sub> O	6.382,491	1,042	6.401,639
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		51,081	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			75,526
FFA			
Sub total	9.983,259	52,123	10.035,383
Total	10.035,383		10.035,383

**Tabel 3.22** Neraca massa *decanter* (D-03)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 16	Arus 17	Arus 18
C <sub>57</sub> H <sub>110</sub> O <sub>6</sub>	3,188	0,032	3,156
NaOH			
C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COONa	325,505	3,255	322,250
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	3.229,525	32,295	3.197,229
H <sub>2</sub> O	6.401,639	64,016	6.337,622
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	75,526	75,526	
FFA			
Sub total	10.035,383	175,125	9.860,258
Total	10.035,383	10.035,383	

**Tabel 3.23** Neraca massa *decanter* (D-04)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 18	Arus 19	Arus 20
$C_{57}H_{110}O_6$	3,156	3,156	
NaOH			
$C_{17}H_{35}COONa$	322,250	322,250	
$C_3H_8O_3$	3.197,229	31,972	3.165,257
$H_2O$	6.337,622	63,376	6.274,246
$H_2SO_4$			
$Na_2SO_4$			
FFA			
Sub total	9.860,258	420,755	9.439,503
Total	9.860,258	9.860,258	

**Tabel 3.24** Neraca massa menara distilasi (MD-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 20	Arus 21	Arus 22
$C_{57}H_{110}O_6$			
NaOH			
$C_{17}H_{35}COONa$			
$C_3H_8O_3$	3.165,257	31,653	3.133,605
$H_2O$	6.274,246	6.211,504	62,742
$H_2SO_4$			
$Na_2SO_4$			
FFA			
Sub total	9.439,503	6.243,156	3.196,347
Total	9.439,503	9.439,503	

### 3.8 Neraca Panas

Neraca panas pada masing masing alat disajikan pada Tabel 3.25 sampai Tabel 3.35

**Tabel 3.25** Neraca panas *decanter* (D-01)

Komponen	Input (kJoule/jam)	Output (kJoule/jam)
Q in	1.061,057	
Q out		1.144,886
Q pendingin		271.320,881
$\Delta H_{oR}$	271.404,710	
Total	272.465,767	272.465,767

**Tabel 3.26** Neraca panas reaktor (R-01)

Komponen	Input (kJoule/jam)	Output (kJoule/jam)
Q in	420.260,559	
Q out		
Q Pendingin		2.619.852.466,733
QR	2.619.432.206,174	
Total	2.619.852.466,733	2.619.852.466,733

**Tabel 3.27** Neraca panas reaktor (R-02)

Komponen	Input (kJoule/jam)	Output (kJoule/jam)
Q in	134.371,659	
Q out		30.470,895
Q Pendingin		7.590.963.767,962
QR	7.590.859.867,199	
Total	7.590.994.238,858	7.590.994.238,858

**Tabel 3.28** Neraca Panas Decanter (D-02)

Komponen	Input (kJoule/jam)	Output (kJoule/jam)
Q in	2.181,184	
Q out		1.364,773
Q pendingin		91.751,737
$\Delta H_oR$	90.935,327	
Total	93.116,510	93.116,510

**Tabel 3.29** Neraca panas netralizer (N-01)

Komponen	Input (kJoule/jam)	Output (kJoule/jam)
Q in	3.811,652	
Q out		1.532,911
Q Pendingin	12.467.634,175	
QR		12.469.912,916
Total	12.471.445,827	12.471.445,827

**Tabel 3.30** Neraca panas centrifuge (CT-01)

Komponen	Input (kJoule/jam)	Output (kJoule/jam)
Q in	550,198	
Q out		550,198
$\Delta H_oR$	1.811,456	
Q Pendingin		1.811,456
Total	2.361,654	2.361,654

**Tabel 3.31** Neraca Panas *Decanter* (D-03)

Komponen	Input (kJoule/jam)	Output (kJoule/jam)
Q in	542,897	
Q out		542,897
Q pendingin		1.960,634
$\Delta H_oR$	1.960,634	
Total	2.503,530	2.503,530

**Tabel 3.32** Neraca panas menara distilasi (MD-01)

Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput distilat (kJ/jam)	Qoutput bawah (kJ/jam)
H <sub>2</sub> O	2.157.548,795	1.494.204,392	258.746,369
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	780.088,672	5.380,552	9.242.725,051
Qpendingin		312.930.287,756	
Qsteam	3.209.937.06,654		
Total	323.931.344,121	323.931.344,121	

**Tabel 3.33** Neraca panas *cooler* (C-01)

Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput distilat (kJ/jam)
Qin	10.913.614,880	
Qout		2.181.181,058
Qsteam		8.732.433,823
Total	10.913.614,880	10.913.614,880

**Tabel 3.34** Neraca panas *cooler* (C-02)

Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput distilat (kJ/jam)
Qin	22.740.646,592	
Qout		14.828.728,87
Qsteam		7.911.917,723
Total	22.740.646,592	22.740.646,592

**Tabel 3.35** Neraca panas *heater* (H-01)

Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput distilat (kJ/jam)
Qin	137.305,020	
Qout		2.604.386,622
Qsteam	2.467.081,601	
Total	2.604.386,622	2.604.386,622

**Tabel 3.36** Neraca panas *heater* (H-02)

Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput distilat (kJ/jam)
Qin	350.149,966	
Qout		6.720.028,220
Qsteam	6.369.878,254	
Total	6.720.028,220	6.720.028,220

**Tabel 3.37** Neraca panas *heater* (H-03)

Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput distilat (kJ/jam)
Qin	529.542,379	
Qout		2.655.138,289
Qsteam	2.125.595,909	
Total	2.655.138,289	2.655.138,289

## BAB IV

### PERANCANGAN PABRIK

#### 4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan letak suatu pabrik merupakan hal yang sangat penting dalam perencanaan pembangunan pabrik dan dapat mempengaruhi kelangsungan suatu industri. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan lokasi pabrik karena dapat memberikan dampak yang signifikan baik dari segi teknik maupun segi ekonomi. Lokasi yang strategis dapat menjamin biaya produksi dan transportasi seminimal mungkin, tetapi ada beberapa faktor lain yang perlu diperhatikan seperti pengadaan bahan baku, utilitas, dan faktor penunjang lain. Ada dua jenis faktor yang dapat mempengaruhi penentuan lokasi pabrik yaitu faktor primer dan faktor sekunder.



**Gambar 4.1** Peta Lokasi Rencana Pabrik

Berdasarkan beberapa faktor pertimbangan di atas, maka lokasi pabrik gliserol dari minyak goreng bekas dengan kapasitas 28.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan di Desa Blimbing, Kesamben, Jombang, Jawa Timur, Indonesia. Adapun pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik adalah sebagai berikut

#### 4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer termasuk kedalam faktor utama yang mempengaruhi secara langsung tujuan utama pabrik yang meliputi produksi dan distribusi produk.

Faktor utamanya meliputi:

a. Penyediaan Bahan Baku

Suatu pabrik sebaiknya berada di daerah yang dekat dengan sumber bahan baku utama serta penunjangnya. Kondisi tersebut merupakan pilihan yang tepat untuk pengamanan ketersediaan bahan baku yang ekonomis. Dalam pembuatan Gliserol, bahan baku yang digunakan yaitu minyak goreng bekas ( $C_{57}H_{110}O_6$ ) yang didapatkan dari PT Yayasan Legis Hijau yang berada di Denpasar, Bali, sehingga dalam pemilihan lokasi pendirian nya harus dapat mudah diakses dengan berbagai moda transportasi baik darat, maupun laut. Sehingga dari sisi bahan baku, lokasi ini memiliki ketersediaan bahan baku yang memadai serta memiliki konektivitas yang baik untuk melakukan impor maupun ekspor.

b. Pemasaran Produk

Pemasaran merupakan salah satu hal yang sangat mempengaruhi studi kelayakan proses. Pemasaran yang baik dan tepat akan menghasilkan keuntungan serta menjamin keberlangsungan perancangan pabrik. Kebutuhan Gliserol ( $C_3H_8O_3$ ) terus menunjukkan Peningkatan dari tahun ke tahun dengan semakin banyaknya industri yang membutuhkannya, seperti industri kosmetik dan sabun. Dengan didirikannya pabrik di daerah Kesamben-Jawa Timur, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan Gliserol di daerah Pulau Jawa dan Pulau Bali serta dekat dengan Jalur tol trans Jawa Jombang-Mojokerto, pelabuhan dan kawasan industri sehingga mempermudah pemasaran dalam negeri, dan juga luar negeri.

c. Utilitas

Utilitas sebagai unit pendukung mempunyai peranan penting dalam kelangsungan pabrik. Unit utilitas meliputi kebutuhan air dan listrik. Air merupakan kebutuhan yang penting dalam industry kimia. Air banyak

digunakan sebagai media pendingin, sanitasi, steam, serta kebutuhan lain. Kebutuhan air dapat dipenuhi dengan baik dan ekonomis karena kawasan pabrik dekat dengan sumber aliran sungai, yaitu Sungai Brantas.

Listrik sebagai penunjang operasional kegiatan pabrik disuplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), namun untuk menjamin operasional pabrik maka pabrik memiliki generator pembangkit listrik dengan bahan bakar solar. Bahan bakar solar diperoleh dari PT Pertamina.

d. Transportasi

Pengambilan bahan baku dan penjualan produk dapat dilakukan melalui jalan laut-darat dengan menggunakan transportasi tertutup berupa truk dan sebagainya. Lokasi yang dipilih dalam rencana pendirian pabrik ini bisa dibidang strategis karena dapat diakses dengan berbagai moda transportasi.

e. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama dalam pendirian suatu pabrik, baik tenaga kasar maupun tenaga terdidik yang memiliki keahlian dan kemampuan di bidangnya. Sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan yaitu tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan sarjana. Untuk memenuhinya, dapat diperoleh dari daerah sekitar pulau kasih pabrik, selain itu faktor kedisiplinan dan pengalaman kerja juga menjadi prioritas dalam Perekrutan tenaga kerja, sehingga diperoleh tenaga kerja yang berkualitas. Selain itu juga, dari lokasi perancangan pabrik yang dipilih memiliki potensi untuk mudah memperoleh tenaga kerja yang dibutuhkan oleh pabrik, hal ini dibuktikan pada lokasi pabrik yang mudah dijangkau oleh pemukiman penduduk sehingga dapat memungkinkan untuk mudah dalam mendapatkan tenaga kerja.

#### **4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik**

a. Kondisi Iklim dan Keadaan Geografis

Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki suhu rata-rata yang cukup baik. Seperti di daerah lain,

Indonesia yang beriklim tropis memiliki temperatur udara berkisar 20-35 °C. Bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor, maupun banjir besar jarang terjadi sehingga operasi pabrik dapat berjalan lancar.

b. Peluasan Area Unit

Jombang masih memiliki banyak tanah yang kosong, karena tergolong bukan daerah metropolitan, sehingga kesediaan tanah untuk perluasan pabrik masih tersedia dengan baik.

c. Peraturan Pemerintah

Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No 75 Tahun 2017, UMR wilayah Jombang sebesar Rp 2.945.544. UMR ini lebih terjangkau dibandingkan kawasan industry di Jawa Timur lainnya sehingga lebih ekonomis.

Menurut Perda pemerintah kabupaten Jombang nomor 21/2009 tentang tata ruang, dimana Jombang membagi wilayahnya untuk kepentingan pengembangan investasi. Hal ini menunjukkan bahwa pemerintah Kabupaten Jombang mendukung adanya investasi dalam bidang industri kimia.

d. Keadaan Masyarakat

Masyarakat diperkirakan akan mendukung pendirian pabrik. Hal ini karena pendirian pabrik akan membawa dampak positif bagi mereka terutama dalam bidang ekonomi. Lapangan kerja tersedia bagi masyarakat sekitar. Potensi ekonomi yang lain adalah masyarakat bisa membuka sewa rumah kos bagi karyawan serta membuka usaha kuliner di sekitar pabrik. Disamping itu, pendirian pabrik tidak akan mengganggu keamanan dan keselamatan masyarakat sekitar lokasi pabrik.

## 4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan hal penting yang harus diperhatikan karena berhubungan dengan keselamatan pekerja dan kelancaran proses produksi. Tata letak pabrik merupakan perencanaan bagian pabrik yang meliputi tempat kerja karyawan, tempat kerja pegawai dan terhubung

dengan sarana-sarana penunjang lainnya. Tujuan umum perencanaan tata letak pabrik adalah untuk memberikan kombinasi yang tepat dan optimal terhadap fasilitas produksi dan fasilitas perkantoran dalam pabrik tersebut. Perencanaan tata letak yang tepat dapat memberikan efisiensi terhadap lahan untuk pendirian pabrik dan kenyamanan karyawan. Perencanaan untuk proses yang berbahaya diletakkan pada jarak yang aman dari bangunan. Perencanaan tata letak harus mempertimbangkan luas pabrik di masa yang akan datang.

Proses-proses yang berbahaya ditempatkan pada jarak yang aman serta jauh dari bangunan lain. Selain itu, dalam perancangan tata letak juga harus mempertimbangkan perluasan pabrik dimasa yang akan datang.

Untuk mendapatkan kondisi yang optimal dan efisien dalam perencanaan tata letak pabrik, maka hal-hal yang harus diperhatikan antara lain,

1. Perluasan pabrik harus disiapkan diawal, sehingga kebutuhan untuk lahan dimasa yang datang bisa tercukupi.
2. Perencanaan tata letak pabrik harus memperhatikan factor keamanan, apabila terjadi hal seperti kebakaran, ledakan, kebocoran gas atau asap beracun dapat ditanggulangi secara cepat dan tepat.
3. Sekitar pabrik ditempatkan alat-alat pengaman seperti hydrant, penampung air yang cukup, alat penahan ledakan, dan alat sensor untuk gas beracun.
4. Kondisi iklim Indonesia memungkinkan untuk membuat konstruksi pabrik secara outdoor, Hal ini untuk menekan biaya bangunan dan gedung.
5. Efisiensi dalam pemakaian dan pengaturan sarana-sarana yang tepat penting dilakukan, mengingat lahan yang terbatas.
6. Instalasi dan unit utilitas harus diperhatikan, pemasangan dan distribusi yang tepat meliputi steam, air, listrik, dan alay utilitas lainnya dapat membantu proses produksi dan proses perkantoran dengan baik.

7. Pabrik memperhatikan aspek social dan ikut menjaga lingkungan. Limbah harus diolah dengan baik agar tidak mengganggu masyarakat sekitar dan merusak lingkungan.
8. Unit proses normalnya diberi jarak 30 meter, sedangkan proses yang berbahaya diberi jarak lebih dari 30 meter.
9. Kantor administrasi dan laboratorium yang relatif banyak pekerja ditempatkan jauh dari area proses yang berpotensi bahaya.
10. Ruang kontrol ditempatkan berdekatan dengan unit proses, namun untuk proses yang cukup berbahaya ruang kontrol ditempatkan pada jarak yang aman dari unit proses
11. Area penyimpanan utama ditempatkan antara loading dan unloading fasilitas serta unit proses yang tersedia

Secara garis besar layout pabrik dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu:

1. Daerah administrasi atau perkantoran  
Daerah administrasi sebagai pusat kegiatan administrasi perusahaan untuk mengatur kelancaran operasi dan kegiatan administrasi.
2. Daerah fasilitas umum  
Merupakan fasilitas penunjang aktivitas pabrik dalam memenuhi kepentingan karyawan.
3. Daerah proses  
Tempat yang menjadi pusatnya proses produksi. Alat-alat proses dan pengendali ditempatkan disini. Daerah ini biasanya terletak di bagian belakang daerah administrasi..
4. Daerah laboratorium dan ruang *control*  
Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses, serta produk yang akan dijual. Daerah laboratorium merupakan pusat kontrol kualitas bahan baku, produk, dan limbah proses. Daerah ruang kontrol merupakan pusat untuk mengontrol jalannya proses sesuai kondisi yang diinginkan.

5. Daerah pemeliharaan

Daerah pemeliharaan merupakan tempat penyimpanan suku cadang alat proses dan untuk melakukan perbaikan, pemeliharaan atau perawatan semua peralatan yang dipakai dalam proses. Selain proses, daerah ini juga memperbaiki saran penunjang dalam pabrik.

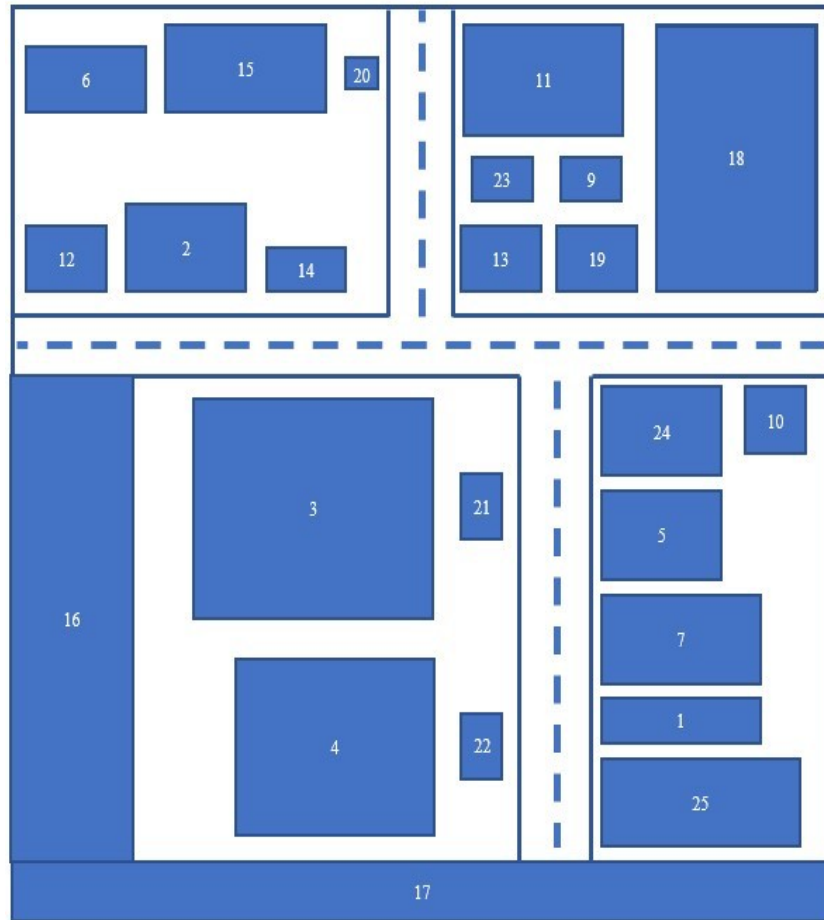
6. Daerah utilitas

Utilitas merupakan unit pendukung dalam proses. Unit ini sebagai penyediaan air, steam, listrik. Tidak hanya bagi proses, tapi bagi semua bangunan di pabrik.

7. Daerah pengolahan limbah

Daerah yang harus ada dalam industri, karena untuk meminimalisir kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh limbah buangan pabrik yang tanpa diolah dengan baik. Hal ini dapat merugikan masyarakat sekitar.

Pendirian pabrik Gliserol ini direncanakan dibangun dengan luas tanah 27629 m<sup>2</sup>. Tata letak pabrik (plant layout) dapat dilihat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2** Layout Pabrik Gliserol (Skala 1 : 2000)

Tabel 4.1 Rincian area bangunan pabrik

No.	Nama Bangunan	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m <sup>2</sup>
1	Area penyimpanan bahan baku	40	12	480
2	Area penyimpanan produk	30	22	660
3	Area produksi	60	56	3360
4	Area utilitas	50	44	2200
5	Bengkel	30	22	660
6	Gudang sebagian	30	17	510
7	Gedung peralatan	40	22	880

Tabel 4.1 Rincian area bangunan pabrik (lanjutan)

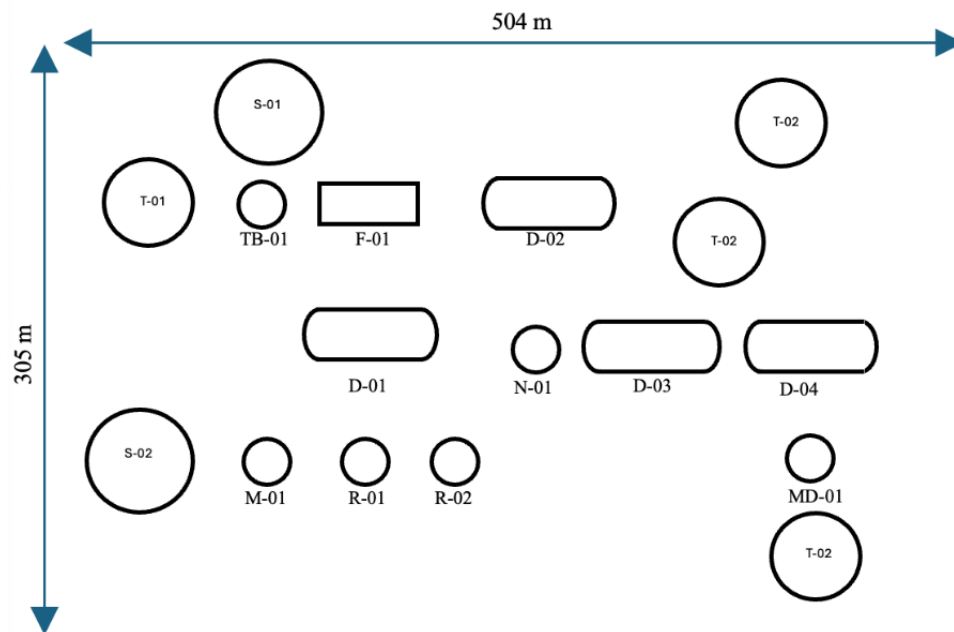
8	Jalan	210	15	3150
9	Kantin	16	10	160
10	Kantor proses dan produksi	15	15	225
11	Kantor utama	40	30	1200
12	Laboratorium	20	16	320
13	Masjid	20	16	320
14	Parkir truk	20	10	200
15	Parkir utama	40	22	880
16	Perluasa area 1	30	124	3720
17	Perluasa area 2	210	16	3360
18	Perumahan/mess	40	68	2720
19	Poliklinik	20	16	320
20	Pos keamanan	8	8	64
21	Ruang kendali proses	10	16	160
22	Ruang kendali utilitas	10	16	160
23	Taman	16	10	160
24	Unit pemadam kebakaran	30	22	660
25	Unit pengolahan limbah	50	22	1100
<b>Luas Tanah</b>				<b>27629</b>
<b>Luas Bangunan</b>				<b>16159</b>
<b>Total</b>		<b>1085</b>	<b>647</b>	<b>43788</b>

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

Tata letak mesin atau alat proses merupakan suatu pengaturan dari komponen komponen fasilitas pabrik. Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Aliran bahan baku dan produk, jalur aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta dapat menunjang kelancaran dan keamanan produksi
2. Aliran udara, arah hembusan angin serta kelancaran aliran udara di dalam dan di sekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara atau keadaan Wiranti pada suatu tempat berupa akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan karyawan.
3. Pencahayaan, pada seluruh area pabrik harus memadai. Serta perlunya tambahan penerangan pada tempat tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi.
4. Lalu lintas kendaraan dan manusia dalam perancangan lay out peralatan perlu diperhatikan supaya karyawan dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat, mudah dan aman. sehingga, apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki.
5. Pertimbangan ekonomi, penempatan alat-alat proses pada pabrik diusahakan dapat meminimalisir biaya operasi dan tetap menjamin kelancaran serta keamanan produk pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.
6. Jarak antar alat proses, untuk alat proses yang mempunyai tekanan operasi dan suhu yang tinggi, Sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, untuk menghindari jika terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut sehingga tidak membahayakan alat alat proses lainnya.

Tata letak alat-alat proses (*machines layout*) dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Skala (1:500)

**Gambar 4.3** Tata Letak Alat Proses

Keterangan :

1. T-01 = Tangki Minyak Goreng Bekas
2. T-02 = Tangki H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
3. T-03 = Tangki Penyimpanan Produk
4. TB-01 = Tangki *Bleaching*
5. F-01 = Filter press
6. D-01 = *Decanter*
7. M-01 = *Mixer*
8. R-01 = Reaktor
9. R-02 = Reaktor
10. D-02 = *Decanter*
11. N-01 = Neutralizer
12. D-03 = *Decanter*
13. D-04 = *Decanter*
14. MD-01 = Menara Distilasi
15. S-01 = Silo Karbon Aktid
16. S-02 = Silo NaOH

## **4.4 Organisasi Perusahaan**

### **4.4.1 Bentuk Perusahaan**

Pabrik asam tereftalat yang akan didirikan direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham termasuk salah satu surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham yang berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan. Dalam PT, pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

Alasan dipilihnya bentuk Perseroan Terbatas pada perusahaan ini di latar belakangnya atas beberapa pertimbangan, antara lain:

- a. Mudah mendapatkan modal yaitu dengan menjual saham perusahaan,
- b. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan,
- c. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain.
- d. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak berpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta staf dan karyawan perusahaan,
- e. Efisiensi dari manajemen,
- f. Lapangan usaha lebih luas, dan
- g. Mudah bergerak di pasar global

### **4.4.2 Struktur Organisasi**

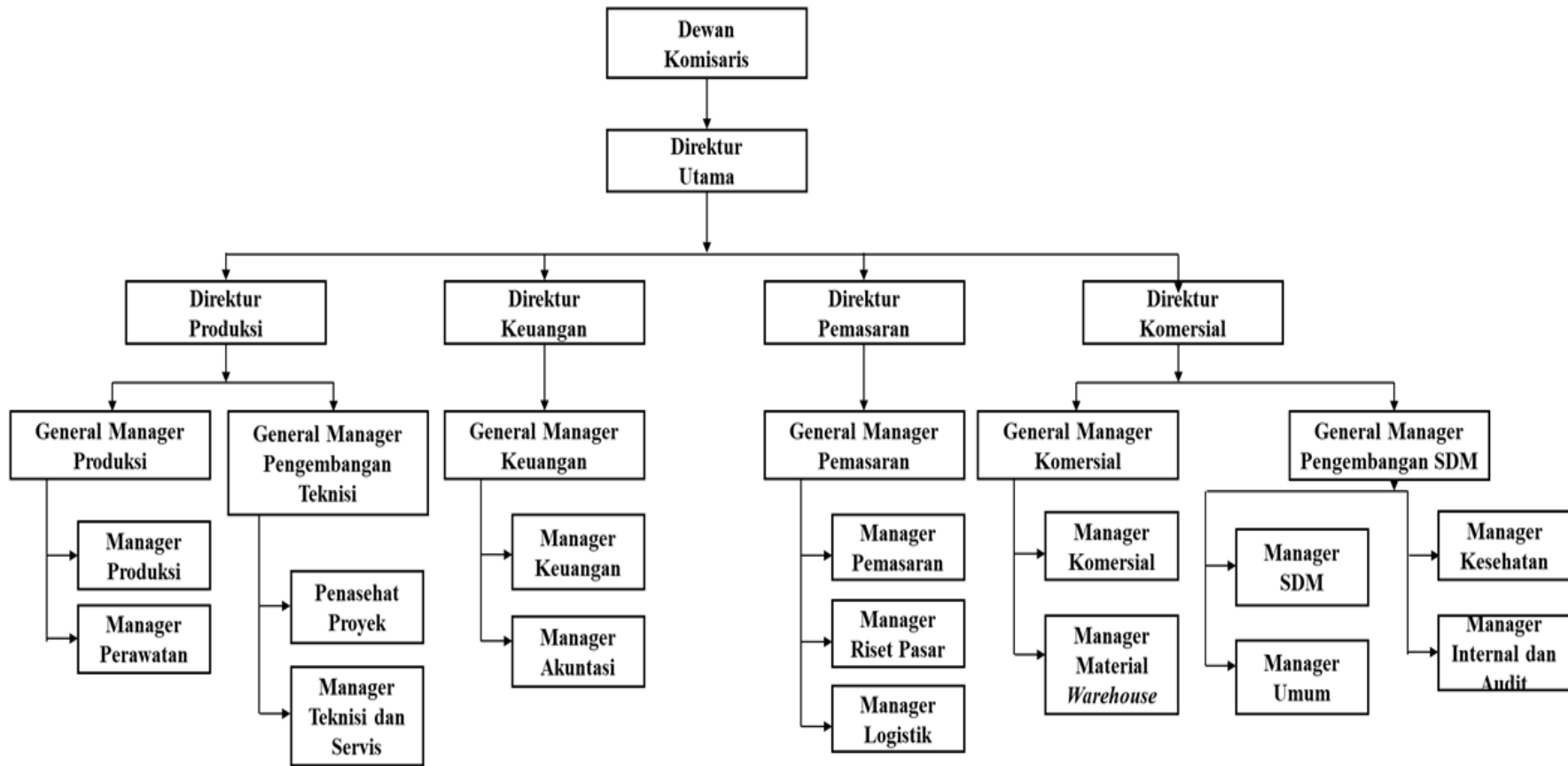
Organisasi merupakan suatu wadah atau alat dimana masing-masing orang berpacu pada satu visi melakukan kegiatan untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Struktur organisasi adalah gambaran secara sistematis tentang tugas dan tanggung jawab, serta hubungan antara bagian dalam perusahaan. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan.

Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut:

- a. Pemegang saham,
- b. Dewan Komisaris,
- c. Direktur Utama
- d. Direktur,
- e. *General Manager*,
- f. *Manager*, dan
- g. Karyawan dan Operator.

Masing-masing bagian memiliki wewenang dan tugas yang berbeda. Semakin tinggi jabatan yang ditempati maka semakin luas pula tugas dan wewenang yang dimiliki. Tanggung jawab, tugas serta wewenang tertinggi terletak pada puncak pimpinan yaitu Dewan Komisaris. Sedangkan kekuasaan tertinggi terletak pada Pemegang saham.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam melaksanakan tugas sehari-hari nya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur yang dibantu oleh *General Manager* dari berbagai bidang. Struktur organisasi perusahaan mulai dari direksi sampai ke staf, dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut.



**Gambar 4.4** Struktur Organisasi Pabrik

#### 4.4.3 Tugas dan Wewenang

Dalam pembagiannya, masing-masing memiliki tugas dan wewenang. Berikut rinciannya.

a. Pemegang Saham

Pemegang saham (pemilik perusahaan) merupakan beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) adalah rapat umum pemegang saham. Pada rapat umum tersebut para pemegang saham memiliki wewenang untuk mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris, mengangkat dan memberhentikan Direktur, serta mengesahkan hasil usaha dan neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

b. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan anggota pelaksana dari pemilik saham, sehingga Dewan Komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas Dewan Komisaris antara lain menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, mengawasi tugas Direktur Utama, dan membantu Direktur Utama dalam hal-hal penting.

c. Direktur Utama

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan memiliki tanggung jawab sepenuhnya terhadap perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi, Direktur Keuangan, Direktur Pemasaran, dan Direktur Komersial.

d. Direktur

Direktur merupakan pemimpin pelaksanaan kegiatan perusahaan yang dibawahi oleh Direktur Utama. Masing-masing Direktur memiliki

tugasnya sendiri sesuai dengan bidangnya. Tugas Direktur, dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Tugas masing-masing direktur

<b>Posisi</b>	<b>Tugas</b>
Direktur Produksi	Memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi
Direktur Keuangan	Bertanggung jawab dalam administrasi dan keuangan
Direktur Pemasaran	Memimpin pelaksanaan pemasaran dan strategi bisnis
Direktur Komersial	Memimpin pelaksanaan atas pengadaan program promosi serta bertanggung jawab terhadap seluruh divisi komersial

e. *General Manager*

Secara umum, *General Manager* dapat bertindak sebagai staf direktur. Tugas umum dari *General Manager* yaitu melakukan koordinasi, mengatur serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Masing-masing *General Manager* memiliki tugasnya sendiri sesuai dengan bidangnya. Tugas *General manager*, dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Tugas masing-masing *general manager*

<b>Posisi</b>	<b>Tugas</b>
GM Produksi	Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan bahan baku serta produksi
GM Keuangan	Mengkoordinasikan kegiatan pembukuan keuangan
GM Pemasaran	Bertanggung jawab terhadap kegiatan penjualan dan pemasaran produk
GM Komersial	Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan
GM Pengembangan Sumber Daya Manusia	

*f. Manager*

*Manager* adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur dan disusun oleh para *General Manager* dari masing-masing bagian. Setiap *Manager* bertanggung jawab terhadap *General Manager* masing-masing sesuai dengan tugasnya. Tugas *Manager* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Tugas masing-masing *manager*

<b>Posisi</b>	<b>Tugas</b>
<i>Manager</i> Produksi	Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi
<i>Manager</i> Perawatan	Bertanggung jawab dalam pengadaan perawatan peralatan proses
<i>Manager</i> Teknisi dan Servis	Bertanggung jawab terhadap penyediaan bahan baku dan menjaga kemurnian bahan baku, serta mengontrol produk yang dihasilkan
<i>Manager</i> Keuangan	Bertanggung jawab atas alur keluar masuknya keuangan perusahaan

**Tabel 4.4** Tugas masing-masing *manager* (lanjutan)

<i>Manager Akuntansi</i>	Bertanggung jawab atas kegiatan pembukuan arus keuangan perusahaan
<i>Manager Pemasaran</i>	Bertanggung jawab atas kegiatan perencanaan dan pengembangan pemasaran
<i>Manager Riset Pasar</i>	Bertanggung jawab atas kegiatan riset pasar
<i>Manager Logistik</i>	Bertanggung jawab dalam pengadaan atau penyediaan kebutuhan perusahaan
<i>Manager Komersial</i>	Bertanggung jawab dalam mengembangkan struktur harga dan hubungan dengan klien
<i>Manager Material Warehouse</i>	Bertanggung jawab dalam pendataan barang, pemindahan barang, dan pemeliharaan barang secara preventif.
<i>Manager Sumber Daya Manusia</i>	Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian
<i>Manager Umum</i>	Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah dan masyarakat
<i>Manager Kesehatan</i>	Bertanggung jawab dalam pelayanan medis dan kesehatan bagi perusahaan
<i>Manager Internal dan Audit</i>	Bertanggung jawab dalam mengendalikan siklus audit termasuk manajemen risiko dan kontrol atas efektivitas operasional

#### **4.4.4 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji**

##### **a. Penggolongan Jabatan**

Masing-masing jabatan dan struktur organisasi diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan yang sesuai dengan jabatan dan tanggung jawab. Jenjang pendidikan karyawan yang diperlukan berkisar

dari lulusan SMA hingga Sarjana S-2. Penggolongan jabatan berdasarkan jenjang pendidikan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Penggolongan jabatan

<b>Jabatan</b>	<b>Pendidikan</b>
Direktur Utama	S-2
Direktur	S-2
<i>General Manager</i>	S-1
<i>Manager</i>	S-1
Dokter	S-2
Perawat	D-3/ D-4/ S-1
Karyawan	D-3/ S-1
Operator	SMK/ D-3/ S-1
Supir	SMA/ Sederajat
<i>Cleaning Service</i>	SMA/ Sederajat
Satpam	SMA/ Sederajat

b. Sistem Gaji Karyawan

Pemberian upah yang akan dibayarkan kepada pekerja direncanakan dan diatur menurut tingkat pendidikan, status pekerjaan, dan tingkat golongan. Upah minimum pekerja yang diperoleh tidak kurang dari upah minimum kota yang diberlakukan oleh pemerintah (Upah Minimum Regional) dan pelaksanaannya sesuai dengan ketentuan yang berlaku pada perusahaan. Tingginya golongan yang disandang seorang karyawan menentukan besarnya gaji pokok yang diterima oleh karyawan tersebut. Karyawan akan mendapatkan kenaikan golongan secara berkala menurut masa kerja, jenjang pendidikan dan prestasi karyawan. Sistem pembagian gaji perusahaan terbagi menjadi tiga (3), antara lain gaji

bulanan, gaji harian dan gaji lembur. Berikut rincian gaji dari masing-masing bagian yang tertera pada tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Gaji karyawan

<b>No</b>	<b>Jabatan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Gaji per Bulan (Rp)</b>	<b>Total Gaji (Rp)</b>
1	Direktur Utama	1	Rp 50.000.000	Rp 50.000.000
2	Staff Ahli	2	Rp 30.000.000	Rp 60.000.000
3	Kepala Bagian Produksi	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
4	Kepala Bagian Teknik	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
5	Kepala Bagian Umum	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
6	Kepala Bagian Marketing	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
7	Kepala Seksi Pengendalian	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
8	Kepala Seksi Proses Produksi	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
9	Kepala Seksi Laboratorium	1	Rp 15.000.000	Rp15.000.000
10	Kepala Seksi Maintenance	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
11	Kepala Seksi Utilitas	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
12	Kepala Personalia	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
13	Kepala K3	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
14	Kepala Keamanan	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
15	Kepala Pemasaran	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
16	Kepala Keuangan	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
17	Kepala Pembelian	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000

**Tabel 4.6** Gaji karyawan (lanjutan)

18	Karyawan Personalia	5	Rp 6.000.000	Rp 30.000.000
19	Karyawan Pemasaran	5	Rp 6.000.000	Rp 30.000.000
20	Karyawan Pembelian	5	Rp 6.000.000	Rp 30.000.000
21	Karyawan Proses Produksi	24	Rp 6.000.000	Rp 144.000.000
22	Karyawan Laboratorium	6	Rp 6.000.000	Rp 36.000.000
23	Karyawan Utilitas	11	Rp 6.000.000	Rp 66.000.000
24	Karyawan Maintenance	6	Rp 6.000.000	Rp 36.000.000
25	Karyawan Pengendalian	6	Rp 6.000.000	Rp 36.000.000
26	Karyawan Keuangan	4	Rp 6.000.000	Rp 24.000.000
27	Karyawan K3	6	Rp 6.000.000	Rp 36.000.000
28	Operator	75	Rp 5.500.000	Rp 412.500.000
29	Security	6	Rp 3.000.000	Rp 18.000.000
30	Sopir	5	Rp 3.000.000	Rp 15.000.000
31	Cleaning Service	8	Rp 3.000.000	Rp 24.000.000
32	Dokter	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000
33	Perawat	3	Rp 5.000.000	Rp 15.000.000
<b>Total</b>		201	Rp 386.500.000	Rp 1.296.500.000

g. Status Karyawan

Pada pabrik giserol ini pemberian gaji karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Pembagian karyawan pabrik dapat dibagi menjadi beberapa golongan antara lain:

- a. Karyawan tetap, merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan yang sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

- b. Karyawan harian, merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan (SK) direksi dan mendapat upah harian yang dibayar setiap akhir pekan.
- c. Karyawan Borongan, merupakan karyawan yang digunakan oleh perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

h. Jumlah dan Jadwal Kerja Karyawan

Pabrik ini direncanakan beroperasi selama 300 hari dalam setahun dan 24 jam sehari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan (*Turn Around* atau *Shut Down*). Sedangkan pembagian jam kerja karyawan pada pabrik ini terbagi menjadi dua (2), antara lain karyawan *shift* dan karyawan *non-shift*.

a. Karyawan *shift*

Karyawan *shift* merupakan karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian tertentu dari pabrik yang memiliki hubungan dengan keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan *shift* ini adalah operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gudang, bagian keamanan, dan bagian yang harus selalu siaga untuk menjaga keselamatan, keamanan dan keberlangsungan pabrik. Para karyawan *shift* bekerja secara bergantian sehari semalam. Karyawan *shift* dibagi dalam tiga (3) *shift* dengan pengaturan sebagai berikut.

*Shift* I = 08.00 - 16.00

*Shift* II = 16.00 - 24.00

*Shift* III = 24.00 - 08.00

Pembagian regu dan *shift* dapat dilihat pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7** Jadwal hari dan jam kerja karyawan shift

~	Hari ke-														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>A</b>	I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III	
<b>B</b>	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I
<b>C</b>	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II
<b>D</b>			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III
~	Hari ke-														
	16	17	19	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<b>A</b>		I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III
<b>B</b>	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III		
<b>C</b>	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I
<b>D</b>	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II

b. Karyawan *non-shift*

Karyawan *non-shift* merupakan karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan *non-shift* antara lain Direktur, *General Manager*, *Manager* serta bagian administrasi. Rincian karyawan *non-shift* bekerja sebagai berikut.

Hari = Senin - Kamis

Pukul 08.00 - 12.00 (Jam kerja)

Pukul 12.00 - 13.00 (Istirahat)

Pukul 13.00 - 16.00 (Jam kerja)

Hari = Jum'at

Pukul 08.00 - 11.30 (Jam kerja)

Pukul 11.30 - 13.00 (Istirahat)

Pukul 13.00 - 16.00 (Jam kerja)

Hari = Sabtu, Minggu dan hari besar libur

## **BAB V**

### **UTILITAS**

Unit utilitas merupakan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang adalah sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Beberapa utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik gliserol ini meliputi :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
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 Pengolahan Air (*Water Treatment System*)**

Unit Penyediaan dan Pengolahan Air bertugas menyediakan dan mengolah air bersih yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di pabrik.

##### **1. Unit Penyediaan Air**

Pada unit ini terjadi proses pengolahan air baku menjadi air bersih, karena air yang berasal dari alam masih banyak mengandung kotoran (*impurities*) yang dapat menyebabkan kerak (*fouling*). *Impurities* yang terkandung dalam air ini terdiri dari *suspended solid* yaitu *impurities* yang tidak terlarut dan diproses pada proses klarifikasi serta *dissolved solid* yaitu *impurities* yang terlarut dan diproses pada proses demineralisasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan air baku baik secara fisik maupun kimia.

Air baku yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik gliserol ini berasal dari Sungai Bengawan Ciujung. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut :

- a. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
- b. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, dan biaya pengolahannya lebih murah dibandingkan dengan air laut yang pengolahannya lebih rumit dan biayanya lebih besar.

Secara umum, kebutuhan air pada pabrik gliserol ini digunakan untuk keperluan sebagai berikut.

a. Air Domestik (*Domestic Water*)

*Domestic water* merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan seperti air minum, toilet, perumahan dan sebagainya. Air domestik yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti:

- Air jernih
- Tidak berbau
- Tidak berasa
- Tidak mengandung zat organik dan anorganik
- Tidak beracun

b. Air Layanan Umum (*Service Water*)

*Service water* merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan layanan umum seperti bengkel, poliklinik, laboratorium, kantin, masjid dan lain-lain. Kriteria *service water* yang digunakan sama seperti *domestic water*.

c. Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai media pendingin pada proses produksi. Beberapa hal yang menjadi

pertimbangan digunakannya air pendingin sebagai media pendingin, antara lain:

- Air dapat diperoleh dengan mudah dan dalam jumlah besar.
- Mudah dilakukan pengaturan dan pengolahan.
- Memiliki daya serap terhadap panas per satuan volume cukup tinggi.
- Tidak terdekomposisi.

Namun, terdapat beberapa syarat kandungan zat yang tidak diperbolehkan ada dalam air pendingin, seperti:

- Besi, karena dapat menyebabkan korosi.
- Silika, karena dapat menyebabkan kerak.
- Oksigen terlarut, karena dapat menyebabkan korosi.
- Minyak, karena dapat menyebabkan gangguan pada *film corrosion inhibitor*, penurunan *heat exchanger coefficient* dan menimbulkan endapan karena minyak dapat menjadi makanan bagi mikroba.

#### d. Air Umpan *Boiler* (*Boiler Feed Water*)

Air umpan *boiler* merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* yang digunakan untuk menunjang kelangsungan proses produksi. Berikut merupakan beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menangani air umpan *boiler* antara lain:

- Zat yang Menyebabkan Korosi beberapa kandungan yang dapat menyebabkan korosi pada *boiler* adalah larutan asam dan gas-gas terlarut seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  dan  $\text{NH}_3$ .
- Zat yang Menyebabkan Kerak yang dapat menyebabkan kerak pada *boiler* adalah adanya kesadahan dan suhu tinggi yang biasanya berupa garam karbonat dan silika.

#### e. Air Proses

Air proses merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada area proses produksi. Air proses yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti:

- Air jernih
- Tidak berbau
- Tidak berasa
- Tidak mengandung zat organik dan anorganik

## 2. Unit Pengolahan Air

Pengolahan air dimaksudkan untuk menghasilkan air yang dapat digunakan baik untuk menunjang proses produksi maupun kebutuhan-kebutuhan lainnya di seluruh area pabrik. Air baku dari Sungai Ciujung harus mengalami beberapa tahap pengolahan baik secara fisik maupun kimia agar dapat digunakan. Tahapan-tahapan pengolahan air di pabrik gliserol ini adalah sebagai berikut.

### a. Penghisapan

Tahap awal dalam pengolahan air adalah penghisapan. Pengambilan air dari sungai dilakukan dengan cara penghisapan menggunakan pompa. Kemudian air akan dialirkan ke bak pengendap awal.

### b. Pengendapan Awal (*Sedimentation*)

Setelah melewati proses penyaringan, air akan melalui proses sedimentasi. Sedimentasi adalah proses pemisahan kotoran dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Pada proses ini, kotoran-kotoran kecil yang tidak tersaring pada proses penyaringan sebelumnya seperti lumpur dan pasir akan mengendap pada bagian bawah bak karena gaya gravitasi.

### c. Bak Pencampur Cepat

Pada alat ini terjadi proses koagulasi. Koagulasi merupakan proses penggumpalan akibat penambahan zat kimia yang disebut koagulan ke dalam air sehingga partikel-partikel tersebut akan

menjadi stabil atau netral dan membentuk endapan. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau alumunium sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ),  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

d. Penyaringan (*Screening*)

*Screening* adalah proses memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti daun, ranting, dan sampah-sampah lainnya tanpa menggunakan bahan kimia. Sementara kotoran-kotoran yang lebih kecil masih terikut dengan aliran air dan akan dipisahkan pada tahapan selanjutnya. Pada *screener* terdapat pembilas yang berfungsi untuk membersihkan *screener* dari kotoran-kotoran yang tersangkut agar tidak menghalangi aliran air.

e. Klorinasi

Untuk dapat digunakan sebagai air minum pada perkantoran maupun perumahan, air bersih (*filtered water*) harus melalui tahap klorinasi. Klorinasi adalah proses penambahan klorin dalam bentuk kaporit pada air yang berfungsi untuk membunuh kuman, bakteri, jamur, dan mikroorganisme lain sehingga air layak untuk dikonsumsi dan digunakan. Selanjutnya, air yang telah mengalami klorinasi akan ditampung di dalam tangki penyimpanan air bersih.

f. Tangki Penampung Air Bersih (*Filtered Water Storage Tank*)

Air bersih dari *sand filter* atau disebut biasa disebut *filtered water* ditampung di dalam tangki penampungan sementara. Air bersih ini kemudian akan didistribusikan dan diolah lebih lanjut untuk dapat digunakan sebagai air domestik (*domestic water*), air layanan umum (*service water*), air pendingin (*cooling water*) dan air umpan boiler (*boiler feed water*).

g. *Cooling Tower*

*Cooling tower* merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan air dingin yang dapat digunakan sebagai pendingin pada alat-alat proses. Proses yang terjadi pada *cooling tower* adalah

pengolahan air panas menjadi air dingin menggunakan udara sebagai media pendinginnya. *Initial water* ke *cooling tower* berasal dari *filtered water storage tank* dengan suhu sekitar 38°C yang dialirkan ke atas *cooling tower* melalui distributor. Air akan mengalami evaporasi, sehingga air akan dialirkan ke bawah melalui lubang saluran (*swirl*). Bersamaan dengan proses ini, terjadi pelepasan panas laten, sehingga sebagian air akan menguap ke atmosfer. Untuk itu, dibutuhkan *make-up water* sebagai kompensasi terjadinya *evaporation loss*. *Make-up water* juga berasal dari *filtered water storage tank*. Air yang mengalami evaporasi di *cooling tower* akan sama jumlahnya dengan *flow make-up water* yang masuk, sehingga kesetimbangan perpindahan panas antara udara dan air akan tetap stabil. Suhu air yang telah melalui proses pendinginan akan turun menjadi 30°C.

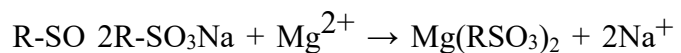
Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut. Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu ditambahkan bahan-bahan kimia seperti *corrosion inhibitor*, *scale inhibitor*, *non-oxidizing biocide*, *dispersant*, *pH control* dan *oxidizing biocide*.

#### h. Demineralisasi

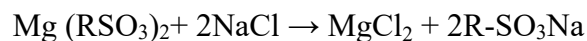
Air yang digunakan sebagai air umpan boiler untuk memproduksi *steam water* tidak cukup hanya air bersih saja, tetapi juga harus air murni yang terbebas dari kandungan mineral- mineral terlarut. Untuk itu, perlu dilakukan proses demineralisasi. Demineralisasi adalah proses menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water* dengan jalan penukaran ion. Proses demineralisasi terjadi di alat-alat berikut berikut.

- *Kation Exchanger*

Kation *exchanger* merupakan unit yang berisi resin yang digunakan untuk menukar ion-ion positif atau kation. Kation yang terkandung dalam air seperti kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), natrium ( $\text{Na}^+$ ), potasium ( $\text{K}^+$ ), mangan ( $\text{Mn}^{2+}$ ), besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ ) diganti dengan ion  $\text{H}^+$  atau  $\text{Na}^+$  dari resin. Kation-kation tersebut harus digantikan karena dapat menyebabkan *fouling* (kerak) pada boiler yang dapat mengganggu operasi. Reaksi penukaran kation yang terjadi dalam kation *exchanger* adalah sebagai berikut :

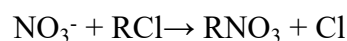


Kation resin ini perlu diregenerasikan kembali dengan  $\text{NaCl}$  apabila dalam waktu tertentu telah mengalami jenuh. Dan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

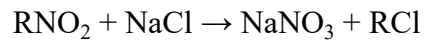


- Anion *Exchanger*

Anion *exchanger* merupakan unit yang berisi resin yang digunakan untuk menukar ion-ion negatif atau anion. Anion yang terkandung dalam air seperti bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), klorida ( $\text{Cl}^-$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), dan silika ( $\text{SiO}_2^-$ ) diganti dengan resin yang memiliki sifat basa dan mempunyai formula  $\text{RCl}$ . Anion- anion tersebut harus digantikan karena dapat menyebabkan korosi pada boiler yang dapat mengganggu operasi. Reaksi penukaran anion yang terjadi dalam anion *exchanger* adalah sebagai berikut:

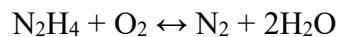


Anion resin ini perlu diregenerasikan kembali dengan NaCl apabila dalam waktu tertentu telah mengalami jenuh. Dan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



- Deaerator

Air umpan *boiler* yang telah mengalami demineralisasi (*demin water*) pada kation *exchanger* dan anion *exchanger* akan mengalami proses deaerasi pada deaerator. Daerasi adalah proses pembersihan air umpan boiler dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi pada boiler seperti oksigen ( $\text{O}_2$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). *Demin water* dipompakan menuju daerator kemudian diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) yang berfungsi untuk mengikat oksigen ( $\text{O}_2$ ) sehingga dapat mencegah terjadinya korosi pada *tube* boiler. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



3. Kebutuhan Air

Kebutuhan air pada pabrik gliserol ini disajikan pada Tabel 5.1 sampai 5.6

a. Kebutuhan Air Domestik (*Domestik Water*)

Kebutuhan air domestik meliputi kebutuhan air karyawan dan kebutuhan air perumahan.

- Kebutuhan Air Karyawan

Jumlah karyawan	= 198 orang
Kebutuhan air setiap karyawan	= 100 kg/hari
Total kebutuhan air karyawan	= 19.800 kg/hari

- Kebutuhan Air Perumahan

Jumlah rumah	= 5 unit
Jumlah orang tiap rumah	= 6 orang
Kebutuhan air setiap orang	= 300 kg/hari

Total kebutuhan air perumahan = 375 kg/hari  
**Total kebutuhan air domestik = 57.600 kg/hari**  
**= 2.880 kg/jam**

Total kebutuhan *Domestic Water* dapat dilihat pada Tabel 5.1

**Tabel 5.1** Kebutuhan *domestic water*

<b>Kebutuhan</b>	<b>Jumlah (kg/jam)</b>
<i>Domestic</i>	2.880
<b>Total</b>	<b>2.880</b>

b. Kebutuhan Air Layanan Umum (*Service Water*)

Kebutuhan air layanan umum meliputi kebutuhan air bengkel poliklinik, laboratorium, pemadam kebakaran, kantin musholah dan kebun.

- Bengkel = 200 kg/hari  
 - Poliklinik = 300 kg/hari  
 - Laboratorium = 500 kg/hari  
 - Pemadam kebakaran = 1.000 kg/hari  
 - Kantin, mushola, kebun = 2.000 kg/hari  
**Total kebutuhan service = 4.000 kg/hari**  
**= 166.667 kg/jam**

Total kebutuhan *Service Water* dapat dilihat pada Tabel 5.2

**Tabel 5.2** Kebutuhan *service water*

<b>Kebutuhan</b>	<b>Jumlah (kg/jam)</b>
<i>Kebutuhan Service</i>	166.667
<b>Total</b>	<b>166.667</b>

c. Kebutuhan Air Pendingin (*Cooling Water*)

Kebutuhan air pendingin dapat dilihat pada Tabel 5.3

**Tabel 5.3** Kebutuhan *service water*

<b>Kebutuhan</b>	<b>Kode Alat</b>	<b>Jumlah (kg/jam)</b>
<i>Cooler 01</i>	C-01	33.155,395
<i>Cooler 02</i>	C-02	271.097,579
<i>Condensor 01</i>	CD-01	6.229.841,022
<b>Total</b>		<b>6.534.093,995</b>

Percancangan dibuat overdesign 20%, sehingga kebutuhan air pendingin menjadi :

- Kebutuhan air pendingin = 20% x kebutuhan air pendingin  
= 20% x 6.534.093,99 kg/jam  
= 7.840.912,794 kg/jam
- Jumlah air yang menguap = 0,00085 x  $W_c$  x ( $T_{in} - T_{out}$ )  
= 0,00085 x 7.840.912,794 kg/jam x (373 – 313)  
= 399.886,552 kg/jam
- *Drift Loss* ( $W_d$ ) = 0,0002 x  $W_c$   
= 0,0002 x 7.840.912,794 kg/jam  
= 1.568,182 kg/jam
- *Blow Down* ( $W_b$ ) =  $W_b = \frac{W_e - (\text{cycle}-1)W_d}{(\text{cycle}-1)}$   
=  $\frac{399.886,552 - (4-1)}{(4-1)}$   
=  $W_b = 131.727,334$  kg/jam

d. Kebutuhan Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Kebutuhan air umpan boiler dapat dilihat pada Tabel 5.4

**Tabel 5.4** Kebutuhan *boiler feed water*

<b>Kebutuhan</b>	<b>Kode Alat</b>	<b>Jumlah (kg/jam)</b>
Reaktor 1	R-01	34.681.967,775
Reaktor 2	R-02	100.492.069,878
<i>Heater 1</i>	HE-01	707,828
<i>Heater 2</i>	HE-02	2.354,044
<b>Total</b>		<b>135.177.099,526</b>

Direncanakan digunakan *saturated steam* dengan kondisi :

P = 101,3 kPa, T = 150 °C

Perancangan dibuat *overdesign* 20%, sehingga kebutuhan air *steam* menjadi:

- *Overdesign* = 20% x 135.177.099,526 kg/jam  
= 162.212.519,431 kg/jam
  - *Blow Down* = 10% x kebutuhan *steam*  
= 10% x 135.177.099,526kg/jam  
= 16.221.251,943 kg/jam
  - *Stream strap* = 5% x *overdesign*  
= 5% x 162.212.519,431 kg/jam  
= 8.110,625,972 kg/jam
- Jumlah *make-up steam* = Blow down + stream trap  
= 16.221.251,943 kg/jam +  
8.110,625,972 kg/jam  
= 24.331.877,914 kg/jam

Total kebutuhan *Boiler Feed Water* dapat dilihat pada Tabel 5.5

**Tabel 5.5** Kebutuhan *boiler feed water*

<b>Kebutuhan</b>	<b>Kode Alat</b>	<b>Jumlah (kg/jam)</b>
<i>Heater 3</i>	HE-03	1582,566
<i>Reboiler 1</i>	RB-01	115.026,859
<b>Total</b>		<b>116.609,425</b>

Direncanakan digunakan *saturated steam* dengan kondisi :

$$P = 101,3 \text{ kPa}, T = 210 \text{ }^\circ\text{C}$$

Perancangan dibuat *overdesign* 20%, sehingga kebutuhan air *steam* menjadi:

$$\text{- Overdesign} = 20\% \times 116.609,424 \text{ kg/jam}$$

$$= 139.931,309 \text{ kg/jam}$$

$$\text{- Blow Down} = 10\% \times \text{Overdesign}$$

$$= 10\% \times 139.931,309 \text{ kg/jam}$$

$$= 13.993,131 \text{ kg/jam}$$

$$\text{- Stream strap} = 5\% \times \text{Overdesign}$$

$$= 5\% \times 139.931,309 \text{ kg/jam}$$

$$= 6.996,565 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Jumlah make-up steam} = \text{Blow down} + \text{stream trap}$$

$$= 13.993,131 \text{ kg/jam} + 6.996,565$$

$$\text{kg/jam}$$

$$= 20.989,696 \text{ kg/jam}$$

e. Kebutuhan Air Proses

Kebutuhan air proses dapat dilihat pada Tabel 5.6

**Tabel 5.6** Kebutuhan air proses

<b>Kebutuhan</b>	<b>Kode Alat</b>	<b>Jumlah (kg/jam)</b>
<i>Mixer</i>	M-01	6.446,929
<b>Total</b>		<b>6,446,929</b>

Perancangan dibuat overdesign 20%, sehingga kebutuhan air proses menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air proses} &= 20\% \times \text{Total kebutuhan} \\ &= 20\% \times 6.446,929 \text{ kg/jam} \\ &= 128.938,583 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Total Kebutuhan Air dapat dilihat pada tabel 5.7.

**Tabel 5.7** Total kebutuhan air

<b>Kebutuhan</b>	<b>Kapasitas (kg/jam)</b>
Air pendingin	7.840.912,794
Air steam	162.212.519,431
Air Domestik	3.300,000
Air Proses	128.1938,583
<b>Total</b>	<b>170.056.732,226</b>

## 5.2 Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

Unit Pembangkit *Steam* bertugas menyediakan kebutuhan *steam* yang akan digunakan sebagai media pemanas dalam proses produksi. Jenis *steam* yang digunakan adalah *saturated steam* suhu 150°C dan 210°C, dengan tekanan 101,3 kPa. Alat yang digunakan untuk menunjang kebutuhan *steam* pada pabrik gliserol ini adalah *boiler* dengan spesifikasi:

Kapasitas Steam 150°C	: 148.694.809,48 kg/jam
Kapasitas Steam 210°C	: 128.279,37 kg/jam
Jenis	: Boiler Lorong Api
Jumlah	: 2 buah

*Boiler* tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve system* dan pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *filtered water storage*

*tank* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu mengalami proses demineralisasi dan deaerasi. Selain itu air juga perlu diatur pH-nya menjadi sekitar 10,5-11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosifitasnya juga tinggi.

### **5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)**

Unit Pembangkit Listrik bertugas menyediakan kebutuhan listrik untuk menggerakkan alat proses, alat utilitas, elektronik, penerangan, dan fasilitas lainnya di seluruh area pabrik. Sumber listrik utama yang digunakan pada pabrik gliserol ini berasal dari PLN. Namun, pabrik ini juga dilengkapi dengan pembangkit listrik mandiri berupa sebuah generator. Generator berfungsi untuk menjadi sumber listrik cadangan apabila sumber listrik dari PLN mengalami gangguan atau pemadaman secara tiba-tiba. Adapun generator yang digunakan adalah jenis generator diesel dengan arus bolak-balik dengan kapasitas 486,010 kW. Jenis ini dipilih dengan pertimbangan sebagai berikut.

1. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.
2. Tegangan dapat dinaikkan dan diturunkan sesuai kebutuhan.

Rincian kebutuhan listrik pada pabrik gliserol dapat dilihat pada Tabel 5.8 sampai 5.10

- a. Kebutuhan Listrik Alat Proses

**Tabel 5.8** Kebutuhan listrik alat proses

<b>Alat</b>	<b>Kode Alat</b>	<b>hP</b>	<b>Watt</b>
Reaktor	R-01	25	18642,5
Reaktor	R-02	5	3728,5
Tangki <i>Bleaching</i>	TB-01	10	7457
<i>Mixer</i>	M-01	40	29828
Filter Press	F-01	100	74570
Netralizer	N-01	0,125	93,2125
Pompa	P-01	2	1491,4
	P-02	2	1491,4
	P-03	2	1491,4
	P-04	2	1491,4
	P-05	1	745,7
	P-06	1	745,7
	P-07	3	2237,1
	P-08	3	2237,1
	P-09	3	2237,1
	P-10	1	745,7
	P-11	0,25	186,425
	P-12	0,75	559,275
	P-13	0,5	372,85
	P-14	0,5	372,85
	P-15	0,5	372,85
	P-16	0,25	186,425
	P-17	0,25	186,425
<b>TOTAL</b>		<b>203</b>	<b>151.470</b>

Total kebutuhan listrik alat proses = 15.470 watt  
= 151,47 kW

b. Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

**Tabel 5.9** Kebutuhan listrik alat utilitas

Alat	Kode Alat	hP	Watt
Kompresor udara tekan (KU-01)	KU-01	0,5	372,85
Cooling Tower	CT-01	20	14914
Klarifier	KL-01	1,5	1.118,55
Pompa	PU-1	200	149.140
	PU-2	200	149.140
	PU-3	200	149.140
	PU-4	200	149.140
	PU-5	150	111.855
	PU-6	20	14.914
	PU-7	200	149.140
	PU-8	5	3.728,5
	PU-9	1	745,7
pengaduk		0,5	372,85
<b>TOTAL</b>		<b>1198,5</b>	<b>893.721</b>

Total kebutuhan listrik alat utilitas = 893.721,450 watt

= 893,721 kW

Total listrik untuk motor penggerak = 1.045,191 kW

c. Kebutuhan Listrik Alat Kontrol

Kebutuhan listrik alat kontrol diperkirakan sebesar 25% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor.

**Total kebutuhan listrik alat kontrol = 261,298 kW**

d. Kebutuhan Listrik Penerangan

Kebutuhan listrik alat penerangan diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor.

**Total kebutuhan listrik penerangan = 156,779 kW**

e. Kebutuhan Listrik Bengkel dan Laboratorium

Kebutuhan listrik kebutuhan bengkel dan laboratorium diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor.

**Total kebutuhan listrik Bengkel dan Lab= 156,779 kW**

f. Kebutuhan Listrik Perumahan

Kebutuhan listrik setiap rumah = 1 kW  
 Jumlah rumah = 10 unit  
 Total kebutuhan listrik perumahan = 10 kW

Total kebutuhan listrik pada pabrik gliserol ini dapat dilihat pada Tabel

5.10 Total Kebutuhan Listrik

**Tabel 5.10** Total kebutuhan listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	Plant	
	a. Alat proses	151,470
	b. Alat utilitas	893,721
2	Alat kontrol	261,297
3	Penerangan	156,778
4	Lab dan bengkel	156,778
5	Perumahan	10
Total		1.630,047

**5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)**

Unit Penyediaan Udara Tekan bertugas memenuhi kebutuhan udara tekan untuk alat-alat yang bekerja dengan prinsip *pneumatic* terutama alat-alat kontrol. Pada dasarnya, proses yang terjadi pada unit ini adalah mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit instrumen udara. Kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 37,382 m<sup>3</sup>/jam dengan tekanan 7,2 bar.

## 5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit Penyediaan Bahan Bakar bertugas menyediakan kebutuhan bahan bakar pabrik. Bahan bakar yang disediakan pada unit ini adalah kebutuhan bahan bakar untuk *boiler* dan generator. Bahan bakar yang digunakan adalah *diesel*/solar. Kebutuhan bahan bakar untuk *boiler* sebesar 146.256,72 kg/jam dan bahan bakar generator sebesar 94,57 kg/jam.

## 5.6 Unit Pengolahan Limbah

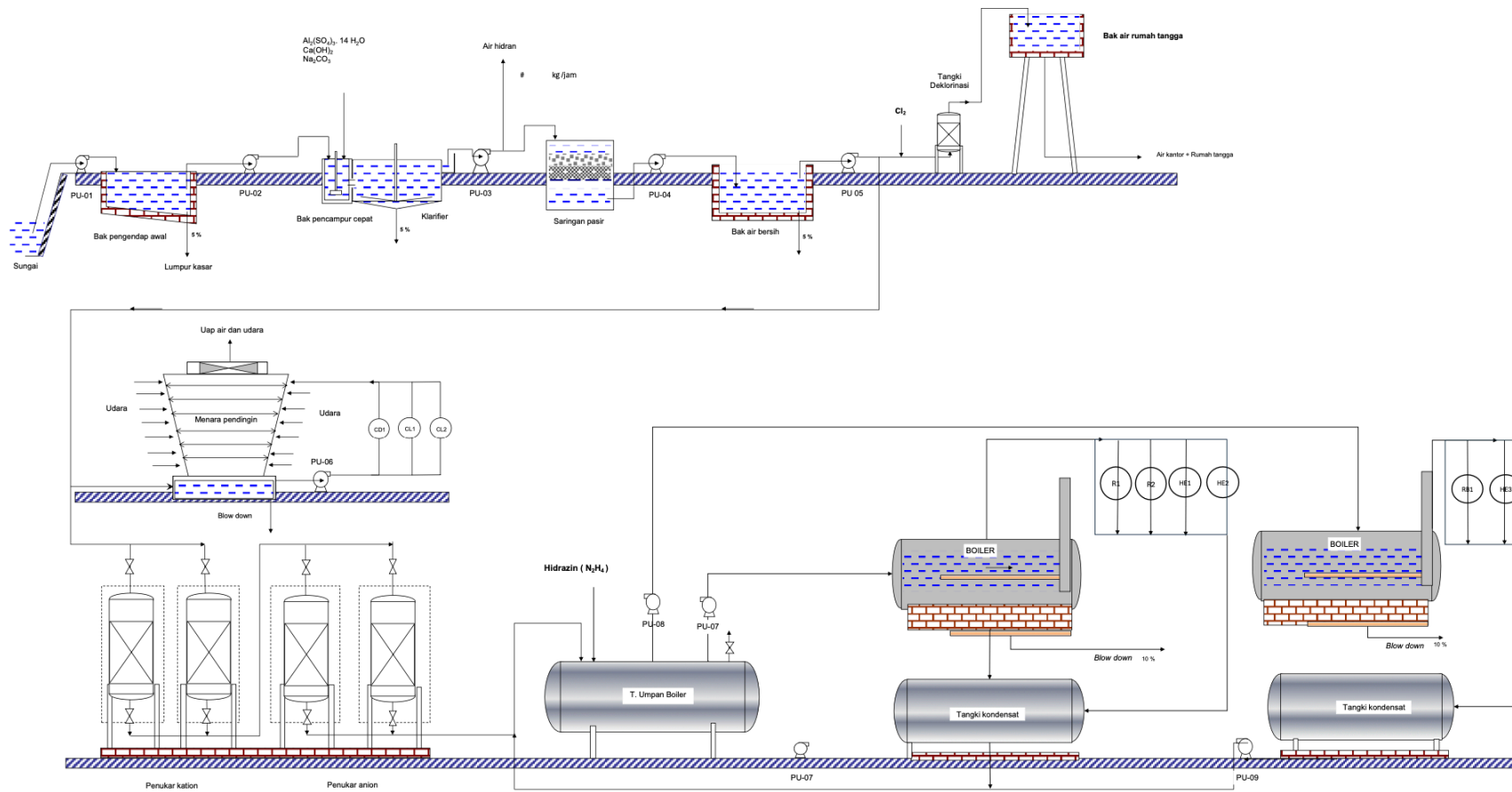
Limbah  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  yang terbuang dari hasil bawah *Decanter* (D-03) yang dialirkan menuju UPL.

Limbah FFA yang terbuang dari hasil atas *Decanter* (D-01) yang dialirkan menuju UPL.

Limbah Karbon Aktif yang terbuang dari hasil bawah filter press (F-01) yang dialirkan menuju UPL

Limbah berupa  $\text{O}_2$  yang terbuang dari hasil atas menara distilasi (MD-01)

Diagram Alir Unit Utilitas dapat dilihat pada Gambar 5.1



Gambar 5.1 Diagram Alir Unit Utilitas

Keterangan :

1. BU-01 : Bak Pengendap Awal
2. BU-02 : Bak Pencampur Cepat
3. KL-01 : Klarifier
4. FU-01 : Saringan Pasir
5. BU-03 : Bak Air Bersih
6. TU-01 : Tangki Deklorinasi
7. BU-04 : Bak Air Rumah Tangga
8. CT-01 : Cooling Tower
9. TU-02 : Tangki Penukar Kation
10. TU-03 : Tangki NaOH
11. TU-04 : Tangki Penukar Anion
12. TU-05 : Tangki NaCL
13. TU-06 : Tangki Umpan Boiler
14. BO-01 : Boiler 150 C
15. BO-02 : Boiler 210 C
16. TU-07 : Tangki Kondensat
17. TU-08 : Tangki Kondensat
18. PU-01-09 : Pompa Utilitas

## 5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

### 1. Pompa Utilitas

**Tabel 5.11** Spesifikasi pompa utilitas

Spesifikasi		Pompa Utilitas		
Kode		PU-01	PU-02	PU-03
Fungsi		Mengalirkan air dari sungai menuju bak pengendap awal	Mengalirkan air dari bak pengendap awal menuju bak klafier	Mengalirkan air dari klafier menuju saringan pasir
Jenis		<i>Centrifugal Pupmp Single Stage</i>		
Bahan		<i>Stainless steel 304</i>		
Jumlah		1 Unit		
Spesifikasi				
Kapasitas (gpm)		890.799,996	848.380,949	807.981,856
Head (m)		141,228	128,563	117,076
Ukuran	ID (in)	47,250	47,250	47,250
	OD (in)	48	48	48
	IPS	48	48	48
	Flow Area	1.753,4505	1.753,4505	1.753,4505
Tenaga Pompa (Hp)		133.419,310	115.670,853	100.319,1535
Tenaga Motor (Hp)		200	200	200
Harga		\$2.336	\$2.336	\$2.336

**Tabel 5.11** Spesifikasi pompa utilitas (lanjutan)

Spesifikasi		Pompa Utilitas		
Kode		PU-04	PU-05	PU-06
Fungsi		Mengalirkan air dari saringan pasir menuju bak air bersih	Mengalirkan air dari bak air bersih menuju tangki deklorinasi	Mengalirkan air dari basin melewati kondensor dan cooler menuju puncak menara
Jenis		<i>Centrifugal Pupmp Single Stage</i>		
Bahan		<i>Stainless steel 304</i>		
Jumlah		1 Unit		
<b>Spesifikasi</b>				
Kapasitas (gpm)		807.979,272	769..504,069	33766,719
Head (m)		117,075	106,655	5,196
Ukuran	ID (in)	47,250	47,250	47,250
	OD (in)	48,0	48,0	48,0
	IPS	48	48	48
	Flow Area	1.753,450	1.753,450	1.753,450
Tenaga Pompa (Hp)		100.318,218	87.038,001	186,060
Tenaga Motor (Hp)		200	150	20
Harga		\$2.336	\$2.336	\$5.840

**Tabel 5.11** Spesifikasi pompa utilitas (lanjutan)

Spesifikasi		Pompa Utilitas		
Kode		PU-07	PU-08	PU-09
Fungsi		Mengalirkan air dari tangki umpan boiler menuju boiler 100 C	Mengalirkan air dari tangki umpan boiler menuju boiler 200 C	Mengalirkan air dari boiler menuju blow down
Jenis		<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>		
Bahan		<i>Stainless steel 304</i>		
Jumlah		1 Unit		
<b>Spesifikasi</b>				
Kapasitas (gpm)		768.421,113	662,872	106,833
Head (m)		170.695,203	5,127	5,067
Ukuran	ID (in)	7,981	7,981	4,026
	OD (in)	8,625	8,625	4,500
	IPS	8	8	4
	Flow Area	50,0	50,0	50,0
Tenaga Pompa (Hp)		139.103.105,221	3,604	0,574
Tenaga Motor (Hp)		200	5	1
Harga		\$5.840	\$5.840	\$3.153

## 2. Bak Penampung

**Tabel 5.12** Spesifikasi bak penampung

Spesifikasi	Bak Utilitas			
Kode	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04
Fungsi	mengendapkan kotoran kasar yang terbawa oleh air sungai	mencampur bahan kimia penggumpal dan pengurang kesadahan	mengendapkan menampung air bersih dari saringan pasir	menampung air untuk kantor pelayanan dan rumah tangga
Jenis	Bak Persegi Panjang			
Bahan	<i>Baja Carbon</i>			
Jumlah	1 Unit			
Spesifikasi				
Panjang (m)	3	3	3	3
Lebar (m)	643,841	16,558	354,020	599,305
Tinggi (m)	4	4	4	4
Volume (m <sup>3</sup> )	4.974.376,72	3.289,932	1.503.963,967	4.309.995,805
Harga	\$371.993	\$22.425	\$43.074	\$727.703

### 3. Tangki Utilitas

**Tabel 5.13** Spesifikasi tangki utilitas

Spesifikasi	Tangki Utilitas			
Kode	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04
Fungsi	menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air	Melarutkan NaCl untuk regenerasi penukar kation	menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air	Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar Anion
Jenis	Tangki silinder tegak			
Bahan	<i>Baja Carbon</i>			
Jumlah	1 Unit			
Spesifikasi				
Volume (m3)	875.079,709	2.793,747	875.079,709	893,999
Diameter (m)	30,223	26,103	20,672	17,854
Tinggi (m)	36,268	26,103	24,807	17,854
Harga	\$33.871	\$9.460	\$17.695	\$5.256

**Tabel 5.13** Spesifikasi tangki utilitas (lanjutan)

Spesifikasi	Tangki Utilitas		
Kode	TU-05	TU-06	TU-07
Fungsi	Menyimpan air umpan boiler selama	Menyimpan air umpan boiler selama	Menyimpan air umpan boiler selama
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder horizontal dilengkapi dengan deaerator	
Bahan	<i>Baja Carbon</i>		
Jumlah	1 Unit		
Spesifikasi			
Volume (m3)	1.233,863	178.791,354	154,232
Diameter (m)	8,060	42,336	4,030
Tinggi (m)	12	12	12
Harga	\$62.135	\$33.964	\$74.165

#### 4. Saringan Pasir

Tabel 5.14 Spesifikasi saringan pasir

Spesifikasi	Saringan Pasir
Kode	SPU-01
Fungsi	Menyaring pasir yang terbawah oleh sungai
Jenis	bak silinder tegak dilengkapi pengaduk
Bahan	<i>Baja Carbon</i>
Jumlah	1 Unit
<b>Spesifikasi</b>	
Panjang (m2)	160,110
Lebar (m)	160,110
Tinggi Tumpukan (m)	1,219
Harga	\$29.114

#### 5. Klarifier

Tabel 5.15 Spesifikasi klarifier

Spesifikasi	Klarifier
Kode	KLU-01
Fungsi	menggumpalkan dan mengendapkan kotoran koloid yang terbawa oleh air
Jenis	Bak silinder tegak dengan bentuk kerucut
Bahan	<i>Baja Carbon</i>
Jumlah	1 Unit
<b>Spesifikasi</b>	
Diameter (m)	10,240
Tinggi (m)	5,120
Volume (m3)	986.979,510
Harga	

## 6. Cooling Tower

**Tabel 5.16** Spesifikasi *cooling tower*

Spesifikasi	<i>Cooling Tower</i>
Kode	CTU-01
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Jenis	Menara pendingi jujut tarik
Bahan	<i>Baja Carbon</i>
Jumlah	1 Unit
<b>Spesifikasi</b>	
Panjang (m)	39,155
Lebar (m)	39,155
Tinggi (ft)	30
Motor Standart (Hp)	20
Harga	\$58.004

## 7. Boiler

**Tabel 5.17** Spesifikasi boiler

Spesifikasi	<b>Boiler</b>	
Kode	<b>B-01</b>	<b>B-02</b>
Fungsi	Mencampur kondensat sirkulasi dan makeup air umpan boiler	Mencampur kondensat sirkulasi dan makeup air umpan boiler
Jenis	Boiler lorong api	
Bahan	<i>Baja Carbon</i>	
Jumlah	1 Unit	
OD (m)	0,073	0,073
ID (m)	0,063	0,063
Panjang (m)	3,658	3,658
Volume (liter/jam)	78.623,285	67.633,431
Harga	\$598.296	\$579.266

## **BAB VI**

### **EVALUASI EKONOMI**

Evaluasi ekonomi dalam perancangan suatu pabrik merupakan salah satu aspek penting dalam mendirikan pabrik tersebut. Dilakukannya evaluasi ekonomi ini berguna untuk memperkirakan modal investasi dan mengetahui apakah pabrik yang sedang dirancang layak atau tidak apabila didirikan. Salah satu bagian penting dari perancangan pabrik adalah estimasi harga dari alat-alat yang akan digunakan dalam kebutuhan pabrik karena harga alat tersebut akan dijadikan sebagai patokan untuk estimasi evaluasi analisa ekonomi tentang kelayakan investasi penanaman modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan melihat kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang akan diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas atau kembalinya modal. Perhitungan evaluasi ekonomi meliputi:

1. Modal (*Capital Investment*)
  - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
  - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
  - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
  - b. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
  - c. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran Umum (*General Cost*)
4. Analisa Kelayakan Ekonomi
  - a. *Percent return on investment (ROI)*
  - b. *Pay out time (POT)*
  - c. *Break even point (BEP)*
  - d. *Shut down point (SDP)*
  - e. *Discounted cash flow (DCF)*

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak sehingga dapat diketahui apakah pabrik dirancang berpotensi untuk didirikan atau tidak maka dilakukan Analisa kelayakan. Beberapa analisis untuk menyatakan kelayakan sebagai berikut.

a. *Percent return on investment (ROI)*

*Percent return on investment* merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang telah diinvestasikan.

b. *Pay out time (POT)*

*Pay out time* merupakan jumlah tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk mengembalikan modal awal dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

c. *Break even point (BEP)*

*Break even point* merupakan terjadinya titik impas dimana pendapatan yang dihasilkan sama dengan modal yang digunakan dalam posisi yang sama.

d. *Shut down point (SDP)*

*Shut down point* merupakan suatu titik dimana aktivitas produksi pabrik harus dihentikan karena *Variable cost* yang terlalu tinggi atau karena keputusan manajemen akibat tidak menghasilkan keuntungan.

e. *Discounted cash flow (DCF)*

*Discounted cash flow* merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun berdasarkan jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi. *Rated of return based on discounted cash flow* adalah laju bunga maksimal dimana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

## 6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga peralatan yang ada sekarang, dapat ditaksir dari harga tahun sebelumnya berdasarkan indeks

harga. Berikut adalah indeks harga yang di dalam teknik kimia disebut CEP indeks atau *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI). Indeks harga alat pada tahun 2007-2023 dapat dilihat pada Tabel 6.1.

**Tabel 6.1** Indeks harga alat pada tahun 2007-2023

No.	Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
1.	2007	525,400
2.	2008	575,400
3.	2009	521,900
4.	2010	550,800
5.	2011	585,700
6.	2012	584,600
7.	2013	567,300
8.	2014	576,100
9.	2015	589,689
10.	2016	596,087
11.	2017	602,485
12.	2018	608,882
13.	2019	615,280
14.	2020	621,677
15.	2021	628,075
16.	2022	634,473
17.	2023	640,870

(Majalah *chemical engineering*, 2015)

Untuk memperkirakan harga alat, ada dua persamaan pendekatan yang dapat digunakan. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga (Aries-Newton, 1955).

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny}$$

Dimana:

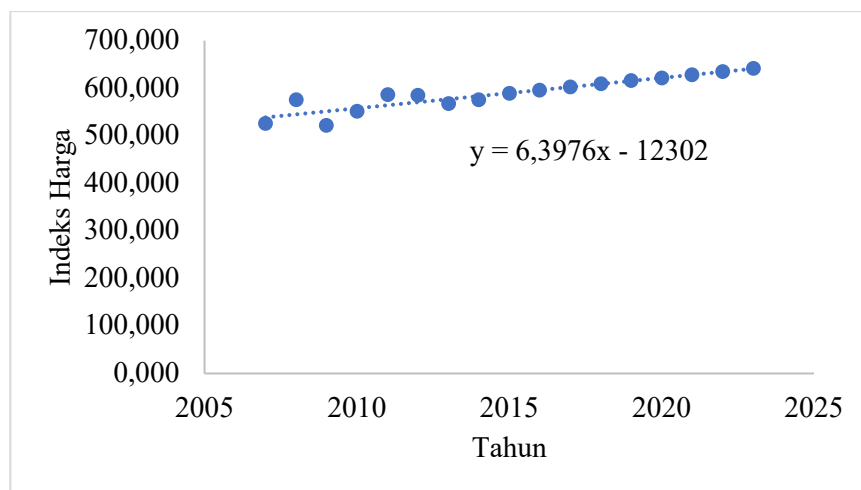
Ex : Harga pembelian pada tahun 2027

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi

Nx : *Index* harga pada tahun 2027

Ny : *Index* harga pada tahun referensi

Untuk menentukan nilai indeks CEP berdasarkan dari harga yang sudah ada seperti yang dikemukakan oleh Aries dan Newton tahun 1955 serta data yang diperoleh dari [www.chemengonline.com](http://www.chemengonline.com). Berdasarkan data nilai CEP indeks yang ada kemudian dilakukan perhitungan menggunakan metode regresi linear untuk mengetahui nilai CEP indeks pada tahun referensi dan tahun pembelian. Grafik Indeks harga alat dapat dilihat pada Gambar 6.1.



**Gambar 6.1** Grafik Indeks Harga Alat

Berdasarkan tabel 6.1, nilai CEP indeks pada tahun referensi 2013 adalah 567,300. Sementara itu, berdasarkan metode regresi linear (gambar 6.1) dengan persamaan yang didapatkan, nilai CEP indeks pada tahun pembelian yaitu pada tahun 2028 adalah 672,333. Berdasarkan nilai CEP indeks yang telah ditentukan, dapat diperkirakan harga alat proses dan alat utilitas dapat dilihat pada Tabel 6.2.

**Tabel 6.2** Harga alat proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	CY (\$)	CX (\$)
				2014	2028	2014	2028
1	Tangki Bahan Baku Minyak	T-01	1	576.10	672.33	\$21.100,00	\$24.624,58
2	Tangki H2SO4	T-02	1			\$6.600,00	\$7.702,48
3	Tangki Gliserol	T-03	1			\$73.260,00	\$85.497,48
4	Silo Karbon Aktif	SL-01	1			\$1.019,50	\$1.189,79
5	Silo NaOH	SL-02	1			\$5.300,00	\$6.185,32
6	Tangki <i>Bleaching</i>	TB-01	1			\$13.000,00	\$15.171,54
7	Reaktor	R-01,R-02	2			\$100.100,00	\$233.641,77
8	Filter press	F-01	1			\$18.200,00	\$21.240,16
9	Neutralizer	N-1	1			\$60.860,00	\$71.026,17
10	<i>Decanter</i>	D-01	1			\$33.000,00	\$38.512,38
11		D-02	1			\$46.300,00	\$54.034,04
12		D-03	1			\$36.300,00	\$42.363,62
13		D-04	1			\$48.300,00	\$56.368,12
14		M-01	1			\$54.760,00	\$63.907,21
15	Menara Distilasi	MD-01	1			\$36.400,00	\$42.480,32
16	<i>Heat exchanger</i>	HE-01	1			\$22.800,00	\$26.608,55
17		HE-02	1			\$33.400,00	\$38.979,20
18		HE-03	1			\$28.600,00	\$33.377,40
19	<i>Cooler</i>	CL-01	1			\$14.300,00	\$16.688,70

**Tabel 6.2** Harga alat proses (lanjutan)

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	CY (\$)	CX (\$)
				2014	2028	2014	2028
20	Cooler	CL-02	1	576.10	672.33	\$13.300,00	\$15.521,66
21	Screw	SC-01	1			\$4.200,00	\$4.901,58
22	Conveyor	SC-02	1			\$6.500,00	\$7.585,77
23	Bucket Elevator	BE-01, BE-02	1			\$14.400,00	\$16.805,40
24	Pompa	P-01	1			\$4.400,00	\$5.134,98
25		P-02	1			\$1.140,00	\$1.330,43
26		P-03	1			\$3.140,00	\$3.664,51
27		P-04	1			\$3.140,00	\$3.664,51
28		P-05	1			\$3.900,00	\$4.551,46
29		P-06	1			\$3.140,00	\$3.664,51
30		P-07	1			\$5.400,00	\$6.302,03
31		P-08	1			\$5.400,00	\$6.302,03
32		P-09	1			\$5.400,00	\$6.302,03
33		P-10	1			\$4.400,00	\$5.134,98
34		P-11	1			\$5.800,00	\$6.768,84
35		P-12	1			\$4.400,00	\$5.134,98
36		P-13	1			\$4.400,00	\$5.134,98
37		P-14	1			\$5.800,00	\$6.768,84
38		P-15	1			\$4.400,00	\$5.134,98
39		P-16	1			\$4.400,00	\$5.134,98
40		P-17	1			\$3.900,00	\$4.551,46
41		P-18	1			\$1.140,00	\$1.330,43
42		P-19	1			\$3.140,00	\$3.664,51
43		P-20	1			\$3.900,00	\$4.551,46
44		P-21	1			\$1.140,00	\$1.330,43
45		P-22	1	\$4.400,00	\$5.134,98		
<b>Total</b>						\$1.025.105,61	

**Tabel 6.3** Harga alat utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	CY (\$)	CX (\$)
				2014	2028	2014	2028
1	Bak pengendap Awal	BP-01	1	576.10	672.33	\$318.500	\$371.703
2	Bak Pencampur Cepat	RMT-01	1			\$19.200	\$22.407
3	Klafier	CL-01	1			\$75.000	\$87.528
4	Saringan Pasir	SF-01	1			\$24.928	\$29.092
5	Bak Air Bersih	BAB-01	1			\$36.880	\$43.041
6	Bak Air Minum	BAM-01	1			\$623.058	\$727.135
7	Menara Pendingin	CT-01	1			\$49.663	\$57.959
8	Tangki Penukar Kation	TK-01	1			\$29.000	\$33.844
9	Tangki NaCL	TN-01	1			\$8.100	\$9.453
10	Tangki Penukar Anion	TA-01	1			\$15.150	\$17.681
11	Tangki NaOH	TN-01	1			\$4.500	\$5.252

**Tabel 6.3** Harga alat utilitas (lanjutan)

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	CY (\$)	CX (\$)		
				2014	2028	2014	2028		
12	Tangki Umpan Boiler	BFW-01	1	576.10	672.33	\$53.200	\$62.087		
13	Tangki Kondensat	TCOND-01	1			\$29.080	\$33.938		
14		TCOND-02	1			\$63.500	\$74.107		
15	Boiler	BL-01	1			\$512.260	\$597.829		
16		BL-02	1			\$495.967	\$578.814		
17	Listrik	TU-10	1			\$3.300	\$3.851		
18	Kompresor Udara	KU-01	1			\$12.100	\$14.121		
19	BBM	TU-01	1			\$88.700	\$103.517		
20	Pompa	PU-01	1			\$2.000	\$2.334		
21		PU-02	1			\$2.000	\$2.334		
22		PU-03	1			\$2.000	\$2.334		
23		PU-04	1			\$2.000	\$2.334		
24		PU-05	1			\$2.000	\$2.334		
25		PU-06	1			\$5.000	\$5.835		
26		PU-07	1			\$5.000	\$5.835		
27		PU-08	1			\$5.000	\$5,835		
28		PU-09	1			\$2.700	\$3.151		
<b>Total</b>						<b>\$2.944.813</b>			

## 6.2 Dasar Perhitungan

- a. Kapasitas produksi : 28.000 ton/tahun
- b. Pabrik beroperasi : 330 hari kerja
- c. Umur Alat : 10 Tahun

- d. Kurs mata uang : 1 \$ = Rp 15.232,00 (Per Mei 2024) Tahun pabrik
- e. Tahun pabrik didirikan : 2028
- f. UMR Kota Jombang : Rp 2.945.544,00 (tahun 2028)

### 6.3 Komponen Biaya

#### 1. Modal (*Capital Investment*)

*Capital investment* adalah biaya untuk pengadaan fasilitas-fasilitas pabrik beserta kelengkapannya dan biaya untuk mengoperasikan pabrik.

*Capital investment* terdiri dari:

##### a. Fixed Capital Investment

*Fixed capital investment* adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

**Tabel 6.4** *Physical plant cost (PPC)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	3.969.919,92	60.469.804.926
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	992.479,73	15.117.451.231
3	Instalasi cost	579.441,36	8.826.050.771
4	Pemipaan	2.110.315,28	32.144.322.304
5	Instrumentasi	979.546,22	14.920.447.975
6	Insulasi	141.402,30	2.153.839.809
7	Listrik	396.991,89	6.046.980.493
8	Bangunan	1.858.061,97	48.302.000.000
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	6.563.813,03	99.980.000.000
Total			288.135.897.508

**Tabel 6.5** *Direct plant cost (DPC)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	18.9116.485	288.135.897.508
2	<i>Engineering and Construction</i>	3.783.297	57.627.179.502
Total			345.763.077.010

**Tabel 6.6** *Fixed capital investment (FCI)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	22.699.782	345.763.077.010
2	<i>Contractor's fee</i>	1.815.983	27.661.046.161
3	<i>Contingency</i>	2.269.978	34.576.307.701
Total			408.000.430.872

b. Working Capital Investment

*Working capital investment* adalah modal biaya yang diperlukan dalam mendirikan pabrik atau usaha untuk mengoperasikan suatu pabrik dalam kurun waktu tertentu. Terdapat beberapa sumber modal yang bisa didapatkan dalam pendirian suatu pabrik yaitu uang pribadi, pinjaman dari bank, atau dari pihak investor. Rasio perbandingan antara uang pribadi dengan pinjaman dari bank tergantung dari jumlah uang sendiri dan uang pinjaman bisa menggunakan *sharing profit* atau sebesar 40:60 atau 30:70 atau dapat menyesuaikan dari uang yang ditanamkan. Tujuan akhir dari penanaman modal adalah mendapatkan keuntungan dari modal yang sudah ditanamkan. Ciri-ciri investasi yang baik adalah dapat menghasilkan laba maksimum, pengembalian investasi yang cepat, dan menganut hukum yang baik, teknologi yang memadai serta aman, dan lain-lain.

**Tabel 6.7** Working capital investment (WCI)

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	16.048.949	244.457.590.716
2	<i>Inproses Inventory</i>	99.574.361	1.516.716.673.519
3	<i>Product Inventory</i>	72.417.717	1.103.066.671.650
4	<i>Extended Credit</i>	87.159.113	1.327.607.616.012
5	<i>Available Cash</i>	72.417.717	1.103.066.671.650
Total			5.294.915.223.547

2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Biaya produksi (*Manufacturing cost*) adalah biaya yang harus disediakan atau dikeluarkan untuk melakukan produksi dalam pabrik, meliputi *Direct cost*, *Indirect cost*, dan *Fixed cost*.

a. *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

*Direct manufacturing cost* atau biaya langsung merupakan biaya yang dikeluarkan berkaitan langsung dengan pembuatan produk yang berhubungan dengan memproduksi suatu produk dalam pabrik.

**Tabel 6.8** *Direct manufacturing cost* (DMC)

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Raw Material</i>	176.538.439	2.689.033.497.876
2	<i>Labor</i>	1.021.402	15.558.000.000
3	<i>Supervision</i>	102.140	1.555.800.000
4	<i>Maintenance</i>	1.875.002	28.560.030.161
5	<i>Plant Supplies</i>	281.250	4.284.004.524
6	<i>Royalty and Patents</i>	19.175.005	292.073.675.523
7	<i>Utilities</i>	545.415.942	8.307.775.635.250
Total			11.338.840.643.333

b. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

*Indirect manufacturing cost* atau biaya tak langsung merupakan biaya yang dikeluarkan tidak berkaitan langsung oleh unit produksi dalam pabrik.

**Tabel 6.9** *Indirect manufacturing cost (IMC)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Payroll Overhead</i>	153.210	2.333.700.000
2	<i>Laboratory</i>	102.140	1.555.800.000
3	<i>Plant Overhead</i>	510.701	7.779.000.000
4	<i>Packaging and Shipping</i>	47.937.512	730.184.188.806
Total			741.852.688.806

c. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

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

**Tabel 6.10** *Fixed manufacturing cost (FMC)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Depreciation</i>	2.678.574	40.800.043.087
2	<i>Property taxes</i>	535.715	8.160.008.617
3	<i>Insurance</i>	267.857	4.080.004.309
Total			53.040.056.013

**Tabel 6.11** Total *manufacturing cost* (MC)

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	744.409.181	11.338.840.643.333
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	48.703.564	741.852.688.806
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	3.482.147	53.040.056.013
Total			12.133.733.388.153

### 3. Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

*General expenses* atau pengeluaran umum adalah pengeluaran yang berhubungan dengan fungsi dari perusahaan yang tidak termasuk oleh biaya produksi. Biaya yang dikeluarkan berguna untuk kepentingan perusahaan agar berjalan dengan lancar secara keseluruhan.

**Tabel 6.12** *General expenses*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Administration</i>	19.175.005	292.073.675.523
2	<i>Sales Expense</i>	47.937.512	730.184.188.806
3	<i>Research</i>	38.350.010	584.147.351.045
4	<i>Finance</i>	7.488.072	114.058.313.088
Total			1.720.463.528.463

**Tabel 6.13** Total *production cost*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	796.594.892	12.133.733.388.153
2	<i>General Expenses (GE)</i>	112.950.599	1.720.463.528.463
Total			13.854.196.916.616

#### 6.4 Analisa Keuntungan

##### 1. Keuntungan sebelum pajak

Total Penjualan : Rp. 14.603.683.776.129

Total Biaya Produksi : Rp. 13.854.196.916.616

Keuntungan : Total penjualan – Total biaya produksi  
: Rp. 749.486.859.513

##### 2. Keuntungan sesudah pajak

Pajak : 20% x Rp. 749.486.859.513

: Rp. 149.897.371.903

Keuntungan : Keuntungan sebelum pajak - Pajak

: Rp. 599.589.487.610

#### 6.5 Analisa Risiko Pabrik

Suatu pabrik memiliki risiko yang tinggi ataupun rendah dengan meninjau beberapa aspek. Dalam prarancangan pabrik ini terdapat 2 aspek yang dapat ditinjau yaitu aspek dari sifat bahan-bahan yang terlibat dalam proses produksi dan aspek kondisi operasi alat yang digunakan pada saat proses produksi.

**Tabel 6.14** Kategori risiko

No.	Parameter	Deskripsi	Risk	
			High	Low
1.	Kondisi operasi	Suhu maksimal yang digunakan 200 °C	✓	
		Tekanan maksimal yang digunakan 14,8 atm		✓
2.	Karakteristik bahan baku yang digunakan	Minyak jelantah		✓
		NaOH	✓	
		Katalis (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	✓	

**Tabel 6.14** Kategori risiko (lanjutan)

3.	Karakteristik produk yang dihasilkan	Gliserol		✓
4.	Regulasi pemerintah	Limbah yang dihasilkan		✓
5.	Lokasi pabrik	Kabupaten Jombang, Provinsi Jawa Timur		✓

Berdasarkan tabel 6.14 dapat disimpulkan bahwa perancangan pabrik gliserol ini memiliki risiko yang rendah (*low risk*).

## 6.6 Analisa Kelayakan

Analisa ini berfungsi untuk mengetahui laba yang didapatkan agar mendapatkan keuntungan maksimum dan bisa melihat hasil keuntungan kecil atau besar sehingga dapat dikategorikan pabrik yang potensial atau tidak berdasarkan sisi ekonomi. Terdapat beberapa cara yang dilakukan untuk melihat suatu kelayakan pabrik, antara lain:

### 1. *Return on Investment* (ROI)

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

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah adalah minimum 11% (Aries-Newton, 1955).

$$\text{ROI b} = 18,37\%$$

#### b. ROI setelah pajak (ROI a)

$$\text{ROI a} = 14,70\%$$

### 2. *Pay Out Time* (POT)

POT adalah lama waktu pengembalian modal berdasarkan keuntungan yang dicapai.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}}$$

a. POT sebelum pajak (POT b)

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah adalah maksimum 5 tahun (Aries-Newton, 1955).

POT b = 2,0 tahun

b. POT setelah pajak (POT a)

POT a = 2,4 tahun

### 3. Break Even Point (BEP)

BEP merupakan titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya yang dikeluarkan sama dengan penghasilan yang didapatkan. BEP ini dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga per-unit yang dijual agar mendapatkan keuntungan. Nilai BEP pabrik kimia pada umumnya berada pada range 40-60%.

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

Dimana:

Fa = *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va = *Annual Valuable Value* pada produksi maksimum

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

**Tabel 6.15** *Annual fixed manufacturing cost (Fa)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Depreciation</i>	2.678.574	40.800.043.087
2	<i>Property Taxes</i>	535.715	8.160.008.617
3	<i>Insurance</i>	267.857	4.080.004.309
Total			53.040.056.013

**Tabel 6.16** *Annual regulated expenses (Ra)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	Gaji Karyawan	3.482.147	53.040.056.013
2	<i>Payroll Overhead</i>	153.210	2.333.700.000
3	<i>Supervision</i>	102.140	1.555.800.000
4	<i>Plant Overhead</i>	510.701	7.779.000.000
5	<i>Laboratorium</i>	102.140	1.555.800.000
6	<i>General Expense</i>	112.950.599	1.720.463.528.463
7	<i>Maintenance</i>	1.875.002	28.560.030.161
8	<i>Plant Supplies</i>	281.250	4.284.004.524
Total			1.819.571.919.161

**Tabel 6.17** *Annual valuable value (Va)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Raw Material</i>	176.538.439	2.689.033.497.876
2	<i>Packaging &amp; Shipping</i>	47.937.512	730.184.188.806
3	<i>Utilities</i>	545.415.942	8.307.775.635.250
4	<i>Royalty &amp; Patent</i>	19.175.005	292.073.675.523
Total			12.019.066.997.455

**Tabel 6.18** *Annual sales value (Sa)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Annual Sales Value</i>	958.750.248	14.603.683.776.129
Total			14.603.683.776.129

Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan pada tabel di atas, maka didapatkan nilai BEP sebesar 45.69%.

#### 4. Shut Down Point (SDP)

SDP merupakan titik atau kondisi dimana penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan karena biaya untuk melanjutkan produksi lebih besar daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar biaya tetap. Umumnya nilai SDP di atas 20%.

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

Berdasarkan persamaan di atas, didapatkan nilai SDP sebesar 41,64%.

#### 5. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

DCFR merupakan bunga maksimum dimana pabrik dapat membayar pinjaman dan bunganya kepada bank selama umur pabrik.

$$\frac{(WC + FCI)x(1 + i)^{10}}{CF}$$
$$= ((1 + i)^9 + (1 + i)^8 + \dots + (1 + i) + 1) \frac{WC + SV}{CV}$$

Dimana:

FCI = *Fixed Capital Investment*

WC = *Working Capital Investment*

CV = *Cash Flow* = Keuntungan setelah pajak + *Depreciation* + *Finance*

SV = *Salvage value* = Depresiasi

N = Umur pabrik = 10 tahun

I = Nilai DCFR

Sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut.

FCI = Rp. 408.000.430.872

WC = Rp. 5.294.915.223.547

CV = Rp. 754.447.843.786

SV = Rp. 40.800.043.087

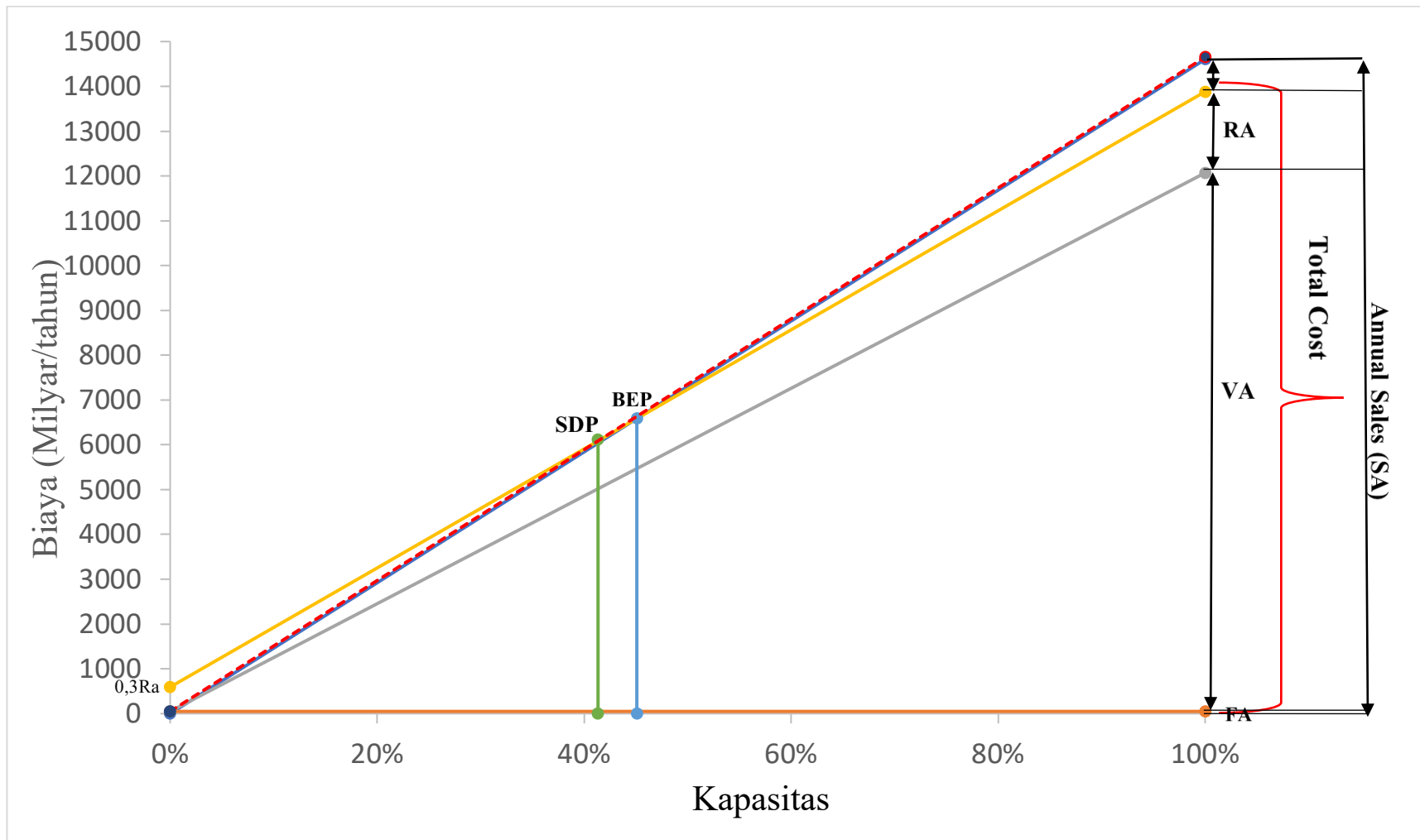
n = 10 tahun

Syarat minimum DCFR = 1,5 x suku bunga pinjaman bank

= 1,5 x 4,25% = 6,38%

Dilakukan metode *trial & error* untuk memperoleh nilai DCFR. Nilai DCFR yang diperoleh sebesar 14,34%.

Dengan beberapa analisa ekonomi didapatkan grafik evaluasi ekonomi pada Gambar 6.2.



Gambar 6.2. Grafik evaluasi ekonomi

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil laporan perancangan pabrik kimia ini antara lain :

1. Pabrik gliserol dari minyak goreng bekas kapasitas 28.000 ton/tahun didasarkan atas keinginan mengurangi impor dari luar negeri, memberikan lapangan kerja dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi
2. Pabrik gliserol kapasitas 28.000 ton/tahun membutuhkan utilitas berupa:
  - a. Air pendingin = 7840912,794 kg/jam
  - b. Air steam = 162212519,431 kg/jam
  - c. Air domestic = 3300,0 kg/jam
  - d. Air proses = 128938,583 kg/jam
3. Luas tanah yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik gliserol sebesar 24.000 m<sup>2</sup>.
4. Perancangan pabrik gliserol bila ditinjau kondisi operasi, pemilihan bahan baku dan produk, Analisa kelayakan ekonomi, kemudahan mendapatkan bahan baku, pabrik komersial yang sudah berdiri, kemudahan dalam penjualan dan limbah pabrik, maka pabrik gliserol dari minyak goreng bekas menggunakan proses saponifikasi kapasitas 28.000 ton/tahun tergolong pabrik beresiko rendah (*low risk*).
5. Pabrik membutuhkan tenaga kerja sebanyak 201 pekerja.
6. Total Capital Investment yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik ini terdiri dari *fixed capital investment* sebesar Rp 408.000.430.872 dan *working capital* sebesar Rp 5.294.915.223.547
7. *Total Production Cost* yang terdiri dari manufacturing cost sebesar Rp 12.133.733.388.153 dan *general expense* sebesar Rp 1.720.463.528.463. Nilai ROI pabrik gliserol ini adalah :  
ROI sebelum pajak = 18,37%

- |  |             |
|--|-------------|
| ROI setelah pajak                                | = 14,70%    |
| 8. Nilai POT pabrik gliserol :                   |             |
| POT sebelum pajak                                | = 2,0 Tahun |
| POT setelah pajak                                | = 2,4 Tahun |
| 9. Nilai BEP,SDP dan DCFR pabrik gliserol adalah |             |
| Nilai BEP  | = 45,69%    |
| Nilai SDP  | = 41,64%    |
| Nilai DCFR                                       | = 14,34%    |

Dengan mempertimbangkan hasil evaluasi diatas maka pabrik gliserol dari minyak goreng bekas menggunakan proses saponifikasi kapasitas 28.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dengan memenuhi syarat untuk didirikan.

## 7.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar yang meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia yang diantaranya sebagai berikut :

1. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
2. Pendirian pabrik gliserol dapat menjadi solusi pemerintah untuk mendorongnya tumbuhnya industry kimia didalam negeri, agar menjadi sector penggerak perekonomian nasional.
3. Optimasi saat pemilihan alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan dan diperoleh.
4. Pendirian pabrik kimia dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan gliserol di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brown, G.G. 1950. "Unit Operation", John Wiley and Sons Inc, New York.
- Brownell, L.E and Young, E.H. 1959. "Equipment Design", John Willey &
- Coulson, J.M. 1983. "Chemical Engineering", Aucklond, Mc. Graw Hill,  
International Student Edition, Singapore
- Djarmiko B dan A.P Widjaja. Teknologi Lemak dan Minyak I . Agro Industri Press.Fateta IPB . 1985.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- Ketaren ,S.Minyak dan Lemak Pangan Edisi pertama . UI Press . Jakarta .2005 .
- Ketaren, S., 1986, "*Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*", Cetakan I, UI Press, Jakarta.
- Kirk, R. E., dan V. R. Othmer. 1978. *Encyclopedia of Chemical Technology*.
- McCabe, W. L. 1976. Unit Operation of Chemical Engineering, (3rd ed) . Singapore: Mc Graw Hill, Kogakusha , Ltd.
- Mulyono, P. 2021. Ekonomi TEKNIK: Lengkap dengan Evaluasi Ekonomi Pabrik Kimia Dan Soal - Penyelesaian. UGM PRESS.
- Perry, R. H. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook, 7th Edition*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. 1991. Plant design and economics for chemical engineers (4th ed.). McGraw Hill Book Co., Inc., New York.

Peters, M. S., Klaus D. Timmerhaus and Ronald E. West. 2004. Plant design and economics for chemical engineers (5th ed.). McGraw Hill Book Co., Inc., New York.

Saul Berman, A. A. Melynchuck, and D.F. Othmer. 1948. *Dibutyl Phthalate Reaction Rate of Catalytic Esterification*. Industrial & Engineering Chemistry. Doi: 10.1021/ie504631030.

Seader, J.D., and Henley, E.J. 2006, Separation Process Principles, Second Edition, New York : John Wiley & Sons, Inc.

Smith, J. M. dan H. C. Van Ness. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, Sixth Edition*. Mc Graw-Hill Book Co: New York.

Treyball, R. E. 1980. *Mass Transfer Operation*. McGraw-Hill Book Co: New York. Wallas. S.M. 1988. Chemical Process Equipment. Butterworth Publishers,

Stoneham USA.

Yaws, C. L. 1999. *Livro - [Handbook] - Chemical Properties Handbook - C.L.*

Tambun, R., (2006), Buku Ajar Teknologi Oleokimia, Departemen Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara, Medan.

Thamrin . Gasifikasi minyak jelantah pada kompor bertekanan . Jurnal Teknik Pertanian Lampung . 2(2) : 115 – 22. 2013.

Yaws, C. L. 1999. *Livro - [Handbook] - Chemical Properties Handbook - C.L.*

*Yaws, 1996 .pdf (pp. 1–772).*

## LAMPIRAN A

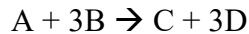
### LAMPIRAN A-1. Perancangan Reaktor

#### Kondisi Reaktor

Fungsi	: Mereaksikan trigliserida dengan NaOH menjadi Sabun dan Gliserol
Jenis reaktor	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Sifat reaksi	: Endotermis
Kondisi Operasi	: Suhu = 100 °C dan Tekanan = 1 atm
Waktu Tinggal	: 27,44 jam
Konversi	: 90% ( <i>Chemical Process Equipment Design, 2012</i> )

#### A. Kecepatan Reaksi

Reaksi dapat dituliskan sebagai berikut :



Reaksi dianggap orde 2 (*Journal of Earth Energy Science, Engineering, and Technology, Vol. 5, No. 2, 2022*)

Maka persamaannya adalah :

$$K = A e^{-E_a/RT}$$

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT}$$

$$\ln k = \ln A - \left(\frac{E_a}{R}\right) \left(\frac{1}{T}\right) \gg y = a + bx$$

A = Faktor Arrhenius

E<sub>a</sub> = Energi Aktivasi

T = Temperature (K)

$$\begin{aligned} k &= A e^{-E_a/RT} \\ &= 9,83 \times 10^5 \times \left(\frac{-20,4}{8,314 \times 373,15}\right) \\ &= 3,275 \text{ L/mol.jam} \end{aligned}$$

#### B. Menentukan Optimasi Jumlah Reaktor

1. Jumlah Reaktor 1

$$k = 3,375 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

$$F_v = 12,023 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$C_{AO} = 2,98 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_{BO} = 8,94 \text{ kmol/m}^3$$

$$M = 3$$

Persamaan umum :

$$X_{n-1} = \frac{V \cdot K \cdot C_{AO} (1 - X_{An})(M - X_{An})}{F_v}$$

$$V = 58,90$$

$$X_0 = 0$$

$$X_1 = 0,99$$

## 2. Jumlah Reaktor 2

$$V_{\text{coba-coba}} = 5,50$$

$$V_1 = 5,50$$

$$X_0 = 0$$

$$X_1 = 0,90$$

$$X_2 = 0,99$$

## 3. Jumlah Reaktor 2

$$V_{\text{coba-coba}} = 10,92$$

$$V_2 = 10,92$$

$$V_1 = 10,92$$

$$X_0 = 0$$

$$X_1 = 0,67$$

$$X_2 = 0,81$$

$$X_3 = 0,99$$

## Menghitung Jumlah Reaktor Optimum

Menurut Aries dan Newton, 1995 perhitungan harga total reaktor menyatakan bahwa

$$Eb = \left(\frac{Cb}{Ca}\right)^{0,6}$$

Dengan :  $C_a$  = Kapasitas alat a

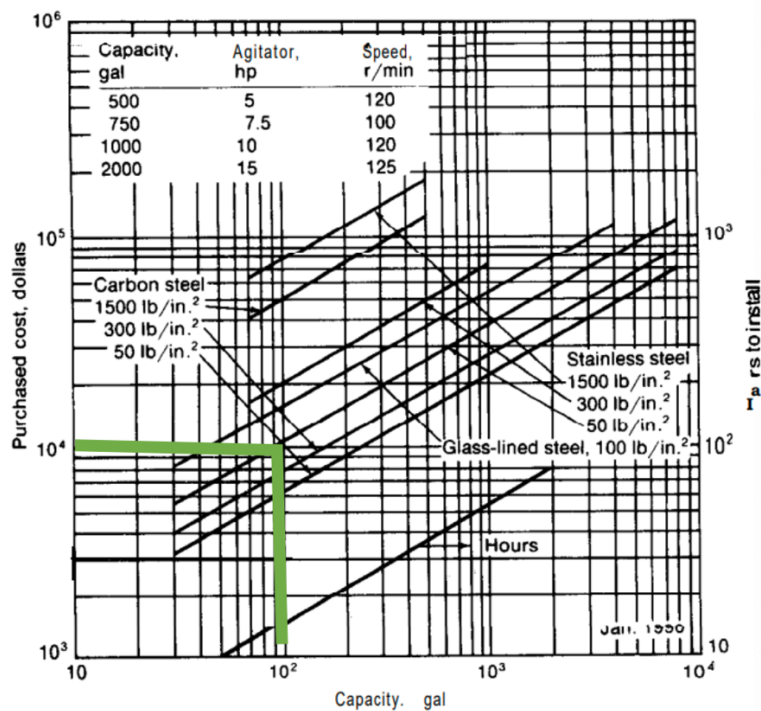
- $C_b$  = kapasitas alat b
- $E_a$  = Harga pembelian alat a
- $E_b$  = Harga pembelian alat b

Kondisi operasi = 1 atm = 14,7 lb/in<sup>2</sup>

Bahan = *Stainless steel*

Basis = Volume 100 gallons = \$10.000,0

(Peter dan Timmerhaus 1991)



**FIGURE 16-35**  
Cost and installation time of jacketed and stirred reactors.

Gambar 1 Grafik Penentuan Penggunaan Bahan

### Perhitungan Harga Reaktor

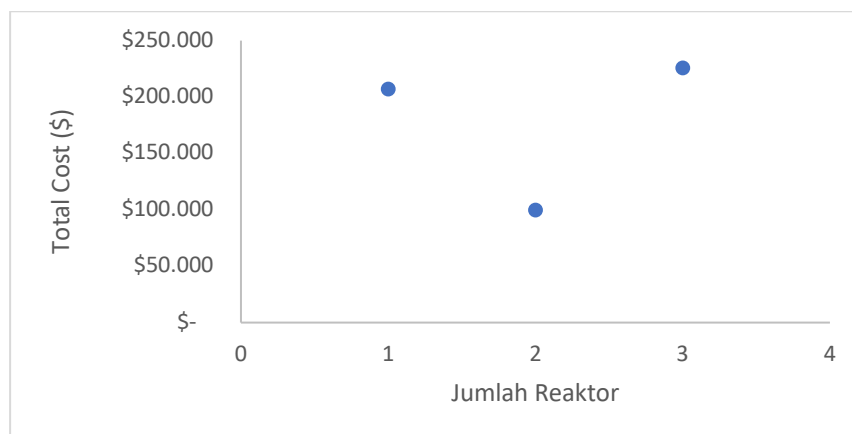
$$E_b = \left(\frac{C_b}{C_a}\right)^{0,6}$$

Dimana :  $E_a = \$10.000,0$

$C_a = 100$  gallons

Tabel 1 Harga Reaktor

n-	Volume Reaktor (Gall)	Volume Reaktor Total (Gall)	Cost/unit (\$)	Total Cost (\$)
1	15.559,534	15.559,534	206.632	206.632
2	1.452,672	2905,344	49.808	99.616
3	2.884,086	8.652,258	75.165	225.489



Berdasarkan hasil optimasi yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan menggunakan 2 reaktor akan lebih ekonomis apabila dibandingkan dengan menggunakan 1 reaktor dan 3 reaktor.

### C. Neraca Massa Reaktor

Komponen	BM (kmol/kg)	Input		Output
		Arus 6 (kg/jam)	Arus 10 (kg/jam)	Arus 11 (kg/jam)
C <sub>57</sub> H <sub>110</sub> O <sub>6</sub>	890	31876,483		3187,648
NaOH	40		4297,95	429,795
C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COONa	306			29591,405
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	92			2965,587
H <sub>2</sub> O	18	0,032	6446,929	6446,961
FFA	294	0,096		0,096
Subtotal		31876,610	10744,882	42621,492
<b>Total</b>		<b>42621,492</b>		<b>42621,492</b>

## D. PERANCANGAN REAKTOR

### 1. Menentukan Jenis Reaktor

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Fungsi : Mereaksikan Minyak Jelantah (Trigliserida) dengan NaOH

Bahan : *Stainless Steel Type 304*

Dipilih reaktor jenis ini dengan mempertimbang beberapa hal sebagai berikut:

- a. Zat pereaksi berupa fasa cair – cair.
- b. Hasil konversi maksimal karena dapat digunakan reaktor dalam jumlah lebih dari satu.

### 2. *Head*

Bahan konstruksi = *Stainless Steel SA Type 304*

Jenis Head = *Flanged & Standar Dished Head*

Pertimbangan yang dilakukan dalam pemilihan jenis head meliputi :

- *Flanged & Standart Dished Head*  
Pada umumnya digunakan untuk tekanan operasi rendah , harganya murah dan digunakan untuk tangki dengan diameter kecil.
- *Torispherical Flanged & Dished Head*  
Digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar ataupun dapat digunakan untuk P op atmosferic dan harganya cukup ekonomis.
- *Eliptical Dished Head*  
Digunakan untuk tekanan operasi tinggi dan harganya cukup mahal.
- *Hemispherical Head*  
Digunakan untuk tekanan operasi yang sangat tinggi dan kuat dan ukuran yang tersedia sangat terbatas.

### A. Menentukan Tebal *Head* (th) dan Tebal *Bottom*

$$th = \frac{0,886 \pi r}{2 (f E - 0,1 \pi)} + C$$

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

$$w = 1,733 \text{ in}$$

$$th = 0,629 \text{ in}$$

Berdasarkan tabel 5.6 Brownell & young (hal 88), th standar yaitu :

$$th = 3 \text{ in digunakan tebal standar } 3 \text{ in}$$

### B. Menghitung Tinggi Head

Berdasarkan tabel 5.8 (Brownell & Young,1959), maka diperoleh sf standar:

$$sf = 1,5 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$= 39,916 \text{ in}$$

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

$$\text{Tinggi head total (OA)} = sf + b + th$$

$$= 41,413 \text{ in}$$

$$= 1.051 \text{ m}$$

## 3. Shell

### A. Menghitung tebal shell (ts)

$$ts = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 P)} + C$$

(Brownell & Young, 1959,p.254)

Dimana :

$$r = 0,5 \times \text{Diameter tangki} = 88,229 \text{ in}$$

$$E = \text{efisiensi pengelasan} = 95\%$$

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

$$F = \text{Tegangan yang diijinkan} = 18750 \text{ psia}$$

Sehingga, didapatkan nilai ts :

$$ts = 0,488 \text{ in, digunakan tebal standar } \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$ts = \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$\text{ID Shell} = 176,458 \text{ in}$$

$$\text{OD Shell} = 177,458 \text{ in}$$

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

$$icr = 11 \text{ in}$$

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

$$E = 95\%$$

$$C = 0,125$$

$$f = 18750 \text{ psia}$$

#### B. Menghitung Volume dan Tinggi cairan dalam Shell

$$\text{Volume cairan dalam shell} = \text{Volume shell} - \text{Volume bottom}$$

$$= 70,52 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi cairan dalam shell} = \frac{4V}{\pi D^2}$$

$$= 4,479 \text{ m}$$

#### 4. Menentukan Dimensi Reaktor

Komponen masuk reaktor :

Komponen	BM (kmol/kg)	Fm (kmol/jam)	Fw (kg/jam)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Fv (m <sup>3</sup> /jam)	Fv (L/jam)
C <sub>57</sub> H <sub>110</sub> O <sub>6</sub>	890	35,816	31876,48	8559,900	3,72	3723,93
NaOH	40	107,449	4297,95	2541,637	1,69	1691,02
C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COONa	306			651,830		
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	92			1223,127		
H <sub>2</sub> O	18	358,165	6446,96	975,641	6,6079	6607,93
FFA	294		0,096	842,181	0,0001	0,11
<b>Total</b>		<b>501,43</b>	<b>42621,49</b>	<b>14794,316</b>	<b>12,023</b>	<b>12022,99</b>

Berdasarkan hasil optimasi, Adapun rasio D/H yang digunakan adalah 1:1,5.

Dengan diketahuinya besar volume masing-masing reaktor maka dapat dihitung pula besarnya nilai D dan H dengan menggunakan persamaan :

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V_{shell}}{\pi}}$$

$$V = \frac{4}{\pi} D^2 H$$

Dengan rancangan, D = H

$$D = 4,482 \text{ m}$$

$$= 176,458 \text{ in}$$

Perancangan ini memilih H = 1,5 D, sehingga

$$\begin{aligned}
 H &= 6,723 \text{ m} \\
 &= 264,686 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dish}} &= 0,00049D^3 \\
 &= 0,004 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{sf}} &= \frac{\pi}{4} D^2 \frac{SF}{144} \\
 &= 0,007 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{head}} &= 2 (V_{\text{dish}} + V_{\text{sf}}) \\
 &= 0,102 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{reaktor}} &= V_{\text{shell}} + V_{\text{head}} \\
 &= 70,781 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{bottom}} &= 0,5 \times V_{\text{head}} \\
 &= 0,051 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{cairan}} &= V_{\text{shell}} + V_{\text{bottom}} \\
 &= 70,628 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

## 5. Menghitung Tekanan Desain

$$\text{Tekanan Hidrostatik} = \rho \cdot g \cdot h_{\text{cairan}}$$

$$\text{Vol cairan} = h_{\text{cairan}} \times (\pi D^2 / 4)$$

$$h_{\text{cairan}} = 4,479 \text{ m}$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = 298535,320 \text{ N/m}^2$$

$$= 43,299 \text{ psia}$$

$$P_{\text{reaksi}} = 1 \text{ atm}$$

$$= 14,696 \text{ psia}$$

$$P_{\text{Operasi}} = P_{\text{Reaksi}} + P_{\text{Hidrostatik}}$$

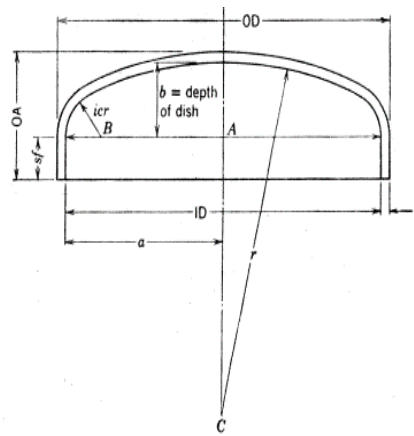
$$= 60,934 \text{ psia}$$

$$P_{\text{Desain}} = 1,2 \times P_{\text{Operasi}}$$

$$= 73,121 \text{ psia}$$

$$P_{\text{reaktor}} = 73,121 \text{ psia}$$

## 6. Menentukan Tinggi Reaktor Total



(Page 87, Brownell & Young, 1959)

$$\begin{aligned} \text{ID} &= \text{OD standar} - (2 \cdot ts) \\ &= 174 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{\text{ID}}{2} \\ &= 87 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{AB} = \frac{\text{ID}}{2} - \text{icr}$$

$$\begin{aligned} \text{BC} &= r - \text{icr} \\ &= 159 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{AC} = (\text{BC}^2 - \text{AB}^2)^{1/2}$$

$$\begin{aligned} b &= r - \text{AC} \\ &= 36,913 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi head total (OA)} &= \text{sf} + b + \text{th} \\ &= 41,413 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi reaktor total} &= 2 \times \text{tinggi head total} + \text{tinggi shell} \\ &= 8,926 \text{ m} \end{aligned}$$

## 7. Menentukan Jenis Pengaduk

Kondisi Operasi :

$$\text{T operasi} = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned}\mu &= 0,757 \text{ cP} \\ \rho &= 6801,58 \text{ kg/m}^3 \\ V \text{ tangki} &= 70,628 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dipilih jenis pengaduk : *flat blade turbine with disk* karena turbon ini dapat digunakan pada kecepatan tinggi pada cairan yang mempunyai viskositas sedang dan tidak terlalu kental, sehingga berdasarkan *G.G. Brown, 1978*, hal. 507 diperoleh data :

$$\begin{aligned}Dt/Di &= 3 \\ Zl/Di &= 2,7 - 3,9 \\ Zi/Di &= 0,75 - 1,3 \\ Wb/Di &= 0,17 \\ L/Di &= 0,25 \\ Dt &= 176,457 \text{ in} \\ \text{Jumlah baffle} &= 4 \text{ buah} \\ \text{Jumlah blade} &= 6 \\ Di &= \text{Diameter Pengaduk} \\ Dt &= \text{Diameter dalam reaktor} \\ ZL &= \text{Tinggi cairan dalam reaktor} \\ Wb &= \text{Lebar } \textit{baffle} \\ Zi &= \text{Jarak pengaduk dari dasar tangki} \\ L &= \text{Lebar pengaduk}\end{aligned}$$

Sehingga didapatkan

$$\begin{aligned}Di &= 58,819 \text{ in} = 1,494 \text{ m} \\ Zi &= 19,606 \text{ in} = 0,498 \text{ m} \\ ZL &= 176,458 \text{ in} = 4,482 \text{ m} \\ L &= 11,764 \text{ in} = 0,299 \text{ m} \\ Wb &= 14,705 \text{ in} = 0,374 \text{ m}\end{aligned}$$

## 8. Menghitung Jumlah Impeller

WELH adalah Water Equipment Liquid Height memiliki rumus :

$$\begin{aligned}\text{WELH} &= \text{tinggi bahan} \times \text{sg} \\ &= \text{tinggi bahan} \times \frac{P \text{ cairan}}{P \text{ air}} \\ &= 28,620 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Impeller} &= \frac{\text{WELH}}{D} \\ &= 0,162 \\ &= 1 \text{ pengaduk}\end{aligned}$$

Maka jumlah pengaduk yang dibutuhkan adalah 1 buah

### 9. Menghitung Putaran Pengaduk

$$\frac{\text{WELH}}{2 \text{ DI}} = \left(\frac{\pi \text{ DI } N}{600}\right)^2$$

$$N = \frac{600}{(\pi \cdot \text{DI})} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 \cdot \text{DI}}}$$

$$\begin{aligned}N &= 120,652 \text{ rpm} \\ &= 2,011 \text{ rps}\end{aligned}$$

Kecepatan standar motor = 125 rpm = 2,083 rps (Tabel 1.1, Hal. 16, *Holland F.A., Chapman F.S., 1966*)

### 10. Menghitung Power Pengaduk

Diketahui :

$$\rho = 6801,58 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 0,757 \text{ Cp} = 0,002 \text{ lb/ft.s}$$

$$\text{Di} = 4,902 \text{ ft}$$

$$N = 2,083 \text{ rps}$$

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

$$\text{Re} = 28.063.350,602$$

Dengan menggunakan *fig 477*, G.G Brown, hal. 507 maka diperoleh  $N_p=2$ .

$$Pa = Np \cdot \rho \cdot Ni^3 \cdot Da^5$$

Diketahui :

$\rho$ campuran	= 6801,579 kg/m <sup>3</sup>
kecepatan putar pengaduk (Ni)	= 2,083 rps
Diameter pengaduk (Di)	= 1,494 m
Pa	= 915554,727 watt
	= 915,555 kW
	= 1227,779 hp

Maka daya efisiensi motor adalah 95% (*fig. 14.38, Peters, Hal. 521*) sehingga diperoleh power pengaduk sebesar 1500 hP.

Standar NEMA = 1500 hP

## PERANCANGAN COIL PEMANAS REAKTOR

Dari perhitungan neraca panas yang dilakukan didapatkan beberapa data, antara lain:

- Kondisi operasi berjalan secara endotermis
- Jumlah panas yang disuplai oleh steam berdasarkan perhitungan neraca panas ( $Q_{pp}$ ) sebesar 2.619.804.340 kJ/jam.

$$\begin{aligned}T_{in} &= 100\text{ }^{\circ}\text{C} &&= 393,15\text{ K} \\T_{out} &= 100\text{ }^{\circ}\text{C} &&= 393,15\text{ K} \\ \Delta T &= 0\text{ }^{\circ}\text{C} &&= 273,15\text{ K} \\T_{ref} &= 25\text{ }^{\circ}\text{C} &&= 398,15\text{ K}\end{aligned}$$

Sifat fisis air pada T rata-rata (K),

Kapasitas panas ( $h_{vap}$ ) = 2706,3 kJ/kg.K (*Table B.1., perry, ed.8.Hal.2*)

Viskositas air ( $\mu$  steam) = 503,48 kJ/kg

Densitas ( $\rho$  steam) = 0,19853 kPa

### Menghitung Kebutuhan Pemanas :

$$m_{steam} = \frac{Q_{pp}}{H_{vap}}$$

$$m_{steam} = \frac{2.619.804.340 \frac{kJ}{jam}}{75,538 \frac{kJ}{kg}}$$

$$m_{steam} = 34.681.967,775 \frac{kg}{jam}$$

### Menghitung Kecepatan Volumetrik Steam :

$$Q_v = \frac{m_{steam}}{\rho_{steam}}$$

$$Q_v = 34.751,471 \text{ m}^3/\text{jam}$$

### Menghitung nilai $\Delta T$ LTMD :

No	Fluida Panas (F)	Fluida Dingin (F)	$\Delta T(\Phi)$
1	212	86	126

2	212	122	90
---	-----	-----	----

Untuk mencari nilai  $\Delta T$  LTMD dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\Delta T \text{ LTMD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$\Delta T \text{ LTMD} = 106,992 \text{ } ^\circ\text{F}$$

#### Menghitung Luas Transfer Panas :

$$A = \frac{Q_{pp}}{U_d \cdot \Delta T \text{ LTMD}}$$

$$A = 1.291,449 \text{ ft}^2$$

$$A = 119,976 \text{ m}^2$$

#### Menghitung Luas Selubung Reaktor :

A = Luas selimut reaktor + Luas penampang bawah reaktor

$$A = 1.214,547 \text{ ft}^2$$

$$A = 112,835 \text{ m}^2$$

#### Menghitung Koefisien Perpindahan Panas :

$$jH = \frac{hi \cdot D}{k} \left( \frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{-\frac{1}{3}} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14}$$

$$hi = 6.048,431 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2} \cdot \text{jam} \cdot \text{F}$$

#### Menentukan $Hi_o$

$$hio = hi \frac{ID}{OD}$$

$$hio \text{ pipa} = 5.735,336 \text{ btu/jam.ft}^2 \cdot \text{F}$$

untuk koil, harga hio harus dikoreksi dengan faktor koreksi dengan menggunakan persamaan berikut :

$$hio \text{ koil} = hio \text{ pipa} \left( 1 + 3,5 \frac{D_{koil}}{D_{spiral \text{ koil}}} \right)$$

$$h_{io \text{ koil}} = 5.890,311 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{F}$$

**Menghitung  $H_o$**

$$h_o = 0.87 \left( \frac{k}{D} \right) \left( \frac{Lp^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left( \frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.4}$$

$$H_o = 17.705.176,069 \text{ btu/jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F}$$

**Menghitung  $U_c$  dan  $U_d$  :**

$$U_c = 5.888,352 \text{ btu/jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F}$$

$$U_d = 854,827 \text{ btu/jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F}$$

Maka didapatkan nilai luas kontak perpindahan panas ( $A_t$ ) sebesar 302,154  $\text{ft}^2$  atau sama dengan 28,071  $\text{m}^2$ .

**Menentukan Panjang Koil :**

Untuk menentukan panjang koil, dapat menggunakan persamaan berikut,

$$L_{\text{pipa koil}} = A_t / a_0$$

$$L_{\text{pipa koil}} = 1.990,602 \text{ m}$$

**Menentukan Jumlah Lilitan :**

$$\text{Keliling lilitan} = 0,5 \text{putaran miring} + 0,5 \text{putaran datar}$$

$$K \text{ lilitan} = 0,5\pi(Dc) + 0,5\pi(DC^2 + x^2)^{1/2}$$

$$\text{Keliling lilitan} = 45,545 \text{ ft}$$

$$\text{Keliling lilitan} = 546,543 \text{ in}$$

$$\text{Keliling lilitan} = 166,586 \text{ m}$$

$$N \text{ lilitan} = \frac{L_{\text{pipa koil}}}{K_{\text{lilitan}}}$$

$$N \text{ lilitan} = 1,987$$

Maka didapatkan kesimpulan untuk jumlah lilitan sebanyak 2 lilitan.

**Menentukan tinggi dan Volume koil :**

Untuk menghitung tinggi koil dapat menggunakan persamaan berikut,

$$H_{\text{coil}} = (Nt-1) \times \text{jarak lilitan} + (Nt \times \text{OD koil})$$

$$H_{\text{coil}} = 0,068 \text{ m}$$

$$H_{\text{liquid}} = 6,723 \text{ m}$$

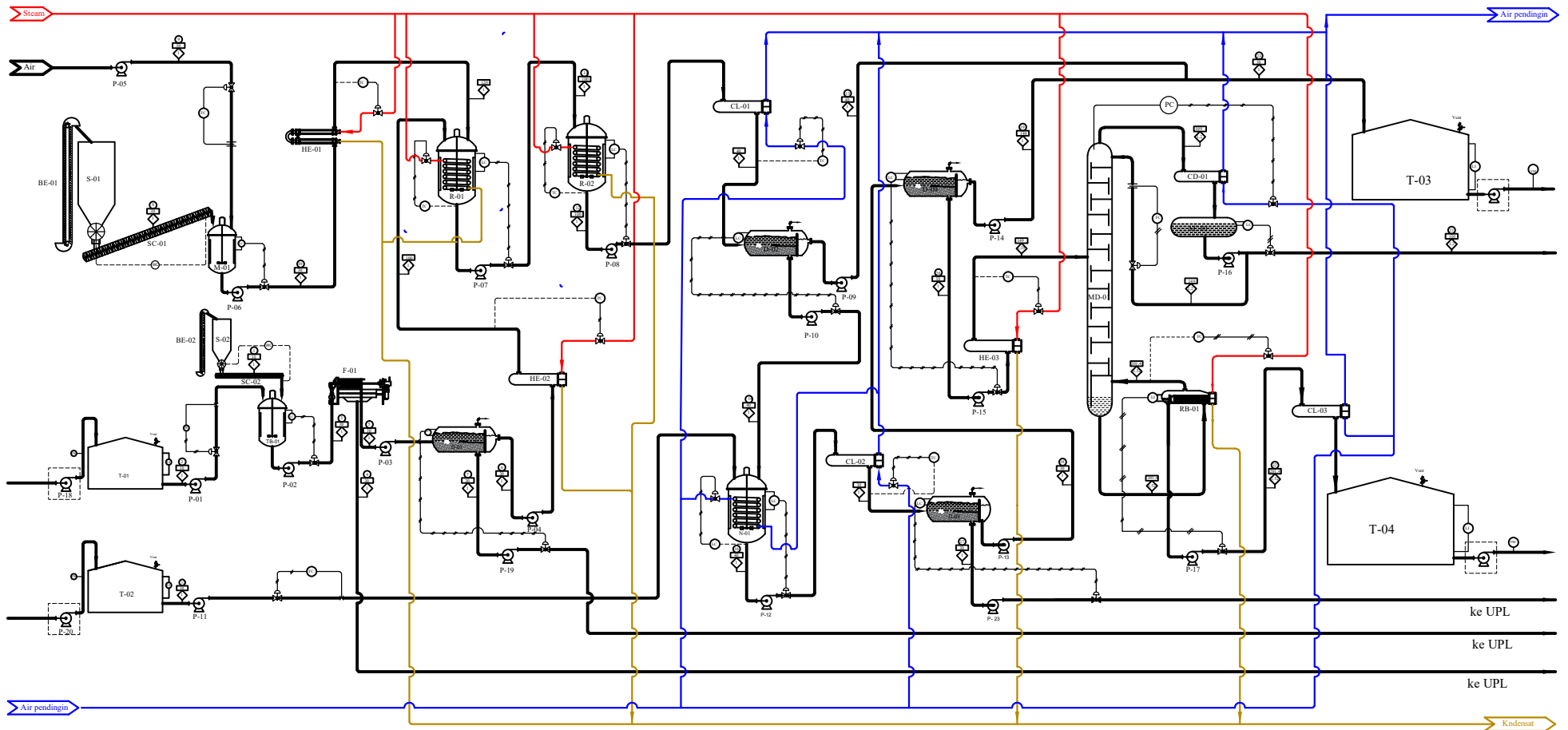
Selanjutnya menghitung volume koil dengan menggunakan persamaan seperti berikut,

$$V_{\text{coil}} = \frac{1}{4} \pi \times (\text{OD koil})^2 \times Lc$$

$$V_{\text{coil}} = 0,0504 \text{ m}^3$$

# PROCESS FLOW DIAGRAM

## PRARANCANGAN PABRIK GLISEROL DARI MINYAK GORENG BEKAS DENGAN KAPASITAS 28.000 TON/TAHUN



**NERACA MASSA (kg/jam)**

KOMPONEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
$C_{18}H_{34}O_2$		31876,483	31876,483		31876,483	31557,718	318,765									3,188	0,032	3,156	3,156				318,733	
NaOH							4297,953		4297,953	429,796	42,980	0,430	42,550											0,430
$C_{17}H_{33}COONa$									29591,405	32550,545	32225,040	325,505			325,505	3,255	322,250	322,250						32547,290
$C_2H_2O_2$									2965,587	3263,146	32,621	3230,525			3229,525	32,295	3197,229	31,972	3165,257	31,653	3133,605			64,593
$H_2O$		318,765	318,765	315,577	3,188	0,032	3,156		6446,929	6446,929	6446,961	6446,961	64,470	6382,491	1,042	6401,639	64,016	6337,622	63,376	6274,245	62,115,04	62,742		127,846
$H_2SO_4$														51,081										
$Na_2SO_4$															75,526									
FFA		956,294	956,294	946,732	9,563	0,096	9,467				0,096	0,096	0,096											0,096
C	9562,945			9562,945																				
TOTAL	9562,945	33151,542	42714,487	10825,254	31889,234	31557,846	331,388	4297,953	6446,929	10744,882	42621,492	42622,493	32638,234	9984,259	52,123	10035,383	175,124	9860,257	420,754	9439,502	6243,157	3196,347		33058,988

Keterangan Alat		Keterangan Simbol	
AC	Akumulatur	○	Nomor Arus
BE	Bucket Elevator	◇	Suhu (°C)
CD	Condenser	◇	Tekanan ( atm)
CL	Coiler	—	Aliran Proses
D	Decanter	—	Aliran Pneumatis
E	Filter	—	Aliran Listrik
HE	Heater	—	Control Valve
MD	Menara Distilasi	—	Level Controller
N	Neutralizer	—	Level Indicator
P	Pompa	—	Temperature Controller
R	Reaktor	—	Volume Meter
RB	Reboiler	—	Steam
S	Silo	—	Kondensat
SC	Screw Conveyor	—	
T	Tangki	—	
YB	Yangki Bleaching	—	
—	Air Pendingin	—	
—	Steam	—	
—	Kondensat	—	



PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA

---

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM**  
PRA RANCANGAN PABRIK GLISEROL DARI MINYAK GORENG BEKAS  
DENGAN KAPASITASKAPASITAS 28.000 TON/TAHUN

---

Disusun Oleh:

1. Garnis Alvina Syaharani	20521138
2. Amah Sulistyawati	20521194

---

Dosen Pembimbing:

1. Dr. Ariyanti Zulkarna, S.T.M.Eng

### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN


















1. Nama Mahasiswa : Garnis Alvina Syaharani  
 NIM : 20521138

2. Nama Mahasiswa : Anisah Sulistiyawati  
 NIM : 20521194

Judul Prarancangan : Prarancangan Pabrik Gliserol Dari Minyak  
 Goreng Bekas Kapasitas 28.000 Ton/Tahun

Mulai Masa Bimbingan : 21 September 2023

Batas Akhir Bimbingan : 13 Maret 2024

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	21-9-2023	Perkenalan	
2	21-9-2023	Diskusi judul	
3	29-9-2023	Konsultasi data konsumsi dan produksi Gliserol	
4	10-10-2023	Penetapan kapasitas produksi	
5	10-10-2023	Persetujuan kapasitas produksi	
6	10-10-2023	Konsultasi Proses	
7	22-11-2023	Persetujuan proses	
8	22-11-2023	Konsultasi spesifikasi bahan	
9	20-12-2023	Konsultasi spesifikasi bahan	
10	28-12-2023	Persetujuan spesifikasi bahan	
11	26-11-2023	Konsultasi PFD	
12	6-12-2023	Persetujuan PFD	
13	10-11-2023	Konsultasi Neraca Massa Reaktor	
14	28-11-2023	Konsultasi Neraca Massa Reaktor	
15	20-12-2023	Konsultasi Neraca Massa	
16	26-01-2023	Konsultasi Neraca Massa	
17	02-02-2024	Konsultasi zoom	

18	03-02-2024	Konsultasi Neraca Massa	
19	09-02-2024	Persetujuan Neraca Massa	
20	23-02-2024	Konsultasi Perhitungan Reaktor	
21	29-02-2024	Konsultasi Perhitungan Reaktor	
22	06-03-2024	Konsultasi Perhitungan Reaktor	
23	13-03-2024	Konsultasi Perhitungan Reaktor	
24	13-03-2024	Konsultasi Prancangan Alat Besar	
25	28-03-2024	Konsultasi Prancangan Alat Besar	

### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

1. Nama Mahasiswa : Garnis Alvina Syaharani

NIM : 20521138

3. Nama Mahasiswa: Anisah Sulistiyawati

NIM : 20521194

Judul Prarancangan : Prarancangan Pabrik Gliserol Dari Minyak  
Goreng Bekas Kapasitas 28.000 Ton/Tahun

Mulai Masa Bimbingan : 14 Maret 2024

Batas Akhir Bimbingan : 13 September 2024

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	28-03-2024	Persetujuan Perhitungan Reaktor	f
2	28-03-2024	Konsultasi Prancangan Transportasi bahan	f
3	28-03-2024	Konsultasi Prancangan Transportasi bahan	f
4	28-03-2024	Konsultasi Prancangan Neraca Panas	f
5	28-03-2024	Konsultasi Prancangan Neraca Panas	f
6	28-03-2024	Konsultasi Prancangan Utilitas	f
7	26-04-2024	Konsultasi Prancangan Utilitas	f
8	26-04-2024	Konsultasi Prancangan Neraca Panas	f
9	26-04-2024	Konsultasi Prancangan Transportasi bahan	f
10	26-04-2024	Konsultasi Prancangan Alat Besar	f
11	26-04-2024	Konsultasi Prancangan Transportasi bahan	f
12	03-05-2024	Konsultasi Prancangan Neraca Panas	f
13	03-05-2024	Konsultasi Prancangan Transportasi bahan	f
14	03-05-2024	Konsultasi Prancangan Transportasi bahan	f
15	03-05-2024	Konsultasi Prancangan Utilitas	f
16	15-05-2024	Konsultasi Prancangan Utilitas	f
17	15-05-2024	Konsultasi Prancangan Neraca Panas	f

18	15-05-2024	Konsultasi Prancangan Transportasi bahan	f
19	15-05-2024	Konsultasi Prancangan Transportasi bahan	f f
20	15-05-2024	Konsultasi Prancangan Alat Besar	f f
21	16-05-2024	Konsultasi Prancangan Alat Besar	f f
22	15-05-2024	Konsultasi Prancangan Alat Besar	f f
23	23-05-2024	Persetujuan Prancangan Alat Besar	f f
24	23-05-2024	Persetujuan Prancangan Transportasi bahan	f f
25	23-05-2024	Persetujuan Prancangan Neraca Panas	f f
26	23-05-2024	Konsultasi Prancangan Utilitas	f f
27	30-05-2024	Konsultasi Evaluasi Ekonomi	f f
28	31-05-2024	Persetujuan Prancangan Utilitas	f f
29	07-06-2024	Konsultasi Evaluasi Ekonomi	f f
30	07-06-2024	Konsultasi Tata Letak	f f
31	13-06-2024	Persetujuan Evaluasi Ekonomi	f f
32	13-06-2024	Persetujuan Tata Letak	f f
33	13-06-2024	Persetujuan PEFD	f f
34	22-06-2024	Revisi Naskah	f f
35	06-07-2024	Revisi Naskah	f f
36	08-07-2024	Persetujuan Naskah	f