PRARANCANGAN PABRIK

GLISEROL MONOLAURAT DARI ASAM LAURAT

DAN GLISEROL KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Oleh:

Nama	**: Khoirina Aulia Zahra**	**Nama**	**: Anisa Dwi Nugraheni**
NIM	**: 21521034**	**NIM**	**: 21521040**

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2025

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRARANCANGAN PABRIK GLISEROL MONOALURAT DARI ASAM LAURAT DAN GLISEROL KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Khoirina Aulia Zahra
NIM : 21521034

Nama : Anisa Dwi Nugraheni
NIM : 21521040

Yogyakarta, 12 Agustus 2025

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka kami siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Penyusun 1



Khorina Aulia Zahra
NIM : 21521034

Penyusun 2



Anisa Dwi Nugraheni
NIM : 21521040

Dipindai dengan CamScanner

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK GLISEROL MONOALURAT DARI ASAM LAURAT DAN GLISEROL KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Diajukan Sebagai Syarat

Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Kimia

Disusun oleh:

Nama : Khoirina Aulia Zahra

NIM : 21521034

Nama : Anisa Dwi Nugraheni

NIM : 21521040

Yogyakarta, 12 Agustus 2025

Dosen Pembimbing,

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

NIK. 995200445

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK GLISEROL MONOLAURAT DARI ASAM LAURAT DAN GLISEROL KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Nama : Khoirina Aulia Zahra 21521034 Nama : Anisa Dwi Nugraheni 21521040

PRARANCANGAN PABRIK

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia dari Program Studi Teknik Kimia di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 19 September 2025

Tim Penguji

Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.
Ketua — 22/09/2025

Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.
Anggota I — 22/9'25

Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.
Anggota II — 20/9/2025

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia – Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.
NIK. 995200445

Dipindai dengan CamScanner

KATA PENGANTAR

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, atas segala rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang berjudul **"PRARANCANGAN PABRIK GLISEROL MONOLAURAT DASI ASAM LAURAT DAN GLISEROL KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN"** ini dengan baik. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam proses penulisan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa tidak sedikit bimbingan, bantuan, doa, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak, khususnya kepada:

1. Allah SWT atas kehendak dan ridho-Nya sehingga penulis dapat melewati dan menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar dan baik.
2. Orang tua penulis yang selalu mendukung dan mendoakan kelancaran penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia sekaligus Dosen Pembimbing yang senantiasa memberi arahan serta saran-saran yang membangun bagi penulis.

4. Ibu Ifa Puspasari S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
5. Teman-teman Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia Angkatan 2021, teman seperjuangan, yang senantiasa menemani, mendukung, serta membantu selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa tulisan ini memiliki banyak kekurangan. Untuk itu penulis menerima kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat mendatangkan manfaat bagi penulis maupun bagi pembaca.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 12 Agustus 2025

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirabbilalamin, puji syukur yang tak hentinya saya panjatkan kepada Allah SWT. yang telah meridhoi setiap langkah yang saya ambil serta senantiasa memberikan petunjuk dan karunia-Nya dalam setiap usaha yang saya lakukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Perjalanan panjang dan melelahkan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak akan bisa saya lewati sendirinya dengan begitu mudah tanpa adanya kehadiran dan uluran tangan dari banyak pribadi dan hati baik di sekitar saya. Oleh karena itu, dengan segala rasa syukur saya persembahkan Tugas Akhir saya ini kepada:

1. Surgaku, Mama Ida Setyaningsih, mama terbaik di dunia, mama saya tercinta. Terima kasih atas segala doa baik yang selalu mama panjatkan siang malam untuk anak perempuanmu ini. Doa yang mama langitkan setiap saat, doa yang mama perjuangkan di sepertiga malam setiap harinya itu adalah doa yang selalu melindungi dan mengiringi setiap perjuangan, lelah, dan patah dari putri kecilmu ini. Tanpa doa mama, saya tidak akan bisa berdiri di atas kaki saya sendiri saat ini serta dengan lancar dan mudah menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sehat selalu Mama, tolong hidup lebih lama lagi dengan keberkahan dan kebahagiaan yang insyaAllah akan selalu aku usahakan untukmu itu.
2. Cinta pertamaku, Papa Haris Junaidi, papa terbaik di dunia, laki-laki terhebat dalam hidup saya. Terima kasih atas segala doa baik dan kerja keras siang malam yang tanpa pamrih selalu diperjuangkan untuk seluruh keluarga ini.

Terima kasih karena selalu menjadi sahabat sekaligus motivator hidup terbaik yang pernah ada, karena dengan kehadiran dan dukungan Papa, anak perempuan yang lemah ini bisa tumbuh dengan kuat dan hebat sekarang. Tugas Akhir ini menjadi salah satu bukti atas segala kerja keras yang Papa lakukan untukku berbuah hasil baik, sekaligus menjadi langkah awal bagi saya untuk terus berlari mengejar mimpi saya untuk membanggakanmu. Sehat selalu Papa, tolong hidup lebih lama lagi dengan keberkahan dan kebahagiaan yang insyaAllah akan selalu aku usahakan untukmu itu.

3. Kakak Fania, Mas Arga, dan keponakan kecil saya Azhar. Terima kasih atas segala dukungan dan hal baik yang selalu diberikan kepada saya. Keluarga kecil yang selalu menghibur dan memberi kehangatan serta kasih sayang di tengah letih dan sedih dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Almh. nenek saya tercinta, yang telah kembali kepada Allah dalam kondisi yang InsyaAllah baik di tengah perjuangan saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas jasamu yang telah merawat saya dengan penuh kasih sayang sejak kecil dan memberikan kebahagiaan di kehidupan yang berat ini. Husnul khotimah uti.
5. Bapak Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D., dosen pembimbing sejak Kerja Praktik dan Tugas Akhir saya dan partner. Terima kasih atas segala dukungan, ilmu, kesabaran, dan kebaikan Bapak dalam membimbing menyelesaikan Tugas Akhir ini. InsyaAllah seluruh ilmu yang Bapak berikan akan menjadi keberkahan bagi Bapak dan kami.

6. Anisa Dwi Nugraheni, partner yang membersamai perjuangan panjang dan melelahkan saya sejak Kerja Praktik, Penelitian, dan Tugas Akhir. Teman, sahabat, saudara, pendengar, dan penyemangat terbaik yang secara tidak terduga selalu hadir di setiap langkah saya sejak awal kuliah, yang telah mengajarkan banyak hal baik di tengah kehidupan yang pelik. Kerja Praktik yang penuh letih dan tangis, Penelitian panjang yang penuh drama dan air mata, hingga Tugas Akhir yang pada awalnya kita takutkan hingga sekarang berhasil kita taklukkan. Terima kasih atas segala perjuangan penuh sabar yang selalu kamu usahakan, memaksakan diri untuk tetap kuat dan menjadi hebat, dan selalu memberikan semangat setiap kali kita hampir kehilangan tekad. Rasa syukur tiada henti aku ucapkan karena telah dipertemukan dengan sahabat terbaik sepertimu di kehidupan perkuliahan yang penuh rintangan ini. Bahagia dan bangga sekali dapat berjuang, belajar, dan bertumbuh bersama dalam segala hal denganmu. Sukses selalu untukmu dimanapun kamu berada nanti, bahagia dan berkah selalu untuk kehidupanmu kedepannya, doa baikku akan selalu mengirimu.
7. Sahabat tersayang, Vanda, Zulfa, Afrida. Terima kasih atas segala dukungan hebat serta doa baik yang selalu kalian berikan kepadaku sejak SMP dan SMA. Terima kasih atas waktu yang selalu diluangkan untuk bertemu, tawa yang selalu dibawa, jutaan cerita dan keluh kesah yang selalu siap kalian dengarkan, serta kasih sayang yang selalu terasa meskipun jarang berjumpa. Sukses dan bahagia selalu dimanapun kalian berada. Mari tetap saling menyayangi dan memaafkan sampai tua.

8. Sahabat sejak awal perkuliahan, teman seperjuanganku, Aca, Excel, Poppy, Argy, Fajar. Terima kasih sudah selalu bersedia berada di sisiku dalam segala fase kehidupan perkuliahan ini. Terima kasih atas jutaan tawa bahagia dan waktu berharga yang selalu kalian usahan untuk pertemanan ini. Mari tetap bersama di setiap fase kehidupan selanjutnya.
9. Seluruh teman-teman JAMTEK dari panitia hingga kakak angkatan yang telah banyak memberikan kontribusi hebat dalam pertumbuhan saya. JAMTEK telah menjadi *turning point* saya untuk bangkit dari keterpurukan di awal perkuliahan. Teman-teman yang sudah selalu hadir membersamai perjuangan saya, menyisipkan banyak canda tawa bahagia yang tidak dapat saya temukan di tempat lainnya.
10. Seluruh asisten dan laboran Laboratorium DTK 2 dan OTK yang telah membersamai proses bertumbuh saya di perkuliahan ini. Terima kasih atas banyaknya ilmu dan canda tawa yang selalu hadir di setiap pertemuan kita. Semoga sukses selalu di jalan kalian masing-masing.
11. Seluruh teman Kuliah Kerja Nyata Unit 188 yang telah dengan tidak sengaja saya temui di perkuliahan ini. Pelajaran hidup dan canda tawa bahagia yang kalian berikan telah mewarnai langkah kaki ini. Tetap bahagia dan sukses selalu dimanapun kalian berada.
12. Teman-teman seperjuangan di Teknik Kimia UII 2021 yang sejak awal perkuliahan hingga akhir kelulusan telah banyak mengulurkan tangan dan membagi kebahagiaan dalam setiap langkah masing-masing untuk mengejar gelar ini. *See you guys on top!*

13. Seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, pihak yang telah hadir dan pergi di sepanjang perjalanan perkuliahan yang tidak singkat dan penuh penat ini. Terima kasih atas segala pelajaran hidup yang telah Allah titipkan kepada kalian semua, pelajaran yang telah membersamai proses bertumbuh saya hingga menjadi pribadi yang lebih baik dari sebelumnya.
14. Kepada seorang pria yang sosoknya belum diketahui namanya, tetapi sudah tertulis rapih di *lauhul mahfuz* dan tidak pernah luput dari setiap doa. Terima kasih, bahkan sebelum hadirmu, kamu sudah dan akan selalu menjadi salah satu alasan terbesarku tetap bangkit semangat berjalan di kaki sendiri. Semoga kamu senantiasa dilindungi dan di ridhoi Allah SWT. Mari saling bertumbuh memantaskan diri dan bertemu di versi terbaik masing-masing.
15. Terakhir, dan yang paling utama, kepada diri saya sendiri. Terima kasih sudah menjadi perempuan yang selalu mengusahan banyak hal baik untuk dirimu dan orang lain di sekitarmu dari dulu hingga nanti. Jutaan maaf dan tangis yang mewarnai proses tumbuh ini adalah yang menjadikanmu kuat dan hebat seperti sekarang. Lelah dan sakitmu, perjuangan siang malam yang menghilangkan jam tidur nyenyakmu itu, kini terbayarkan dengan baik. Tetap semangat memperjuangkan mimpi-mimpi kecil dan melangitkan doa-doa baik untuk dirimu di masa depan. Mari menjadi sosok perempuan hebat yang kamu impikan itu!

Yogyakarta, 12 Agustus 2025
Khoirina Aulia Zahra

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillahirobbil'alamin

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan saya Kesehatan, kelancaran, dan kemudahan dalam mengerjakan Tugas Akhir sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu. *Alhamdulillah.*

Perjalanan saya hingga mencapai titik ini tidak terlepas dari kehadiran orang-orang luar biasa yang selalu menjadi sumber semangat dalam melewati setiap tahap kehidupan ini. Dari semua hal berharga dan rasa terima kasih yang amat sangat besar saya persembahkan lembar persembahan yang saya tujukan dengan sepenuh hati untuk :

1. Kedua orang tua saya, Ibu Rahayu Murdiyarti dan Bapak Agoes Poernomo. Dengan penuh rasa syukur dan cinta yang tak terhingga, saya persembahkan lembar ini sebagai wujud terima kasih atas setiap tetes doa yang tak pernah putus, setiap peluh dan lelah yang tak pernah kalian keluhkan, serta setiap kasih sayang yang mengalir tanpa syarat. Terima kasih telah menjadi cahaya di setiap langkah gelap, menjadi pelindung saat saya rapuh, dan menjadi penguat ketika saya nyaris menyerah. Segala pencapaian ini bukan semata hasil kerja keras saya, melainkan buah dari pengorbanan dan kasih sayang tanpa batas yang kalian berikan. Semoga Allah membalas segala kebaikan, kesabaran, dan kasih sayang kalian dengan keberkahan yang tak pernah habis. *Aamiin.*

2. Kepada kakak saya Andari Eka Apriliani, terima kasih atas setiap ilmu, nasihat, dan arahan yang selalu hadir di tengah kebingungan saya. Terima kasih telah menjadi sandaran di saat saya terpuruk, dan membagikan pelajaran hidup berharga melalui setiap pengalaman yang kamu ceritakan. Kehadiranmu adalah kekuatan, dan putri kecil mu merupakan lentera mungil yang menerangi, menghibur dan menghangatkan keluarga. Semoga Allah senantiasa melindungi dan memberikan keberkahan di dalam keluarga mu. *Aamiin*.
3. Kepada Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing. Dengan rasa hormat, kami mengucapkan terima kasih atas segala arahan, bimbingan, dan ilmu berharga yang Bapak berikan sepanjang proses penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih atas kesabaran Bapak dalam membimbing serta kesediaan Bapak dalam meluangkan waktu di tengah kesibukan yang padat. Semoga setiap ilmu yang Bapak ajarkan kepada kami menjadi amal jariyah yang pahalanya terus mengalir, dan setiap lelah yang Bapak jalani dibalas dengan limpahan keberkahan dan kebaikan tanpa batas. *Aamiin.*
4. Kepada Khoirina Aulia Zahra, teman sekaligus *partner* Kerja Praktik, Penelitian, Tugas Akhir dan sahabat dalam setiap perjalanan di masa perkuliahan. Terima kasih atas segala kebaikan, kesabaran, kebersamaan, tangis dan tawa yang kita bagi. Kita telah melewati begitu banyak cerita, bukan hanya bahagia, tapi juga sedih, kecewa, haru, bahkan emosi lain yang tak terhitung jumlahnya. Terima kasih telah bertahan hingga di titik ini, dan

terima kasih karena kamu tetap memilih untuk berada di sisi saya di berbagai keadaan. Banyak hal baik yang bisa saya pelajari darimu, maka dari itu semoga kamu tetap menjadi orang dengan energi positif dan senantiasa menebar kebaikan dimanapun kamu berada nanti. Semoga Allah selalu menjaga tali persahabatan dan persaudaraan kita yaa Zah. *Aamiin*.

5. Kepada anggota grup Anti Wacana, Excel, Poppy, Zahra, Aca, Argy, dan Fajar. Terima kasih kalian telah membuat masa perkuliahan saya di Teknik kimia menjadi menyenangkan dan tidak terasa berat. Terima kasih atas segala *moment* yang telah kita lalui. Tetap menjadi para pribadi yang saling melengkapi ya, dan tolong jangan kebanyakan wacana.
6. Kepada teman- teman Si Paling Gas, Hafidz Maulana, Rakha, Aldona, Syarifah, Ageng Noor, Eky, dan Indra terima kasih telah menerima dan mengayomi saya sebagai anggota termuda di antara kalian dan menjadikan kebersamaan ini terasa begitu berkesan. Setiap *moment* seru di Marching Band UII, bersama kalian menjadi bagian berharga dalam perjalanan perkuliahan saya. Banyak pengalaman baru yang saya pelajari, tawa yang kita bagi, dan cerita yang akan selalu saya kenang. Semoga kesuksesan senantiasa menyertai setiap langkah kalian ke depannya.
7. Kepada teman-teman KKN Unit 68 Alya, Mona, Dika, Fathul, Rifal dan Acul. Terima kasih sudah memberikan banyak sudut pandang baru dan pengalaman baru di akhir masa perkuliahan saya. Banyak canda dan tawa serta keseruan yang saya rasakan selama KKN dan *after* KKN bersama

kalian. Kalian benar-benar orang yang *unexpectable* dengan segala gebrakan baru. Semoga kalian selalu seru ya hingga masa mendatang.

8. Kepada teman-teman Asisten Laboratorium dari DTK 2, OTK 1 dan OTK 2, Dzannun, Danu, Ditti, Zahra, Destry, Arif dan teman-teman lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terima kasih atas kerja sama kalian, setiap saran dan masukan yang membangun, yang telah banyak membantu saya dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini. Kehadiran kalian membuat perjalanan ini terasa lebih ringan dan penuh dukungan.
9. Kepada teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2021 yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu. Terima kasih atas segala kenangan dan dukungan yang telah diberikan selama ini. Semoga kita semua bisa menjadi orang sukses dan mencapai apa yang kita impikan.
10. Terakhir izinkan saya mengucapkan terima kasih kepada diri saya sendiri, bahwa dapat bertahan hingga di titik ini merupakan suatu bukti bahwa Tuhan tidak pernah menguji hamba-Nya diatas kemampuannya. Segala yang Dia titipkan, baik ujian maupun anugerah, selalu sejalan dengan kekuatan yang telah Dia tanamkan dalam diri kita.

Yogyakarta, 12 Agustus 2025

Anisa Dwi Nugraheni

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI iii
KATA PENGANTAR iv
LEMBAR PERSEMBAHAN vi
DAFTAR ISI xv
DAFTAR TABEL xix
DAFTAR GAMBAR xxii
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN xxiii
ABSTRAK xxv
ABSTRACT xxvi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik 3
1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku 4
1.2.2 *Supply* 5
1.2.3 Demand 8
1.3 Tinjauan Pustaka 10
1.3.1 Gliserol Monolaurat (GML) 10
1.3.2 Pemilihan Proses Produksi 13
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika 22
1.4.1 Tinjauan Termodinamika 22
1.4.2 Tinjauan Kinetika 27
BAB II PERANCANGAN PRODUK 29
2.1 Spesifikasi Produk, Bahan Baku, dan Bahan Pendukung 29
2.2 Pengendalian Kualitas 30
2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku 30
2.2.2 Pengendalian Proses Produksi 31
2.2.3 Pengendalian Waktu Produksi 33
2.2.4 Pengendalian Kualitas Produk Akhir 33
BAB III PERANCANGAN PROSES 35
3.1 Diagram Alir 35

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif 35
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif 36
3.2 Uraian Proses 37
3.2.1 Persiapan Bahan Baku 37
3.2.2 Proses Reaksi 38
3.2.3 Pemurnian Produk 39
3.2.4 Perencanaan Produksi 40
3.3 Spesifikasi Alat 41
3.3.1 Spesifikasi Alat Proses 41
3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung 45
3.3.3 Spesifikasi Alat Penukar Panas 52
3.3.4 Spesifikasi Alat Penyimpan Bahan Baku dan Produk 55
3.3.5 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Baku 56
3.4 Neraca Massa 60
3.4.1 Neraca Massa Total 60
3.4.2 Neraca Massa *Mixer* (M-01) 61
3.4.3 Neraca Massa Reaktor 1 (R-01) 61
3.4.4 Neraca Massa Reaktor 2 (R-02) 62
3.4.5 Neraca Massa *Screener*-01 (S-01) 62
3.4.6 Neraca Massa *Washing Tank* (WT-01) 62
3.4.7 Neraca Massa *Screener*-02 (S-02) 63
3.4.8 Neraca Massa *Decanter* (DC-01) 63
3.4.9 Neraca Massa *Spray Cooling Chamber* (ST-01) 64
3.4.10 Neraca Massa *Cyclone* (CC-01) 64
3.4.11 Neraca Massa *Screener*-03 (S-03) 64
3.4.12 Neraca Massa Evaporator (EV-01) 65
3.5 Neraca Panas 65
3.5.1 Neraca Panas Total 65
3.5.2 Neraca Panas *Heating Tank* 66
3.5.3 Neraca Panas Reaktor 1 66
3.5.4 Neraca Panas Reaktor 2 66
3.5.5 Neraca Panas *Decanter* 67

3.5.6 Neraca Panas *Spray Cooling Chamber* 67
3.5.7 Neraca Panas *Crystallizer* 67
3.5.8 Neraca Panas Evaporator 68
BAB IV PERANCANGAN PABRIK 69
4.1 Lokasi Pabrik (*Plant Location*) 69
4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*) 73
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (*Machines Layout*) 77
4.4 Organisasi Perusahaan 79
4.4.1 Tugas dan Wewenang 82
4.4.2 Jadwal Kerja dan Sistem Gaji Karyawan 91
4.4.3 Fasilitas dan Hak Karyawan 96
BAB V UTILITAS 99
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*) 103
5.1.1 Unit Penyediaan Air 103
5.1.2 Unit Pengolahan Air 108
5.2 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*) 113
5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*) 114
5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*) 118
5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar 119
5.6 Unit Pengolahan Limbah 119
5.7 Spesifikasi Alat Utilitas 121
BAB VI 131
EVALUASI EKONOMI 131
6.1 Penaksiran Harga Alat 132
6.2 Dasar Perhitungan 138
6.3 Analisis Keuangan 138
6.3.1 Modal (*Capital Investment*) 138
6.3.2 Biaya Produksi (*Total Production Cost*) 141
6.4 Analisis Keuntungan 143
6.5 Analisis Risiko Pabrik 144
6.6 Analisis Kelayakan Ekonomi 146
6.6.1 *Return of Investment* (ROI) 147
6.6.2 *Pay Out Time* (POT) 147

6.6.3 *Break Even Point* (BEP) 148
6.6.4 *Shut Down Point* (SDP) 150
6.6.5 *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) 151
6.6.6 Hasil Analisis 152
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN 154
7.1 Kesimpulan 154
7.2 Saran 155
DAFTAR PUSTAKA 157
LAMPIRAN A PERANCANGAN REAKTOR 163
LAMPIRAN B *PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM* (PEFD) 190
LAMPIRAN C KARTU KONSULTASI BIMBINGAN 191

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data perusahaan produsen gliserol dan asam laurat di Indonesia 4
Tabel 1. 2 Data impor gliserol monolaurat di Indonesia 5
Tabel 1. 3 Data impor gliserol monolaurat (gliserol, asam laurat, garam, ester, dan turunannya) 6
Tabel 1. 4 Data ekspor gliserol monolaurat 8
Tabel 1. 5 Data konsumsi gliserol monolaurat 9
Tabel 1. 6 Standar mutu gliserol monolaurat 12
Tabel 1. 7 Perbandingan penggunaan katalis homogen 16
Tabel 1. 8 Perbandingan penggunaan katalis heterogen 20
Tabel 1. 9 Perbandingan penggunaan katalis dan hasil reaksi esterifikasi gliserol monolaurat 21
Tabel 1. 10 Harga enthalpi pembentukan standar tiap gugus 23
Tabel 1. 11 Enthalpi pembentukan standar senyawa 24
Tabel 1. 12 Energi Gibbs senyawa 25
Tabel 1. 13 Nilai konstanta kecepatan reaksi berbagai variasi suhu 28
Tabel 2. 1 Spesifikasi produk, bahan baku, dan bahan pendukung 29
Tabel 3. 1 Spesifikasi *mixer* 41
Tabel 3. 2 Spesifikasi reaktor 1 42
Tabel 3. 3 Spesifikasi reaktor 2 43
Tabel 3. 4 Spesifikasi *spray cooling chamber* 44
Tabel 3. 5 Spesifikasi *heating tank* 45
Tabel 3. 6 Spesifikasi *decanter* 46
Tabel 3. 7 Spesifikasi *screener* 01 46
Tabel 3. 8 Spesifikasi *screener* 01 (lanjutan) 47
Tabel 3. 9 Spesifikasi *washing tank* 47
Tabel 3. 10 Spesifikasi *washing tank* (lanjutan) 48
Tabel 3. 11 Spesifikasi *screener* 02 48
Tabel 3. 12 Spesifikasi *cyclone* 49
Tabel 3. 13 Spesifikasi *crystallizer* 49
Tabel 3. 14 Spesifikasi *crystallizer* (lanjutan) 50
Tabel 3. 15 Spesifikasi *screener* 03 50
Tabel 3. 16 Spesifikasi *screener* 03 (lanjutan) 51
Tabel 3. 17 Spesifikasi evaporator 51
Tabel 3. 18 Spesifikasi evaporator (lanjutan) 52
Tabel 3. 19 Spesifikasi *heater* 52
Tabel 3. 20 Spesifikasi *heater* (lanjutan) 53
Tabel 3. 21 Spesifikasi *cooler* 53
Tabel 3. 22 Spesifikasi *cooler* (lanjutan) 54
Tabel 3. 23 Spesifikasi alat penyimpanan bahan baku dan produk 55
Tabel 3. 24 Spesifikasi alat transportasi bahan cair 56
Tabel 3. 25 Spesifikasi alat transportasi bahan cair (lanjutan) 57

Tabel 3. 26 Spesifikasi alat transportasi bahan cair (lanjutan) 58
Tabel 3. 27 Spesifikasi alat transportasi bahan padat 59
Tabel 3. 28 Spesifikasi alat transportasi bahan gas 60
Tabel 3. 29 Neraca massa total 60
Tabel 3. 30 Neraca massa *mixer* 61
Tabel 3. 31 Neraca massa reaktor 1 61
Tabel 3. 32 Neraca massa reaktor 2 62
Tabel 3. 33 Neraca massa *screener-01* 62
Tabel 3. 34 Neraca massa *washing tank* 62
Tabel 3. 35 Neraca massa *washing tank* (lanjutan) 63
Tabel 3. 36 Neraca massa *screener*-02 63
Tabel 3. 37 Neraca massa *decanter* 63
Tabel 3. 38 Neraca massa *spray cooling chamber* 64
Tabel 3. 39 Neraca massa *cyclone* 64
Tabel 3. 40 Neraca massa *screener*-03 64
Tabel 3. 41 Neraca massa *screener*-03 (lanjutan) 65
Tabel 3. 42 Neraca massa evaporator 65
Tabel 3. 43 Neraca panas total 65
Tabel 3. 44 Neraca panas *heating tank* 66
Tabel 3. 45 Neraca panas reaktor 1 66
Tabel 3. 46 Neraca panas reaktor 2 66
Tabel 3. 47 Neraca panas *decanter* 67
Tabel 3. 48 Neraca panas *spray cooling chamber* 67
Tabel 3. 49 Neraca panas *crystallizer* 67
Tabel 3. 50 Neraca panas *crystallizer* (lanjutan) 68
Tabel 3. 51 Neraca panas evaporator 68
Tabel 4. 1 Perincian luas tanah dan bangunan 75
Tabel 4. 2 Jadwal kerja karyawan *shift* 93
Tabel 4. 3 Jadwal kerja karyawan *shift* (lanjutan) 93
Tabel 4. 4 Jumlah tenaga kerja dan sistem gaji 94
Tabel 4. 5 Jumlah tenaga kerja dan sistem gaji (lanjutan) 95
Tabel 5. 1 Kebutuhan air pendingin 106
Tabel 5. 2 Kebutuhan *steam* 107
Tabel 5. 3 Kebutuhan listrik alat proses 115
Tabel 5. 4 Kebutuhan listrik alat utilitas 116
Tabel 5. 5 Total kebutuhan listrik pabrik 118
Tabel 5. 6 Spefifikasi pompa utilitas 121
Tabel 5. 7 Spesifikasi pompa utilitas (lanjutan) 122
Tabel 5. 8 Spesifikasi pompa utilitas (lanjutan) 123
Tabel 5. 9 Spesifikasi pompa utilitas (lanjutan) 124
Tabel 5. 10 Spesifikasi tangki utilitas 125
Tabel 5. 11 Spesifikasi tangki utilitas (lanjutan) 126
Tabel 5. 12 Spesifikasi tangki utilitas (lanjutan) 127

Tabel 5. 13 Spesifikasi bak utilitas 128
Tabel 5. 14 Spesifikasi *cooling tower* 129
Tabel 5. 15 Spesifikasi *blower cooling tower* 129
Tabel 5. 16 Spesifikasi *clarifier* 129
Tabel 5. 17 Spesifikasi *screen* utilitas 130
Tabel 5. 18 Spesifikasi deaerator 130
Tabel 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 2004 – 2024 133
Tabel 6. 2 Harga alat proses 135
Tabel 6. 3 Harga alat proses (lanjutan) 136
Tabel 6. 4 Harga alat utilitas 136
Tabel 6. 5 Harga alat utilitas 137
Tabel 6. 6 *Physical plant cost* (PPC) 139
Tabel 6. 7 *Direct plant cost* (DPC) 139
Tabel 6. 8 *Fixed capital investment* (FCI) 139
Tabel 6. 9 *Working capital investment* (WCI) 140
Tabel 6. 10 *Direct manufacturing cost* (DMC) 141
Tabel 6. 11 *Indirect manufacturing cost* (IMC) 142
Tabel 6. 12 *Fixed manufacturing cost* (FMC) 142
Tabel 6. 13 *Total manufacturing cost* 142
Tabel 6. 14 *General expense* 143
Tabel 6. 15 *Total Production Cost* 143
Tabel 6. 16 Analisis risiko pabrik 145
Tabel 6. 17 Analisis risiko pabrik (lanjutan) 146
Tabel 6. 18 *Annual fixed cost* (Fa) 149
Tabel 6. 19 *Annual Variable Cost* (Va) 149
Tabel 6. 20 *Annual regulated cost* (Ra) 149
Tabel 6. 21 *Annual sales value* (Sa) 150
Tabel 6. 22 Hasil analisis kelayakan ekonomi 153
Tabel A. 1 Densitas komponen reaktor-01 165
Tabel A. 2 Optimasi 1 reaktor 167
Tabel A. 3 Optimasi 2 reaktor 168
Tabel A. 4 Optimasi 3 reaktor 168
Tabel A. 5 Optimasi harga reaktor 169
Tabel A. 6 Neraca massa komponen R-01 170
Tabel A. 7 Entalpi pembentukan standar (T = 298 K) 183
Tabel A. 8 Neraca energi total reaktor 183

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data impor gliserol dan asam laurat di Indonesia 6
Gambar 1. 2 Struktur kimia gliserol monolaurat 11
Gambar 3. 1 Diagram alir kualitatif 35
Gambar 3. 2 Diagram alir kuantitatif 36
Gambar 4. 1 Lokasi pabrik gliserol monolaurat..... 69
Gambar 4. 2 *Layout* pabrik gliserol monolaurat 76
Gambar 4. 3 Tata letak alat proses 79
Gambar 4. 4 Struktur organisasi perusahaan..... 81
Gambar 5. 1 Diagram alir utilitas pengolahan air 100
Gambar 6. 1 Grafik hubungan indeks harga dan tahun..... 134
Gambar 6. 2 Grafik kelayakan ekonomi 153
Gambar A. 1 Grafik hubungan jumlah dan total harga reaktor..... 169
Gambar A. 2 Dimensi *head* reaktor..... 174
Gambar A. 3 Dimensi pengaduk reaktor..... 179
Gambar A. 4 Dimensi *heat* jaket pemanas 187

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T : *Temperature*, ˚C

D : Diameter, m

H : Tinggi, m

P : Tekanan, psia

μ : Viskositas, cP

ρ : Densitas, kg/m3

Q : Kebutuhan kalor, kJ/Jam

A : Luas penampang, m2

V : Volume, m3

T : Waktu, jam

M : Massa, kg

Fv : Laju volumetrik, m3 /jam

R : Jari- jari, in

P : *Power* motor, hp

Ts : Tebal *shell*, in

ΔPT : *Presure drop*, psia

ID : *Inside* diameter, in

OD : *Outside* diameter, in

T_h : Tebal head, in

icr : Jari-jari sudut dalam, in

Re : Bilangan Reynold

f : *Allowable stress*, psia

L : Lebar pengaduk, m

N : Kecepatan putaran, rpm

P : Panjang, m

l : Lebar, m

x : Konversi, %

E : Efisiensi sambungan

K : Konduktivitas termal, Btu/jam ft2 ^{o}F

k : Konstanta kinetika reaksi

R : Tetapan gas ideal

Fv : Laju alir, m3 /jam

Sg : *Specific gravity*

LMTD: *Long Mean Temperature Different*, ^{o}F

CPO : *Crude Palm Oil*

GML : Gliserol Monolaurat

PKO : Palm Kernel Oil

ABSTRAK

Gliserol Monolaurat merupakan senyawa ester yang terbentuk dari reaksi antara gliserol dan asam laurat, berbentuk serbuk putih atau putih kekuningan, dan beraroma netral. Gliserol monolaurat digunakan sebagai pengemulsi dan pengawet yang aman untuk makanan, serta bersifat anti mikroba untuk bahan kosmetik dan farmasi. Proses produksi dilakukan melalui reaksi esterifikasi antara gliserol dan asam laurat menggunakan katalis heterogen 20% (DMBPSH)HSO_4/SG di dalam Reaktor Tangki Alir Berpengaduk (CSTR) pada suhu 145 °C dan tekanan 1 atm. Produk keluaran reaktor menghasilkan GML dan air. Pendirian pabrik Gliserol Monolaurat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di daerah Deli Serdang, Sumatera Utara pada tahun 2029 dengan luas tanah 13.000 m^2. Kebutuhan utilitas diambil dari Sungai Seruwai sebanyak 655.687,803 kg/hari. Sedangkan kebutuhan listrik untuk operasional pabrik sebesar 592,69 kW disuplai dari PT PLN Medan Denai. Untuk mengantisipasi adanya pemadaman, maka disediakan generator sebagai cadangan. Bahan bakar yang digunakan untuk generator maupun boiler tersebut adalah solar sebanyak 1.341,86 kg/jam. Limbah pabrik berasal dari proses produksi, laboratorium, kegiatan domestik, dan unit utilitas, dengan karakteristik meliputi air, etil asetat, asam laurat, bahan kimia, serta senyawa organik. Hasil analisis risiko menunjukkan bahwa pabrik ini termasuk dalam kategori *low risk*. Berdasarkan perhitungan evalusi ekonomi untuk pendirian pabrik gliserol monolaurat di atas, dibutuhkan modal tetap sebesar Rp455.833.187.147, *Manufacturing cost* Rp1.424.659.869.022. Harga jual produksi sebesar Rp1.897.204.438.226 per tahun, dengan keuntungan sebelum pajak sebesar Rp227.110.745.662 per tahun serta keuntungan setelah pajak sebesar Rp170.333.059.246. Nilai *Return on Invesment* (ROI) sesudah pajak untuk pabrik ini sebesar 37,36%, *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak yaitu 2,1 tahun, sedangkan *Break Even Point* (BEP) sebesar 40,59%, dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 26,38%. Sehingga untuk analisis kelayakannya termasuk dalam kategori *high risk* Nilai-nilai tersebut menunjukan bahwa pabrik ini layak untuk dipertimbangkan pendiriannya dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.

Kata kunci **:** Asam Laurat, Endotermis, Esterifikasi, Evaluasi Ekonomi, Gliserol, Gliserol Monolaurat, Prarancangan Pabrik.

ABSTRACT

Glycerol Monolaurate is an ester compound formed from the reaction between glycerol and lauric acid, appearing as a white to off-white powder with a neutral odor. This compound is utilized as a safe emulsifier and preservative in the food industry and possesses antimicrobial properties for cosmetic and pharmaceutical applications. The production process involves the esterification reaction of glycerol and lauric acid catalyzed by 20% heterogeneous catalyst (DMBPSH)HSO4/SG in a Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) at 145 °C and atmospheric pressure (1 atm). The reactor output consists of monolaurin glycerol and water. The establishment of a monolaurin glycerol plant with a capacity of 10,000 tons per year is planned in Deli Serdang, North Sumatra, by 2029 on a land area of 13,000 m². Utility demands include water intake from the Seruwai River amounting to 655,688 kg/day, and electrical power of 592.69 kW supplied by PT PLN Medan Denai, with a backup generator provided to mitigate power outages. The fuel utilized for both generator and boiler is diesel at 1,341.86 kg/hour. The factory waste originates from production processes, laboratories, domestic activities, and utility units, with characteristics including water, ethyl acetate, lauric acid, chemicals, and organic compounds. The risk analysis results indicate that the factory falls into the low risk category. Economic evaluation indicates that a fixed capital investment of IDR 455,833,187,147, with a manufacturing cost of IDR 1,424,659,869,022. The annual sales revenue is projected to be IDR 1,897,204,438,226, resulting in a pre-tax profit of IDR 227,110,745,662 per year and an after-tax profit of IDR 170,333,059,246. The after-tax Return on Investment (ROI) for the plant is 37.36%, with a Payback Period (POT) of 2.1 years. The Break Even Point (BEP) stands at 40.59%, while the Shutdown Point (SDP) is 26.38%. These values classify the plant's feasibility as high-risk. However, the financial outlook indicates that the plant is viable for consideration and should proceed to the next stage of planning.

Keywords **:** *Economic Evaluation, Endothermic, Esterification, Glycerol, Glycerol Monolaurate, Lauric Acid, Preliminary Plant Design.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Surfaktan atau *surface active agent* merupakan salah satu senyawa kimia dengan aktivitas permukaan tinggi yang dapat menurunkan tegangan permukaan cairan karena adanya gugus hidrofilik dan hidrofobik yang dimiliki molekulnya. Berdasarkan strukturnya, bagian kepala surfaktan merupakan gugus hidrofilik yang larut dalam air dan bagian ekor surfaktan merupakan gugus lipofilik atau hidrofobik yang tidak larut dalam air tetapi larut dalam minyak (Yuan *et al*., 2014). Gugus hidrofilik dan hidrofobik yang saling berlawanan tersebut memungkinkan surfaktan dapat mencampurkan dua atau lebih senyawa secara homogen yang pada kondisi normal tidak dapat saling bercampur.

Secara umum, surfaktan dapat digunakan sebagai pelumas, antibakteri, pengemulsi, perekat, hingga pelembut kain yang aplikasinya sangat luas di berbagai sektor industri. Berdasarkan data triwulan III-2023 Badan Pusat Statistik Indonesia (2023), sektor industri pengolahan mengalami pertumbuhan ekonomi sebesar 5,2%. Dengan kenaikan pertumbuhan ekonomi tersebut, konsumsi dan produksi surfaktan semakin meningkat pula. Namun hingga saat ini, industri di Indonesia masih banyak memproduksi surfaktan sintetis yang tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu, perlu

dilakukan substitusi bahan baku surfaktan ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan penggunaan surfaktan di berbagai sektor industri.

Berdasarkan gugus hidrofiliknya, terdapat empat jenis surfaktan yaitu anionik, kationik, amfoterik, dan nonionik. Surfaktan jenis nonionik tidak menghasilkan ion dalam larutan dan memiliki gugus hidrofilik yang larut dalam air melalui ikatan hidrogen (Yuan *et al*., 2014). Gliserol monolaurat merupakan salah satu surfaktan non ionik yang aplikasinya sangat luas di berbagai sektor industri seperti pada industri farmasi, tekstil, kosmetik, cat, makanan, pestisida, pengeboran minyak bumi, dan berbagai industri lainnya. Akan tetapi, besarnya kebutuhan gliserol monolaurat tersebut tidak didukung dengan ketersediaan industri yang memproduksinya sehingga setiap tahunnya Indonesia masih harus mengimpor gliserol monolaurat dari negara lain.

Gliserol monolaurat dapat diproduksi melalui reaksi esterifikasi antara gliserol dengan asam laurat. Reaksi esterifikasi untuk sintesis monolaurat biasanya dilakukan pada suhu tinggi. Katalis asam yang digunakan dapat menurunkan suhu reaksi. Pada kondisi reaksi yang optimal dengan perbandingan mol antara asam laurat dan gliserol, serta waktu dan suhu reaksi yang tepat dapat diperoleh gliserol monolaurat dengan hasil yang maksimal (Anggoro *et al*., 2016).

Gliserol dapat diperoleh dari produk samping reaksi transesterifikasi dari proses pembuatan biodiesel. Sedangkan asam laurat adalah salah satu jenis asam lemak dengan kandungan tertinggi yang terdapat pada *Palm Kernel Oil* (PKO) (Products, 2012). Kedua bahan baku pembuatan gliserol

monolaurat tersebut dapat diperoleh dari proses ekstraksi kelapa sawit. Industri kelapa sawit merupakan salah satu sektor pertanian strategis (*agro-based industries*) di negara-negara tropis seperti Indonesia, Malaysia, dan Thailand (Batubara *et al*., 2023). Indonesia dan Malaysia menguasai sebagian besar produksi minyak kelapa sawit dunia yang secara total menghasilkan sekitar 85 – 90% dari total produksi global dan menjadikan Indonesia sebagai negara terbesar kedua penghasil *Crude Palm Oil* (CPO) (Ewaldo, 2017).

Berdasarkan fakta tersebut, secara tidak langsung dapat dipastikan bahwa jumlah ketersediaan gliserol dan asam laurat dengan nilai ekonomi rendah di Indonesia cukup melimpah. Oleh karena itu, pendirian pabrik gliserol monolaurat di Indonesia memiliki potensi besar untuk memenuhi kebutuhan gliserol monolaurat dan mengurangi penggunaan surfaktan sintetis yang tidak ramah lingkungan. Keberadaan pabrik gliserol monolaurat di Indonesia tidak hanya dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri tanpa harus melakukan impor, tetapi juga dapat meningkatkan perekonomian melalui pengolahan hasil samping industri kelapa sawit.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas produksi untuk sebuah pabrik merupakan salah satu faktor penting dalam tahap pra rancangan pabrik kimia. Kapasitas produksi pada suatu pabrik mengacu pada jumlah maksimum produk yang dihasilkan dalam jangka waktu tertentu.

Kapasitas perancangan suatu pabrik dapat ditentukan dari data proyeksi impor serta informasi mengenai pabrik yang sudah berdiri, baik di dalam maupun luar negeri.

1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku

Pada pembangunan pabrik gliserol monolaurat bahan baku utama yang digunakan yaitu gliserol dan asam laurat. Bahan baku gliserol dapat diperoleh dari beberapa perusahaan yang memproduksi gliserol dan asam laurat di Indonesia yang dapat dilihat pada Tabel 1. 1 (Kemenperin, 2024). Tabel tersebut menunjukkan bahwa mayoritas produsen gliserol dan asam laurat berlokasi di Pulau Sumatera dan Riau.

Tabel 1. 1 Data perusahaan produsen gliserol dan asam laurat di Indonesia

Nama Perusahaan	Alamat Perusahaan	Produk	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
PT Unilever Oleochemical Indonesia	Kec. Bosar Maligas, Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara	Gliserol	43.000
PT Musim Mas	Kec. Medan Belawan, Kota Medan, Sumatera Utara	Gliserol	84.000
PT Soci Mas	Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara	Gliserol	22.000
PT Wilmar Nabati Indonesia	Kec. Medang Kampai, Kota Dumai, Riau	Asam laurat	224.000

1.2.2 *Supply*

Supply adalah banyaknya barang atau jasa yang dapat diproduksi dan ditawarkan produsen untuk dijual pada berbagai tingkat harga dalam jangka waktu tertentu.

a. Impor

Data impor gliserol monolaurat di Indonesia pada tahun 2023 dapat dilihat pada Tabel 1. 2 (Genius, 2024) dan (Seair, 2024). Berdasarkan tabel tersebut, PT Musim Mas adalah perusahaan yang paling banyak melakukan impor gliserol monolaurat sebagai bahan tambahan pada produk yang mereka hasilkan.

Tabel 1. 2 Data impor gliserol monolaurat di Indonesia

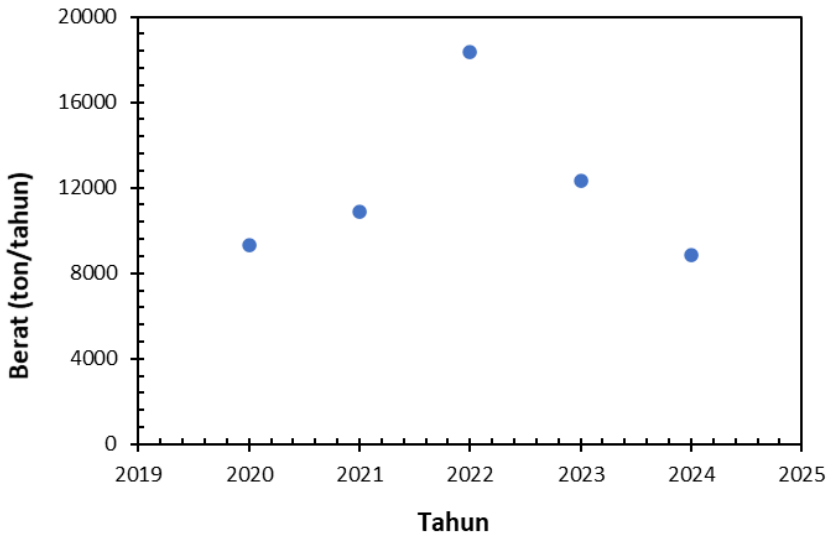
Asal Negara	Perusahaan Tujuan	Berat (kg)
Singapore	PT Musim Mas	68.003
Malaysia	PT Musim Mas	30.400
Malaysia	PT Unilever Oleochemical Indonesia	1.000
Total		99.403

Akses terhadap data spesifik terkait produk gliserol monolaurat (GML) masih terbatas, sehingga menimbulkan kendala dalam penentuan kapasitas produksi. Oleh karena itu, digunakan data pendukung berupa impor gliserol, asam laurat, garam, ester, serta turunannya. Hal ini disebabkan kode HS untuk GML belum terpisahkan secara khusus dari gliserol maupun kelompok ester dan turunannya. Sehingga digunakan data alternatif impor bahan baku beserta ester dan turunannya.

Data impor rata-rata gliserol dan asam laurat (gliserol, asam laurat, garam, ester dan turunan nya) di Indonesia pada tahun 2020 – 2024 dapat dilihat pada Tabel 1. 3 (Badan Pusat Statistik, 2024).

Tabel 1. 3 Data impor gliserol monolaurat (gliserol, asam laurat, garam, ester, dan turunannya)

Tahun ke-	Tahun	Berat (ton/tahun)	% Pertumbuhan	
1	2020	9.323,736	-	
2	2021	10.897,826	16,88%	
3	2022	18.335,489	68,25%	
4	2023	12.310,355	-32,86%	
5	2024	8.832,653	-28,25%	
Total		**59.700,059**	**Rata-rata**	**4,8%**



Gambar 1. 1 Data impor gliserol dan asam laurat di Indonesia

Berdasarkan data yang ditampilkan dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa kebutuhan impor gliserol monolaurat meningkat seiring dengan pertumbuhan industri, dengan rata-rata peningkatan pertumbuhan sebesar 4,8% selama 5 tahun terakhir. Menurut Gujarati (2013), dengan menggunakan *discounted method*, kebutuhan impor

gliserol monolaurat pada tahun 2029 dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

a) Pertumbuhan rata-rata pertahun

$$r = \frac{\%Pertumbuhan\ tahunan}{n} \qquad (1.1)$$

$$r = 4{,}8\%$$

b) Prediksi Data Produksi, Konsumsi, Ekspor dan Impor

$$Y_t = Y_0\,(1 + r)^t \qquad (1.2)$$

Keterangan:

Y_t = nilai kebutuhan pada tahun ke-n (ton/tahun)

Y_0 = nilai besarnya impor pada tahun terakhir (ton)

r = rata-rata kenaikan impor (%)

t = selisih tahun terakhir dengan tahun ke-n

Sehingga perkiraan kebutuhan impor gliserol monolaurat pada tahun 2029 sebesar:

$$Y_t = 8.832{,}653(1 + 4{,}8\%)^{(2029-2024)}$$

$$Y_t = 11.166\ \frac{ton}{tahun}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, kebutuhan impor gliserol monolaurat pada tahun 2029 diperkirakan sebesar 11.166 ton/tahun. Pabrik gliserol monolaurat yang akan didirikan berikut ditujukan untuk memenuhi 90% kebutuhan impor di Indonesia yaitu sebesar 10.049 ton/tahun. Sehingga kapasitas pabrik gliserol monolaurat sebesar

10.000 ton/tahun dianggap dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan meminimalisir impor gliserol monolaurat pada tahun 2029 di Indonesia.

b. Produksi

Berdasarkan informasi yang didapatkan dari website resmi Kemenperin (2024), belum terdapat pendirian pabrik gliserol monolaurat di Indonesia. Sehingga tidak ada data produksi gliserol monolaurat di Indonesia.

Berdasarkan kedua data diatas mengenai impor dan produksi gliserol monolaurat di Indonesia maka dapat disimpulkan bahwa:

Supply = Impor + Produksi

= 10.000 + 0

= 10.000 ton/tahun

1.2.3 Demand

a. Ekspor

Data ekspor gliserol monolaurat dari Indonesia tercatat pada website Zauba (2024) pada tahun 2022. Data ekspor gliserol monolaurat dapat dilihat pada Tabel 1. 4.

Tabel 1. 4 Data ekspor gliserol monolaurat

Tahun	Jumlah (Kg)
2022	42.140

b. Konsumsi

Berdasarkan data yang diterbitkan dalam website resmi Badan Pusat Statistik Indonesia dan badan kemnperin hingga saat ini tidak tercatat adanya data mengenai konsumsi gliserol monolaurat di dalam negeri.

Akan tetapi terdapat data konsumsi gliserol monolaurat di dunia yang dikutip dari website Zauba (2024). Data konsumsi tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.5

Tabel 1. 5 Data konsumsi gliserol monolaurat

Tahun	Jumlah (Kg)
2020	382.048
2021	283.312
2022	321.833
2023	77.205
2024	473.219

Jika diasumsikan bahwa konsumsi gliserol monolaurat pada data diatas tetap hingga tahun 2029 maka, jumlah konsumsi gliserol monolaurat di dunia yaitu sebesar 1.537.617 kg/tahun. Setelah data *supply* dan *demand* gliserol monolaurat terpenuhi, maka dapat dilakukan perhitungan peluang kapasitas pabrik, dimana:

Peluang = *Demand – Suply*

= (Ekspor + Konsumsi) − (Impor + Produksi)

= 1.579,76 ton/tahun − 10.000 ton/tahun

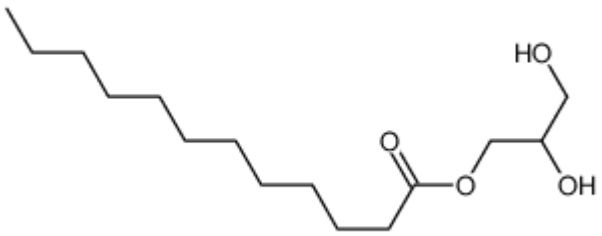
= − 8420,24 ton/tahun

Nilai kebutuhan impor yang tinggi berdampak pada perhitungan peluang pendirian pabrik yang menunjukkan hasil minus. Pendirian pabrik gliserol monolaurat di Indonesia tetap memiliki potensi strategis, karena dapat mengurangi ketergantungan pada impor dan menstabilkan pasokan dalam negeri. Hal tersebut diharapkan dapat membantu memenuhi kebutuhan industri secara lokal, sekaligus mengurangi defisit yang disebabkan oleh impor dari gliserol monolaurat. Dengan mempertimbangkan konsumsi gliserol monolaurat di dunia membuka peluang ekspor dari Indonesia untuk memenuhi kebutuhan konsumsi dunia sekaligus menambah pendapatan devisa negara. Dari data peluang yang telah dihitung sebelumnya maka dengan demikian pemilihan kapasitas pabrik gliserol monolaurat dari gliserol dan asam laurat yaitu sebesar 10.000 Ton/Tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Gliserol Monolaurat (GML)

Gliserol monolaurat (GML) adalah monoester asam lemak yang memiliki sifat antimikroba dan antiinflamasi yang juga dimiliki oleh salah satu bahan baku pembuatannya yaitu asam laurat (Schlievert & Kilgore, 2019). Gambar 1. 2 merupakan struktur kimia gliserol monolaurat yang tersusun dari gugus hidroksil gliserol yang bereaksi dengan asam laurat untuk membentuk senyawa ester berupa monolaurin atau gliserol monolaurat (ChemSrc, 2024).



Gambar 1. 2 Struktur kimia gliserol monolaurat

Gliserol monolaurat dapat dibuat dari reaksi esterifikasi antara asam laurat dengan gliserol yang biasa dilakukan pada suhu tinggi. Pada reaksi esterifikasi gliserol monolaurat, tingkat keasaman atau pada hal berikut adalah penggunaan katalis asam sangat berpengaruh terhadap konversi pembuatan GML. Semakin tinggi tingkat keasaman, akan berpengaruh terhadap penurunan suhu reaksi dan diikuti oleh berkurangnya energi aktivasi yang dapat mempercepat proses pembentukan gliserol monolaurat (Pada dkk., 2015).

Gliserol monolaurat merupakan salah satu surfaktan natural atau alami dan termasuk jenis surfaktan nonionik yang sangat luas aplikasinya di berbagai sektor industri. GML dimanfaatkan dalam pembuatan salep atau krim untuk meningkatkan penyerapan bahan aktif melalui kulit. Pada industri kosmetik, GML digunakan sebagai pengemulsi dan pengawet dalam pembuatan pelembab, lotion, dan produk perawatan rambut yang dapat meningkatkan stabilitas dan memberikan perlindungan antimikroba. Dalam penggunaannya, gliserol monolaurat memiliki kemampuan untuk menghambat mikroorganisme, terutama bakteri dan virus serta dapat digunakan

sebagai agen antimikroba yang efektif pada konsentrasi rendah berkisar antara 1 – 5% (Widiyarti dkk., 2010). Pada konsentrasi yang lebih tinggi yaitu 10 – 20%, GML digunakan sebagai emulsifier yang mampu mengontrol viskositas dan tekstur produk pangan serta mengurangi pembentukan kristal dalam produk yang mengandung lemak. Selain itu, penggunaan gliserol monolaurat pada konsentrasi 1 – 5% dapat membantu menenangkan peradangan dan mengurangi jumlah bakteri penyebab jerawat.

Gliserol monolaurat merupakan jenis pengemulsi monogliserida yang memiliki nilai yodium maksimum 0,5 serta nilai saponifikasi dalam rentang 200 – 206. GML dengan kemurnian tinggi memiliki sifat antimikroba terhadap beragam mikroorganisme kecuali mikroorganisme gram negatif. Tabel 1. 6 menampilkan data standar kualitas GML yang layak untuk diperdagangkan (Hangzhou Keying Chem, 2023).

Tabel 1. 6 Standar mutu gliserol monolaurat

Indeks	Standar
Warna	Putih hingga kuning muda
Bentuk	Padatan bubuk
Kelembaban, %	Maksimal 2
Arsen, ppm	< 2
Logam berat, ppm	<20
Nilai keasaman, mg KOH/g	<20
Nilai saponifikasi, mg KOH/g	190 – 210

1.3.2 Pemilihan Proses Produksi

Proses pembuatan gliserol monolaurat dapat dilakukan melalui dengan esterifikasi maupun transesterifikasi. Dengan menggunakan bahan baku asam laurat dan gliserol, berikut beberapa pertimbangan dalam pemilihan proses produksi pembuatan gliserol monolaurat dengan reaksi esterifikasi:

a. ***Enzymatic esterification***

Esterifikasi enzimatik dari asam laurat dengan gliserol menggunakan bioenzim berbasis lipase dapat menghasilkan gliserol monolaurat dengan konversi yang besar. Beberapa jenis enzim lipase yang dapat digunakan yaitu Lipozyme IM-20, Novozyme 235, dan Novozyme 435, sedangkan enzim lipase natural yang dapat digunakan seperti *Candida antartica* Lipase B (CALB) dan *Carica papaya* lipase.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Khandara *et al*. (2024), Lipase komersial seperti Lipozyme IM-20 dan lipase alami seperti CALB efektif dalam sistem bebas pelarut maupun pelarut organik. Sistem bebas pelarut memberikan efisiensi tinggi dengan menghindari masalah pemisahan pelarut. Penelitian menunjukkan bahwa lipase CALB L menunjukkan konversi tertinggi sebesar 78,8% dalam proses gliserolisasi asam laurat. Teknologi mikroreaktor juga menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi reaksi esterifikasi enzimatik dengan

Novozym 435 yang menghasilkan konversi laurat sebesar 87% dalam waktu singkat.

Gliserol monolaurat dapat diperoleh dari reaksi esterifikasi antara asam laurat dan gliserol dengan menggunakan biokatalis Lipozyme IM-20 menggunakan reaktor batch terbuka. Pada sistem tanpa menggunakan solvent dengan suhu reaksi 55℃ dapat menghasilkan konversi lebih dari 70% dengan menggunakan konsentrasi enzim Lipozyme IM-20 yang rendah antara 3 – 5,8% (w/w). Pada kondisi suhu yang sama dengan 3% konsentrasi Lipozyme IM-20 dapat menghasilkan produk berupa 45,5% monolaurin, 26,8% dilaurin, 3,1% trilaurin, dan 24,6% asam laurat setelah reaksi selama 6 jam. Enzim tersebut dapat digunakan kembali untuk 2 kali sintesis monolaurin dengan mempertahankan performa yang sama (Pereira *et al*., 2004).

Katalis enzimatik, seperti lipase, yang digunakan dalam proses esterifikasi asam laurat dengan gliserol untuk menghasilkan gliserol monolaurat memiliki keuntungan seperti kondisi operasional ringan, tanpa produk sampingan, serta ramah lingkungan.

b. Esterifikasi dengan katalis homogen

Katalis homogen merupakan jenis katalis yang berada pada fase yang sama dengan reaktan selama proses reaksi kimia. Beberapa jenis katalis homogen yang digunakan dalam proses

sintesis GML yaitu H_2SO_4, $ZrCl_2.H_2O$, hidroksida ganda berlapis Mg-Al-CO_3, serta asam hidrobromat yang digabungkan dengan pelarut eutektik yang berbasis asam borat ataupun asam organik seperti asam p-toluena sulfonat (PTSA) dapat menghasilkan GML dengan yield dan selektivitas yang tinggi (Khandara *et al*., 2024).

Asam mineral merupakan bahan yang umum digunakan sebagai katalis homogen karena dapat menghasilkan selektivitas yang baik. Akan tetapi dalam sintesis GML, penggunaan H_2SO_4 yang sangat asam menghasilkan yield dan selektivitas yang lebih rendah jika dibandingkan dengan katalis homogen lainnya. Sedangkan sintesis GML melalui esterifikasi yang menggunakan katalis padat homogen *Layered Double Hydroxide* (LDH) yang larut dalam asam laurat dengan suhu yang tinggi dapat meningkatkan reaktivitas dan hasil produk GML.

Menurut Khandara (2024), terdapat beberapa contoh katalis homogen yang dapat digunakan dalam reaksi esterifikasi pembentukan gliserol monolaurat dengan parameter dan hasil berbeda yang ditampilkan pada Tabel 1. 7.

Tabel 1. 7 Perbandingan penggunaan katalis homogen

Katalis	Waktu (jam)	Suhu (K)	Kadar katalis (%wt)	M[a)]	Y[b)] GML (%)	S[c)] GML (%)	X[d)] L (%)
H_2SO_4	6	403	5	1:1	31,05	–	59,29
$ZrCL_2.8H_2O$	3	373	8	5:1	53	74	72
LDH Mg-Al-CO_3	4	453	2	3:1	–	55	–
TPAB:$B(OH)_3$	8	423	20	4:1	76,4	85,7	92
$[CDIH_2]_{1/2}H_3SiW_{12}O_{40}$	1,5	423	4	5:1	76	87	87

[a)] M: rasio molaritas antara gliserol dan asam laurat

[b)] Y: yield GML

[c)] S: selektivitas GML

[d)] X: konversi asam laurat

Pada sintesis menggunakan katalis homogen waktu reaksi sangat mempengaruhi hasil produk yang dihasilkan, semakin lama reaksi berlangsung akan menghasilkan produk samping yang tidak diinginkan, seperti dilaurat dan trilaurat dari hasil esterifikasi antara GML dan sisa reaktan dan katalis. Hal tersebut dapat menurunkan selektivitas GML.

Menurut Khandara (2024), penggunaan katalis homogen memiliki keunggulan seperti reaktivitas yang tinggi, selektivitas yang lebih baik, proses yang lebih cepat, serta kemudahan dalam pengendalian reaksi yang lebih mudah karena katalis dan reaktan tercampur sempurna. Sedangkan kekurangan dari penggunaan katalis homogen yaitu sifatnya yang sangat sensitif terhadap perubahan suhu, tekanan, dan kondisi operasi lainnya yang sulit digunakan pada skala industri. Pemisahan produk dari campuran

reaksi juga masih menjadi sebuah tantangan dalam proses pemurnian GML yang menghasilkan banyak limbah berdampak buruk bagi lingkungan.

c. Esterifikasi dengan katalis heterogen

Proses sintesis gliserol monolaurat menggunakan katalis heterogen umum digunakan pada reaksi esterifikasi antara gliserol dan asam laurat. Katalis heterogen dipilih karena ramah lingkungan, tidak larut dalam campuran reaktan, dapat digunakan kembali dan lebih mudah dipisahkan dari produk jika dibandingkan dengan katalis homogen.

Katalis heterogen memiliki karakteristik untuk menyesuaikan kemampuan dengan sifat-sifat bahan untuk menghasilkan produk yang diinginkan dengan maksimal dan mengurangi terbentuknya produk yang tidak diinginkan. Karakteristik katalis heterogen seperti luas permukaan, ukuran pori, tingkat keasaman, dan komposisi logam dapat meningkatkan selektivitas, efisiensi, serta mempercepat waktu reaksi. Beberapa jenis katalis heterogen yang dapat digunakan pada proses esterifikasi GML yaitu silika mesopori, zeolit, resin, dan katalis berbasis tanah lempung. Dengan adanya katalis heterogen tersebut dapat meningkatkan selektivitas, yield, dan nilai konversi dari produk yang dihasilkan.

Proses reaksi esterifikasi menggunakan katalis heterogen akan menghasilkan GML dan air sebagai hasil samping dengan persamaan reaksi berikut.

$$C_{12}H_{24}O_2 + C_3H_8O_3 \rightarrow C_{15}H_{30}O_4 + H_2O \quad (1.3)$$

Katalis heterogen dengan basis mesopori memiliki karakteristik luas permukaan yang besar, bentuk pori yang terstruktur, serta fleksibel dan stabil secara termal maupun kimia. Katalis heterogen dengan basis bahan mesopori yaitu silika mesopori, zeolit, SBA-15, MCM-41, dan karbon mesopori. Salah satu contoh katalis mesopori yaitu katalis *organosilica hollow nanosphere* (HNS) dengan sintesis gugus alkil asam arenesulfonat dapat meningkatkan penyerapan asam laurat, menghambat reaksi balik, mencegah terbentuknya gliserol dilaurat dengan hasil selektivitas GML sebesar 54,8% dalam kondisi optimal dengan rasio gliserol dan asam laurat sebesar 3:1 dengan waktu reaksi 30 menit. Katalis berbasis silika mesopori memiliki aktivitas tinggi karena luas permukaan yang besar dengan ukuran pori yang dapat disesuaikan. Sehingga mendukung proses esterifikasi GML.

Katalis heterogen zeolit seperti zeolit Y, zeolit H-Beta, *modernite*, H-Y umumnya digunakan dalam proses esterifikasi GML. Mordernite memiliki saluran 1D sedangkan zeolit H-Y dan H-Beta memiliki saluran 3D dengan pori lebih besar. Rasio Si/Al

mempengaruhi tingkat keasaman dan hidrofobisitas. Berdasarkan hasil uji zeolit H-Beta dan zeolit Y memiliki selektivitas yang lebih besar jika dibandingkan *modernite*, hal tersebut dapat disebabkan karena struktur pori zeolit H-Beta dan zeolit Y adalah 3D yang mendukung difusi molekul dengan diameter yang besar. Katalis SBA-15 merupakan material mesopori dengan struktur pori heksagonal yang terstruktur, memiliki stabilitas termal yang baik. Berbagai katalis berbasis SBA-15 seperti HSO_3-SBA15, SZ-SBA-15, HPW/ Cs SBA-15, HPW/ Mg SBA-15 dan HPW/ Ca SBA-15 telah digunakan dalam proses esterifikasi asam laurat dengan gliserol.

Katalis berbasis resin penukar ion adalah bahan multifungsi untuk berbagai aplikasi. Khususnya resin asam kationik seperti Amberlyst-31 yang efektif untuk esterifikasi asam laurat dengan gliserol dengan konversi mencapai 65% dan selektivitas GML sebesar 83% dengan waktu reaksi 4 jam. Hasil tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan katalis berbasis mesopori hal tersebut dapat disebabkan oleh rantai hidrokaron asam laurat yang lebih kecil sehingga memudahkan difusi dalam fase gel resin sehingga memungkinkan penyerapan efisien dan menghasilkan monolaurat dengan cepat.

Katalis berbasis tanah liat juga memiliki banyak keunggulan antara lain memiliki porositas yang fleksibel,

ketersediaannya melimpah, tingkat keasaman tinggi, tidak korosif, dapat digunakan kembali serta ramah lingkungan. Penambahan kation organik seperti *cetyltrimethylammonium* (CTA) dan *tetra-n-butylammonium* (TBA) dapat meningkatkan aktivitas katalitik tanah liat. Katalis heterogen lainnya yang umum digunakan pada sintesis GML yaitu AlZrMMS-H, asam hetropoli (HPA), dan asam silikotungstat ($H_4SiW_{12}O_{40}$).

Menurut hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Khandara (2024), terdapat beberapa contoh katalis heterogen yang dapat digunakan dalam reaksi esterifikasi pembentukan gliserol monolaurat dengan parameter dan hasil berbeda yang ditampilkan pada Tabel 1. 8.

Tabel 1. 8 Perbandingan penggunaan katalis heterogen

Katalis	**Waktu (jam)**	**Suhu (K)**	**Kadar katalis (%wt)**	**M[a)]**	**Y[b)] GML (%)**	**S[c)] GML (%)**	**X[d)] L (%)**
Zeolit Beta	24	373	5	1:1	20	65	33
Zeolit Y CBV 712 20%wt Cs-HPW/ SBA-15	7	413	15	8:1	60	65	98
Dealuminate Zeolit Y	4	403	–	7,5:1	90,75	–	–
HB400	10	373	5	1:1	59,5	10	32,5
Zr-MCM-41 (30% I)	6	433	5	4:1	56,5	57,2	98,8
STA/MCM-41	5	433	–	6:1	84	64	–
10% PO4-8% Nb_2O_5/MCM-41 HSO_3SBA-15	5	373	10	1:1	89	93	96
Mt10H	24	373	5	1:1	70	–	95,5
20% (DMBPSH)HSO_4/SG	0,75	418	2	4:1	80,3	84,3	95,3
$Ag_2H_2SiW_{12}O_{40}$	5	423	4	4:1	76,2	83,7	91

[a)] M: rasio molar gliserol dan asam laurat

[b] Y: yield GML

[c] S: selektivitas GML

[d] X: konversi asam laurat

Berdasarkan hasil penelitian dari beberapa jurnal Khandara (2024), didapatkan perbandingan kondisi operasi dari ketiga proses dalam reaksi esterifikasi pembentukan gliserol monolaurat yang dapat dilihat pada Tabel 1. 9.

Tabel 1. 9 Perbandingan penggunaan katalis dan hasil reaksi esterifikasi gliserol monolaurat

Parameter	**Enzimatik**	**Katalis Homogen**	**Katalis Heterogen**
Jenis katalis	Novozym 235	TPAB:$B(OH)_3$	20% (DMBPSH)HSO_4/SG
Suhu reaksi (°C)	58	150	145
Waktu reaksi (jam)	0,33	8	0,75
Yield GML (%)	79,72	76,4	80,3
Selektivitas GML (%)	90,13	85,7	84,3
Konversi asam laurat (%)	88,45	92	95,3

Setelah melakukan perbandingan penggunaan katalis pada proses esterifikasi pembuatan GML dengan hasil yang ditampilkan pada Tabel 1.9, maka dipilih proses pembuatan GML dengan reaksi esterifikasi menggunakan katalis heterogen 20% (DMBPSH)HSO_4/SG. Pemilihan katalis tersebut berdasarkan yield dan selektivitas terhadap GML yang dihasilkan dengan

konversi asam laurat menjadi GML yang besar. Penggunaan katalis heterogen membutuhkan waktu reaksi yang singkat dan suhu reaksi yang tidak terlalu tinggi. Selain itu, katalis heterogen 20% (DMBPSH)HSO_4/SG dapat digunakan kembali sebanyak 6 kali untuk reaksi esterifikasi GML dengan kondisi reaksi yang sama dengan tetap menghasilkan spesifikasi produk yang sesuai juga menjadi pertimbangan dalam memilih katalis tersebut.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat dari reaksi yang dipilih yaitu eksotermis atau endotermis serta untuk mengetahui arah dari reaksi yaitu *reversible* atau *irreversible*. Tinjauan termodinamika dapat diketahui dengan melihat harga enthalpi yang dibutuhkan selama reaksi. Reaksi esterifikasi pembentukan gliserol monolaurat adalah sebagai berikut:

$$C_{12}H_{24}O_2 + C_3H_8O_3 \rightarrow C_{15}H_{30}O_4 + H_2O$$

Pada penentuan sifat dari reaksi yang dipilih, dapat dilakukan dengan menghitung panas reaksi, sedangkan untuk menentukan arah reaksi dapat dilakukan dengan perhitungan energi Gibbs pada kondisi operasi.

a. Enthalpi Reaksi (ΔH_r)

Enthalpi reaksi merupakan salah satu jenis reaksi yang paling sering digunakan karena menggambarkan panas yang terlibat dalam

perubahan selama berlangsungnya reaksi kimia. Dalam penentuan nilai $\Delta H_{r,}$ diperlukan data enthalpi pembentukan ($\Delta H°_f$) pada kondisi standar (P = 1 bar dan T = 25 °C atau 298,15 K) untuk setiap gugus yang terlibat dalam reaksi kimia.

Menurut Lapuerta *et al*. (2010), untuk menentukan estimasi nilai enthalpi pembentukan standar senyawa organik yang spesifik, dapat dihitung dengan metode Joback menggunakan data enthalpi pembentukan standar tiap gugus pada Tabel 1. 10.

Tabel 1. 10 Harga enthalpi pembentukan standar tiap gugus

Gugus	**ΔH^0_f (kJ/mol)**
$-CH_3$	−76,45
$-CH_2-$	−20,64
−COO−	−337,92
=CH−	37,97
−OH	−208,04
=O	−247,61
−O−	−132,22

Perhitungan estimasi enthalpi pembentukan standar dengan menggunakan metode Joback:

$$\Delta H°_{f\,(298{,}15\ K)} = 68{,}29 + \sum_i n_i . i \qquad (1.\ 4)$$

Sehingga, enthalpi pembentukan standar gliserol monolaurat ($C_{15}H_{30}O_4$) yaitu:

$\Delta H°_{f\,(298{,}15\ K)}$=68,29+[($-CH_3$)+12($-CH_2-$)+(−COO−)+(=CH−)+2(−OH)]

= 68,29 + [(−76,45) + 12(−20,64) + (−337,92) + (37,97) + 2(−208,04)]

$= -971{,}87$ kJ/mol

Tabel 1. 11 Enthalpi pembentukan standar senyawa

Senyawa	**$\Delta H°_f$ (kJ/mol)**
Asam laurat	−775,6
Gliserol	−669,6
Gliserol Monolaurat	−971,87
Air	−285,83

Pada Tabel 1. 11 merupakan nilai enthalpi pembentukan standar senyawa yang didapatkan menurut Pubchem (2025) dan hasil perhitungan pendekatan nilai enthalpi pembentukan standar gliserol monolaurat menggunakan metode Joback. Berdasarkan data tersebut, dapat dilakukan perhitungan enthalpi reaksi pembentukan gliserol monolaurat menggunakan rumus:

$$\Delta H_r = \sum \Delta H°_f \text{ produk} - \sum \Delta H°_f \text{ reaktan} \qquad (1.\ 5)$$

Sehingga, enthalpi reaksi standar gliserol monolaurat yaitu:

$\Delta H_r = \sum (\Delta H°_f \text{ gliserol monolaurat} + \Delta H°_f \text{ air}) - \sum (\Delta H°_f \text{ asam laurat} + \Delta H°_f \text{ gliserol})$

$= [(-971{,}87) + (-285{,}83)] - [(-775{,}6) + (-669{,}6)]$

$\Delta H_r = 187{,}5$ kJ/mol

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai enthalpi reaksi standar pembentukan gliserol monolaurat sebesar 187,5 kJ/mol atau 187.500 J/mol dengan nilai positif, yang artinya reaksi tersebut bersifat endotermis yang merupakan reaksi yang menyerap panas atau membutuhkan panas tambahan untuk membantu reaksi.

b. Energi Gibbs ($\Delta G°_r$)

Energi Gibbs merupakan suatu ukuran usaha muai non volume maksimum yang dapat dicapai oleh sistem tertutup pada suhu dan tekanan yang konstan. Dalam penentuan nilai $\Delta G_{r,}$ berdasarkan Chemeo (2025) Tabel 1. 12 merupakan data energi Gibbs pembentukan ($\Delta G°_f$) pada kondisi standar (P = 1 bar dan T = 25 ℃ atau 298,15 K) untuk setiap senyawa yang terlibat dalam reaksi pembentukan gliserol monolaurat.

Tabel 1. 12 Energi Gibbs senyawa

Komponen	**$\Delta G°_f$ (kJ/mol)**
Asam Laurat	−215,58
Gliserol	−438,52
Gliserol Monolaurat	−434,58
Air	−228,80

Untuk menentukan nilai $\Delta G°_r$ reaksi dapat menggunakan data pada Tabel 1. 12 menggunakan rumus:

$$\Delta G°_r = \sum \Delta G°_f \text{ produk} - \sum \Delta G°_f \text{ reaktan} \qquad (1.\ 6)$$

Sehingga, besar energi Gibbs dalam pembentukan gliserol monolaurat yaitu:

$\Delta G°_r = \sum (\Delta G°_f$ gliserol monolaurat + $\Delta G°_f$ air) – $\sum (\Delta G°_f$ asam laurat + $\Delta G°_f$ gliserol)

= [(−434,58) + (−228,80)] – [(−215,58) + (−438,52)]

= −9,28 kJ/mol

Berdasarkan hasil perhitungan energi Gibbs tersebut, diperoleh bahwa energi Gibbs bernilai −9,28 kJ/mol atau −9.280 J/mol. Hasil

tersebut menunjukkan bahwa energi Gibbs yang diperoleh bernilai negatif, yang artinya reaksi pembentukan gliserol monolaurat tersebut merupakan reaksi yang berlangsung spontan.

Untuk menentukan arah reaksi termasuk reaksi *reversible* atau *irreversible* dapat dilakukan dengan cara membandingkan nilai konstanta kesetimbangan pada kondisi standar dengan kondisi reaksi menggunakan rumus:

$$\Delta G° = - RT \ln K \quad (1.7)$$

$$-\ln K_{(298{,}15\,K)} = \frac{\Delta G^{\circ}}{RT}$$

$$-\ln K_{(298{,}15\,K)} = \frac{-9.280\ \text{J/mol}}{8{,}314 \frac{J}{mol.K}\ x\ 298{,}15\ K}$$

$$\ln K_{(298{,}15\,K)} = 3{,}74$$

$$K = 42{,}25$$

Menghitung nilai konstanta kesetimbangan pada suhu reaksi (K_2) yaitu 145 °C atau 418,15 K menggunakan rumus berikut:

$$-\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta Hr}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right) \quad (1.8)$$

$$-\ln \left(\frac{K_2}{42{,}25}\right) = \frac{187.500\ \text{J/mol}}{8{,}314 \frac{J}{mol.K}}\left(\frac{1}{418{,}15\ K} - \frac{1}{298{,}15\ K}\right)$$

$$-ln\ \left(\frac{K_2}{42{,}25}\right) = -\ 21{,}707$$

$$\left(\frac{K_2}{42{,}25}\right) =\ e^{21{,}707}$$

$$\left(\frac{K_2}{42{,}25}\right) = 2{,}67 \times 10^9$$

$$K_2 = 1{,}13\ x\ 10^{11}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai konstanta kesetimbangan pada kondisi reaksi (K_2) lebih besar dari 1 sehingga reaksi tersebut berjalan secara spontan. Selain itu, karena nilai $K_2 > K_1$ maka dapat disimpulkan bahwa reaksi tersebut merupakan reaksi endotermis dimana semakin tinggi suhu reaksi maka nilai K yang dihasilkan akan semakin besar sehingga reaksi pembentukan GML merupakan reaksi yang tidak dapat berbalik membentuk reaktan kembali atau reaksi satu arah *(irreversible)*.

Selain melakukan perhitungan untuk menentukan nilai K, penentuan arah reaksi juga dibuktikan berdasarkan percobaan Han *et al*. (2019), pada reaksi esterifikasi gliserol dan asam laurat menjadi gliserol monolaurat dengan menggunakan katalis 20% (DMBPSH)HSO_4/SG yang hasil percobaan tersebut menunjukkan bahwa reaksi pembentukan GML merupakan reaksi satu arah *(irreversible)*.

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika ditujukan untuk mengetahui konstanta kecepatan reaksi (k) yang menunjukkan hubungan antara laju reaksi dengan perubahan konsentrasi reaktan atau pereaksi. Harga kecepatan reaksi sangat bergantung pada pengaruh suhu reaksi. Hal tersebut sesuai dengan persamaan Arhenius:

$$k = A\ e^{\frac{-Ea}{RT}} \quad (1.9)$$

Berdasarkan persamaan tersebut, semakin tinggi suhu suatu reaksi, maka akan semakin besar nilai konstanta kecepatan reaksi dan semakin cepat pula reaksi tersebut berjalan.

Berdasarkan percobaan Han *et al*. (2019), pada reaksi esterifikasi gliserol dan asam laurat menjadi gliserol monolaurat pada berbagai variasi suhu dan waktu operasi menghasilkan konstanta kecepatan reaksi yang berbeda. Pada Tabel 1. 13 merupakan nilai konstanta kecepatan reaksi pada berbagai suhu dengan rasio gliserol/asam laurat sebesar 4,1 mol/mol dan 2 wt% katalis 20% (DMBPSH)HSO_4/SG.

Tabel 1. 13 Nilai konstanta kecepatan reaksi berbagai variasi suhu

Suhu (°C)	**k**	**R^2**
130	0,04395	0,9879
135	0,04856	0,9896
140	0,05409	0,9892
145	0,061736	0,9915

Menurut hasil di Tabel 1. 13, pada reaksi esterifikasi pembentukan gliserol monolaurat didapatkan hasil yang paling optimal jika menggunakan suhu operasi sebesar 145 °C karena menghasilkan nilai konstanta kecepatan reaksi yang paling besar yaitu sebesar 0,06173 L/mol.menit.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk, Bahan Baku, dan Bahan Pendukung

Tabel 2. 1 Spesifikasi produk, bahan baku, dan bahan pendukung

Sifat Fisis	Bahan Baku		Produk		Bahan Pendukung
	Gliserol	**Asam Laurat**	**Gliserol Monolaurat**	**Air**	**Etil Asetat**
Rumus Molekul	$C_3H_8O_3$	$C_{12}H_{24}O_2$	$C_{15}H_{30}O_4$	H_2O	$C_4H_8O_2$ atau $CH_3COOC_2H_5$
Berat Molekul (g/mol)[b)]	92,09	200,32	274,4	18,01	88,11
Fasa	Cair	Padat (*powder*)	Padat (*powder*)	Cair	Cair
Warna	Transparan	Putih	Putih kekuningan	Transparan	Transparan
Specific gravity [a)]	1,2588	0,873	0,9764	1	0,898
Titik didih (°C)[a)]	290	225	397,4	100	77,1
Titik beku (°C) [a)]	18,18	43,8	60	0	
Titik leleh (°C) [a)]	20	44	60	1	−83,8
Titik kritis (°C) [a)]	449,85	449	710	374	250,55
Tekanan kritis (bar) [a)]	40	22	17,08	220,6	30,88
Kemurnian (%berat)	99,7% gliserol (0,3% air)[c)]	99% asam laurat (1% asam miristat)[e)]	99% GML (1% gliserol)	–	–
Densitas (g/cm^3)[f)]	1,257	0,883	1,05	1,027	0,9
Viskositas (cP)[f)]	749,338	1,133	14,7	0,911	0,423
Kapasitas Panas (J/mol.K)[f)]	260,94	439,816	447,70	75,55	170,66
Konduktivitas (W/m.K)[f)]	0,2916	−139,655	–	0,607	0,12
ΔH_f (kJ/mol)[f)]	−669,6	−775,6	−971,87	−285,83	−480,57
ΔG (kJ/mol)[f)]	−438,52	−215,58	−434,58	−237,13	−327,60
Solubility in water (kg/L)[d)]	5,296	0,00000481	0,000085	*soluble*	0,08

Sumber:

[a)] Chemeo (2025)

[b)] ChemSrc (2024)

[c)] Mas (2025)

[d)] pubchem (2025)

[e)] Wilmar (2025)

[f)] Yaws (1999)

2.2 Pengendalian Kualitas

Untuk memastikan produk gliserol monolaurat yang dihasilkan memiliki spesifikasi dan kualitas yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, dibutuhkan suatu sistem pengendalian kulitas yang kompleks. Pengendalian kualitas ini mencakup beberapa aspek yaitu pengendalian terhadap bahan baku, proses produksi, waktu produksi, serta pengendalian terhadap kualitas produk akhir.

2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku bertujuan untuk memastikan bahan yang digunakan memiliki karakteristik yang sesuai dengan standar mutu yang telah ditetapkan. Sebelum masuk ke dalam proses produksi bahan baku akan melewati serangkaian pengujian sehingga spesifikasinya telah sesuai dengan standar mutu yang telah ditetapkan, agar bahan baku yang masuk ke dalam proses produksi dapat

menghasilkan produk dengan kualitas yang optimal. Bahan baku yang digunakan dalam proses produksi GML yaitu gliserol dan asam laurat.

2.2.2 Pengendalian Proses Produksi

Pengendalian kualitas proses produksi menjadi salah satu aspek penting. Pada pengendalian kualitas proses melibatkan pemantauan berbagai parameter operasional seperti suhu, tekanan, kecepatan laju alir, serta komposisi bahan dalam proses. Tujuan dari pengendalian kualitas proses yaitu untuk memastikan bahwa proses berlangsung sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan. Kesalahan dalam suatu proses akan memberikan dampak pada kualitas produk akhir yang dihasilkan.

Proses pengendalian kualitas dalam produksi gliserol monolaurat di pabrik dapat menggunakan sistem kontrol otomatis ataupun kontrol secara manual. Kontrol otomatis berpusat di ruang kendali dan dilakukan oleh beberapa operator. Sistem kontrol ini mencakup pemantauan aliran seperti *level control* dan *flow control*. Selain itu, dilakukan juga beberapa pengendalian terhadap kondisi operasi seperti *temperature control* dan *pressure control* yang diterapkan baik pada bahan baku hingga proses terbentuknya produk.

Berikut ini merupakan beberapa alat kontrol yang digunakan dalam proses produksi GML yang perlu disesuaikan pada kondisi tertentu:

a. *Flow Controller* (FC)

Flow controller merupakan perangkat atau sistem yang digunakan untuk mengatur dan mengontrol laju aliran fluida dalam suatu proses industri. *Flow controller* bertujuan untuk memastikan bahwa aliran fluida tetap berada dalam batas (*set point*) yang diinginkan sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan. *Flow controller* bekerja dengan menangkap sinyal 32ertical32 pada *flow sensor* untuk mendeteksi dan mengukur besarnya laju alir fluida. Kemudian sinyal tersebut akan diteruskan ke *controller* untuk memproses data dari sensor dan diteruskan ke *control valve* untuk memberikan perintah agar *control valve* dapat mengatur besar dan kecilnya aliran berdasarkan sinyal yang diterima dari sistem kontrol.

b. *Level Controller* (LC)

Level controller merupakan suatu alat pengendali yang pada umumnya dipasang pada bagian atas tangki yang berfungsi untuk mengatur level ketinggian dari cairan yang berada di dalam tangki tersebut. Dengan mekanisme yang sama dengan FC, pada LC juga dilengkapi dengan *level sensor* untuk membaca ketinggian tangki setiap detiknya dan kemudian akan diproses oleh alat kendali jika hasilnya tidak sesuai dengan *set point*. *Control valve* pada LC memiliki fungsi yang sama yaitu untuk mengatur jumlah cairan yang masuk atau keluar tangki yang jumlahnya disesuaikan dengan hasil bacaan dari *level sensor.*

c. *Temperature Controller* (TC)

Temperature controller adalah suatu alat pengendali yang berfungsi untuk mengatur suhu pada suatu aliran atau suatu alat tertentu yang terdapat pada industri. Rangkaian alat TC memiliki mekanisme yang sama seperti alat kontrol lainnya yang dilengkapi juga dengan sensor suhu dan *control valve* yang biasanya dipasang pada aliran pemanas atau pendingin tambahan. Rangkaian TC sangat dibutuhkan pada industri kimia terutama untuk reaksi yang sangat bergantung pada suhu proses.

2.2.3 Pengendalian Waktu Produksi

Pengendalian waktu pada proses produksi dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan produk akhir sesuai 33ertical33r yang telah ditetapkan dengan kualitas yang baik. Pada setiap proses produksi sangat mempertimbangkan efisiensi dari proses yang dilakukan guna mendapatkan hasil yang optimal, seperti waktu reaksi dan waktu penyimpanan bahan maupun produk.

2.2.4 Pengendalian Kualitas Produk Akhir

Pengendalian kualitas pada produk akhir di suatu industri sangat diperlukan karena bertujuan untuk menjaga mutu atau kualitas standar dari produk yang dihasilkan. Untuk menghasilkan produk yang berkualitas baik maka harus dilakukan dengan menjaga kualitas dari bahan baku yang digunakan yang berpengaruh terhadap kualitas akhir dari produk tersebut. Selain itu, perlu dilakukan pula pengawasan dan

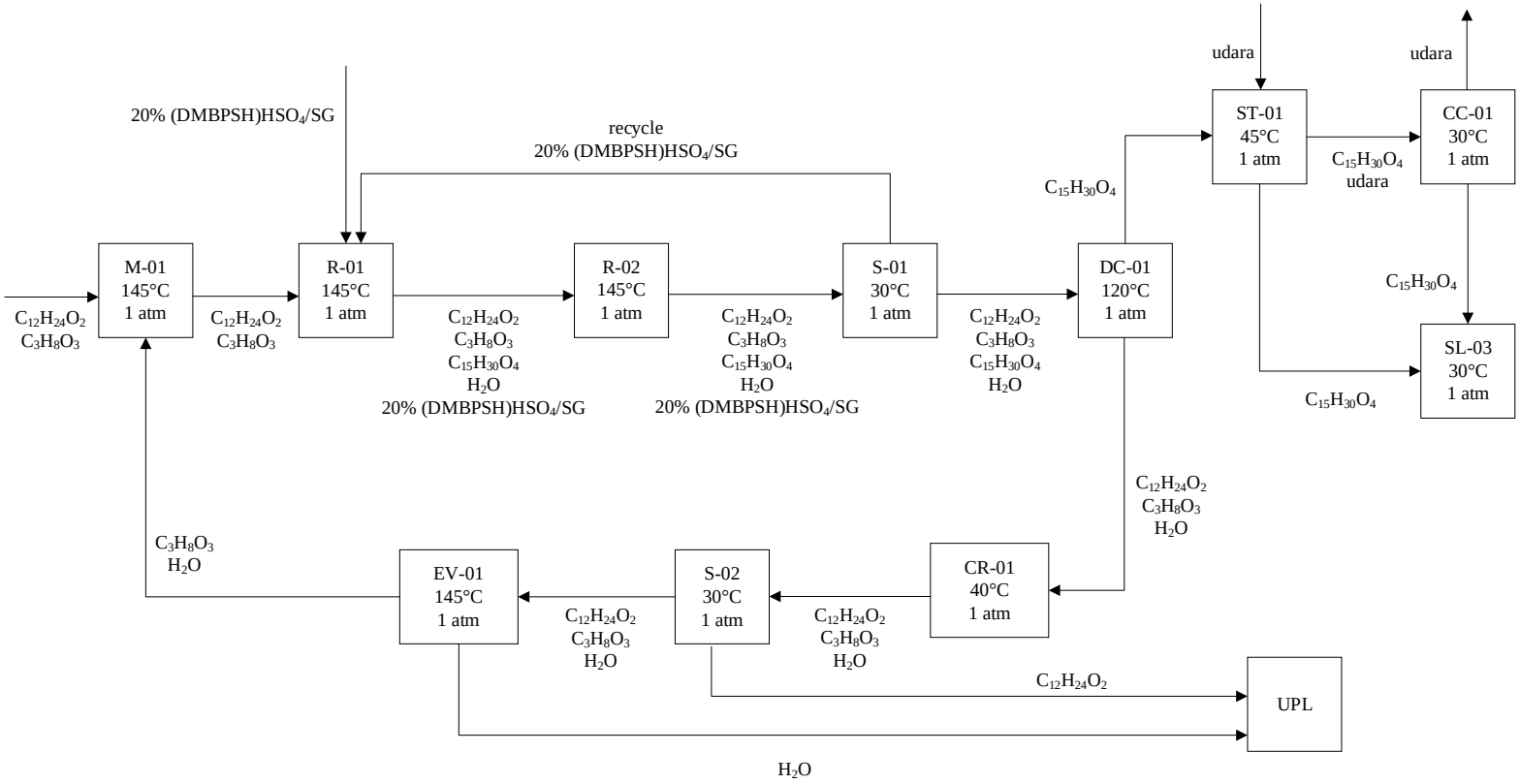
juga pengendalian selama proses produksi dimulai dari pengelolaan bahan baku, proses reaksi untuk menghasilkan produk, pengujian mutu pada hasil akhir, dan juga proses pengemasan hingga proses produk tersebut dipasarkan. Pengendalian selama proses produksi ini dapat terus dipantau dengan melakukan uji pada laboratorium sesuai dengan kriteria yang diinginkan maupun menggunakan rangkaian alat kontrol tertentu sesuai dengan yang telah ditetapkan untuk mendapatkan produk akhir dengan kualitas yang baik.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

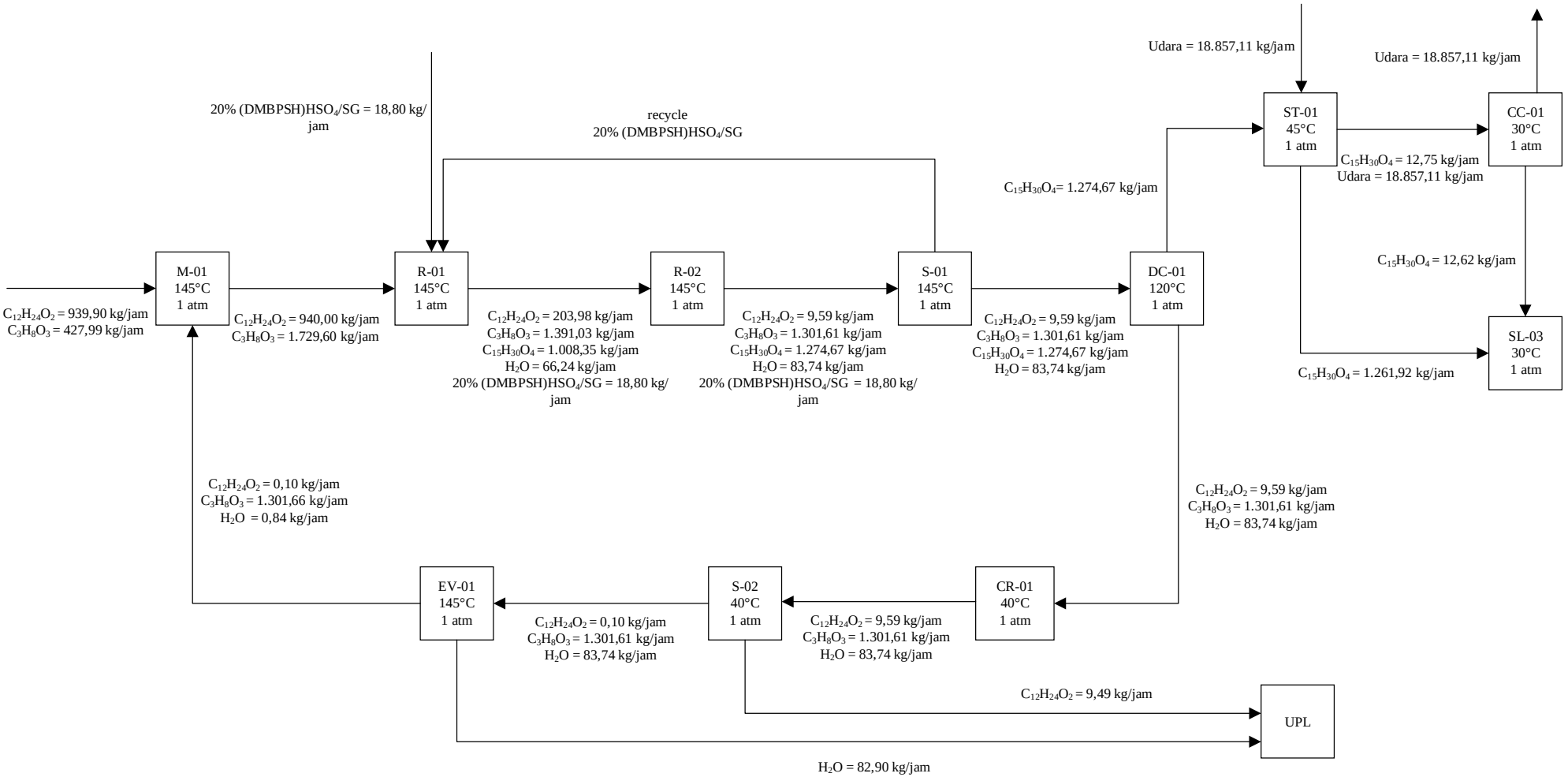
3.1 Diagram Alir

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram alir kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram alir kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Proses pembuatan gliserol monolaurat dilakukan dengan mereaksikan bahan baku asam laurat dengan gliserol menggunakan bantuan katalis heterogen yaitu 20% (DMBPSH)HSO_4/SG untuk membantu menurunkan energi aktivasi sehingga dapat mempercepat proses reaksi hingga membentuk produk. Gliserol monolaurat terbentuk melalui reaksi esterifikasi yang berlangsung pada suhu 145°C dengan tekanan 1 atm. Proses pembuatan gliserol monolaurat secara umum dibagi menjadi 3 tahap utama yaitu:

a. Persiapan bahan baku
b. Proses reaksi
c. Pemurnian produk

3.2.1 Persiapan Bahan Baku

Asam laurat dan gliserol disimpan pada tangki penyimpanan dengan suhu 25°C pada tekanan 1 atm. Asam laurat berfase padat diangkut melalui *screw conveyor* (SC-01) untuk mengubah fasenya menjadi cair terlebih dahulu dilelehkan pada suhu 145°C di *heating tank* (HT-01). Sedangkan gliserol cair dialirkan menuju *heater* (HE-01) untuk dinaikkan suhunya menjadi 145°C sesuai dengan suhu operasi reaktor sehingga dapat memaksimalkan proses reaksi selanjutnya dan mengurangi beban pompa yang akan mengalirkan menuju *mixer*.

Setelah mencapai suhu reaksi optimal, asam laurat dan gliserol di pompa menuju *mixer* (M-01) untuk kemudian dilakukan pencampuran hingga terbentuk campuran yang homogen. Kedua bahan yang telah

homogen kemudian dialirkan menggunakan pompa menuju ke reaktor untuk dilakukan proses esterifikasi. Katalis 20% (DMBPSH)HSO_4/SG yang berupa padatan akan masuk ke reaktor bersamaan dengan reaktan untuk meningkatkan efektivitas reaksi.

3.2.2 Proses Reaksi

Pada tahap ini, proses pembuatan gliserol monolaurat dari asam laurat dan gliserol berlangsung di dalam reaktor dengan menggunakan bantuan katalis 20% (DMBPSH)HSO_4/SG yang dipilih untuk mempercepat terbentuknya produk utama. Proses reaksi berjalan pada 145°C dan tekanan 1 atm dengan sifat reaksi endotermis *irreversible.* Untuk menjaga suhu pada reaktor tetap pada 145°C, maka reaktor dilengkapi dengan jaket pemanas. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor tersebut adalah:

$$C_{12}H_{24}O_2 + C_3H_8O_3 \rightarrow C_{15}H_{30}O_4 + H_2O \qquad (3.\ 1)$$

$$Asam\ Laurat + \text{Gliserol} \rightarrow Gliserol\ Monolaurat + Air$$

Reaksi esterifikasi tersebut dilakukan dalam dua reaktor seri dengan jenis reaktor alir tangki berpengaduk. Pada reaktor pertama (R-01) proses reaksi berlangsung dengan konversi sebesar 78,3% terhadap asam laurat sebagai *limiting reactant*, sedangkan pada reaktor kedua (R-02) dengan konversi 95,3%.

Hasil dari reaksi yang terjadi di dalam reaktor adalah campuran antara gliserol monolaurat dan air yang masih tercampur dan berfase cair. Selain itu, terdapat sisa reaktan gliserol yang dibuat berlebih atau

sebagai *excess reactant* untuk memastikan seluruh asam laurat habis bereaksi.

3.2.3 Pemurnian Produk

Tahap pemurnian produk merupakan tahap mengolah *output* dari R-02 yang meliputi tahap pemisahan dan penyesuaian fase dengan produk yang diinginkan yaitu berupa padatan (*powder*). Sebelum dilakukan proses untuk mendapatkan produk dengan kemurnian yang tinggi, terlebih dahulu dilakukan filtrasi menggunakan *screener* (S-01) dengan tujuan untuk memisahkan katalis padat 20% $(DMBPSH)HSO_4$/SG dari produk sehingga katalis tersebut dapat digunakan kembali pada tahap reaksi berikutnya. Katalis yang telah dipisahkan kemudian dibawa menggunakan *screw conveyor* (SC-03) menuju *washing tank* (WT-01) untuk dicuci dengan etil asetat sebelum digunakan kembali di R-01.

Campuran cairan yang telah dipisahkan dari katalis padat kemudian dipompa menuju *cooler* (CL-01) untuk diturunkan suhunya menjadi 120°C kemudian dipisahkan menggunakan *decanter* (DC-01) Prinsip kerja *decanter* adalah memisahkan campuran cairan dengan adanya perbedaan berat jenisnya, untuk menghasilkan *output* atas berupa gliserol monolaurat dan produk bawah berupa campuran sisa asam laurat, gliserol, dan air yang saling melarut. GML sebagai produk atas kemudian di pompa menuju *spray cooling chamber* (ST-01) untuk menghasilkan produk berbentuk padatan berukuran 80 mesh dengan

bantuan udara pendingin dari lingkungan. Produk GML padatan yang terbentuk kemudian dibawa dengan SC-05 menuju silo penyimpanan GML (SL-03). Sedangkan GML yang ikut terbawa udara akan dipisahkan di *cyclone* (CC-01) kemudian dibawa oleh SC-06 menuju SL-03 dan dilakukan pengemasan untuk pemasaran.

Hasil bawah DC-01 kemudian masuk ke dalam *crystallizer* (CR-01) dengan suhu 40°C untuk mengubah fase asam laurat menjadi padatan dan memudahkannya untuk dipisahkan dari gliserol dan air menggunakan *screener* (S-03). Gliserol dan air yang telah terpisah dengan asam laurat kemudian dipisahkan untuk mendapatkan gliserol yang lebih murni dengan menguapkan air menggunakan evaporator (EV-01) dengan bantuan *steam* hingga mencapai suhu 144,4°C. Gliserol yang telah dipisahkan tersebut kemudian dipompa kembali menuju M-01 untuk di-*recycle.*

3.2.4 Perencanaan Produksi

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahan baku terhadap kebutuhan untuk memenuhi kapasitas pabrik. Bahan baku asam laurat diperoleh dari PT Wilmar Nabati Indonesia yang berlokasi di Kota Dumai, Provinsi Riau. Sedangkan bahan baku gliserol diperoleh dari PT Musim Mas yang berlokasi di Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara. Katalis yang digunakan dalam proses pembuatan gliserol monolaurat yaitu katalis 20% (DMBPSH)HSO_4/SG di impor dari Jinan Mtl Chemical Co., Ltd.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Alat Proses

a. *Mixer*

Tabel 3. 1 Spesifikasi *mixer*

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	*Mixer*	
Kode Alat	M-01	
Jumlah Alat	1	
Fungsi	Mencampurkan gliserol dan asam laurat sebelum masuk ke reaktor (R-01)	
Jenis Alat	Tangki silinder tegak dengan *head* dan *bottom* berbentuk *torispherical* berpengaduk	
Bahan Konstruksi	*Stainless Steel* SA-167 *Grade* 11 *Type* 316	
Harga ($)	16.876,84	
DATA DESAIN		
Tekanan (atm)	1	
Suhu (°C)	145	
Volume (m^3)	3,064	
DIMENSI *MIXER*		
	Shell	*Head*
Diameter (m)	1,362	1,362
Tinggi (m)	2,724	0,3
Tebal (in)	0,188	0,0063
Volume (m^3)	2,971	0,093
Tinggi Total *Mixer* (m)	2,737	
DIMENSI PENGADUK		
Jenis *Impeller*	*flat six blade turbine with disk*	
Jumlah Pengaduk	1	
Tinggi Pengaduk (m)	1,77	
Diameter Pengaduk (m)	0,262	
Jumlah *Baffle* (buah)	4	
Tinggi *Baffle* (m)	1,48	
Lebar *Baffle* (m)	0,077	
Jumlah Turbin	2	
Kecepatan Putar (rpm)	1322,313	
Power Pengaduk (Hp)	8,339	

b. Reaktor 1

Tabel 3. 2 Spesifikasi reaktor 1

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	Reaktor 1	
Kode Alat	R-01	
Fungsi	Mereaksikan gliserol dengan asam laurat untuk menghasilkan gliserol monolaurat	
Jenis Alat	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)	
Bahan Konstruksi	*Stainless steel* SA-167 *Grade* 11 *Type* 316	
Mode Operasi	Kontinyu	
Harga ($)	214.109,17	
DATA DESAIN		
Tekanan (atm)	1	
Suhu (°C)	145	
Volume (m^3)	4,255	
DIMENSI REAKTOR		
	Shell	*Head*
Diameter (m)	1,362	0,681
Tinggi (m)	2,724	0,286
Tebal (in)	0,1875	0,1875
Volume (m^3)	3,967	0,214
Tinggi total tangki (m)	3,295	
DIMENSI PENGADUK		
Jenis *Impeller*	*flat six blade turbine with disk*	
Jumlah Pengaduk	1	
Tinggi Pengaduk (m)	1,771	
Diameter Pengaduk (m)	0,454	
Jumlah *Baffle* (buah)	4	
Tinggi *Baffle* (m)	1,430	
Lebar *Baffle* (m)	0,077	
Jumlah Turbin	2	
Kecepatan Putar (rpm)	186,987	
Power Pengaduk (Hp)	7,5	
JAKET PEMANAS		
Bahan Jaket Pemanas	*Stainless Steel* SA 167 *Grade* 11 *type* 316	
Tinggi Jaket (m)	1,994	
Tebal Jaket (in)	0,5	
Luas Tranfer Panas (m^2)	4,039	

c. Reaktor 2

Tabel 3. 3 Spesifikasi reaktor 2

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	Reaktor 2	
Kode Alat	R-02	
Fungsi	Mereaksikan gliserol dengan asam laurat untuk menghasilkan gliserol monolaurat	
Jenis Alat	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)	
Bahan Konstruksi	*Stainless steel* SA-167 *Grade* 11 *Type* 316	
Mode Operasi	Kontinyu	
Harga ($)	214.109,17	
DATA DESAIN		
Tekanan (atm)	1	
Suhu (°C)	145	
Volume (m^3)	4,255	
DIMENSI REAKTOR		
	Shell	*Head*
Diameter (m)	1,362	0,681
Tinggi (m)	2,724	0,286
Tebal (in)	0,1875	0,1875
Volume (m^3)	3,967	0,214
Tinggi Total Tangki (m)	3,295	
DIMENSI PENGADUK		
Jenis *Impeller*	*Flat six blade turbine with disk*	
Jumlah Pengaduk	1	
Tinggi Pengaduk (m)	1,771	
Diameter Pengaduk (m)	0,454	
Jumlah *Baffle* (buah)	4	
Tinggi *Baffle* (m)	1,430	
Lebar *Baffle* (m)	0,077	
Jumlah Turbin	2	
Kecepatan Putar (rpm)	178,491	
Power Pengaduk (Hp)	7,5	
JAKET PEMANAS		
Bahan Jaket Pemanas	*Stainless Steel* SA 167 *Grade* 11 *Type* 316	
Tinggi Jaket (m)	1,994	
Tebal Jaket (in)	0,5	
Luas Tranfer Panas (m^2)	0,358	

d. *Spray Cooling Chamber*

Tabel 3. 4 Spesifikasi *spray cooling chamber*

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	*Spray Cooling Chamber*	
Kode Alat	ST-01	
Fungsi	Mendinginkan GML dengan udara sehingga GML cair berubah fasa menjadi padatan	
Jenis Alat	Tangki silinder 44ertical dengan *conis*	
Bahan Konstruksi	*Stainless Steel* SA-167 *Grade* 10 *Type* 310	
Harga ($)	507.564,68	
Volume Tangki (m^3)	8,225	
KONDISI OPERASI		
Tekanan (atm)	1	
Suhu (°C)	*Input* bahan	120
	Output produk	45
	Input udara	30
	Output udara	40
DIMENSI *SPRAY COOLING CHAMBER*		
	Silinder	*Conis*
Diameter (m)	2,886	–
Tinggi (m)	11,544	2,394
Tebal silinder (in)	0,1875	0,25
Tinggi total (m)	13,938	
DIMENSI *NOZZLE*		
Inlet bahan	ID, in	7,981
	OD, in	8,625
	Schedule number	40
Outlet bahan	ID, in	7,981
	OD, in	8,625
	Schedule number	40
Inlet udara	ID, in	28,75
	OD, in	30
	Schedule number	30
Outlet udara	ID, in	28,75
	OD, in	30
	Schedule number	30
Diameter *atomizer* (in)		21,674
Tebal *atomizer* (in)		3,25

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung

a. Tangki Pemanas (*Heating Tank*)

Tabel 3. 5 Spesifikasi *heating tank*

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	*Heating Tank*	
Kode Alat	HT-01	
Fungsi	Memanaskan asam laurat dari silo bahan baku yang berbentuk padatan menjadi fase cair sebelum dialirkan menuju *mixer*	
Jenis Alat	Tangki silinder tegak dengan *torispherical dishead head* berpengaduk dan dilengkapi dengan jaket pemanas	
Bahan Konstruksi	*Stainless Steel Type* 316	
Harga ($)	12.2161,39	
DATA DESAIN		
Tekanan (atm)	1	
Suhu (°C)	145	
Volume (m^3)	1,727	
DIMENSI TANGKI		
	Shell	*Head*
Diameter (m)	1,006	0,503
Tinggi (m)	2,013	0,227
Tebal (in)	0,1875	0,1875
Volume (m^3)	1,601	0,086
Tinggi Total (m^3)	2,466	0,227
DIMENSI PENGADUK		
Jenis *Impeller*	*flat six blade turbine with disk*	
Jumlah Pengaduk	1	
Tinggi Pengaduk (m)	1,308	
Diameter Pengaduk (m)	0,335	
Jumlah *Baffle* (buah)	4	
Tinggi *Baffle* (m)	1,186	
Lebar *Baffle* (m)	0,08	
Jumlah Turbin	2	
Kecepatan Putar (rpm)	232,687	
Power Pengaduk (Hp)	3	
JAKET PEMANAS		
Bahan Jaket Pemanas	*Stainless steel* SA 167 *grade* 11 *type* 316	
Tinggi Jaket (m)	1,789	
Tebal Jaket (in)	0,25	
Luas Tranfer Panas (m^2)	2,112	

b. *Decanter*

Tabel 3. 6 Spesifikasi *decanter*

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	*Decanter*	
Kode Alat	DC-01	
Fungsi	Memisahkan GML dari gliserol dan asam laurat	
Jenis Alat	Tangki silinder horizontal dengan *head* berbentuk *torispherical*	
Bahan Konstruksi	*Stainless steel* SA 299 *Grade* 3 *Type* 304	
Harga ($)	171.161,39	
DATA DESAIN		
Tekanan (atm)	1	
Suhu (°C)	120	
Volume (m^3)	0,479	
DIMENSI DECANTER		
	Shell	*Head*
Diameter (m)	0,6	0,3
Panjang (m)	1,764	0,16
Tebal (in)	0,1875	0,1875
Panjang Total (m)	2,078	

c. *Screener* 1

Tabel 3. 7 Spesifikasi *screener* 01

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	*Screener*
Kode Alat	S-01
Fungsi	Memisahkan katalis padatan dari *output* R-02 untuk kemudian dicuci di WT-01
Jumlah Alat	1
Jenis Alat	*Vertical* silinder *screener* dengan *torispherical head*
Bahan Konstruksi	*Stainless Steel* ASME 167 - *Grade* 11 *Type* 316
Waktu Tinggal (jam)	0,016
Harga ($)	44.333,19

Tabel 3. 8 Spesifikasi *screener* 01 (lanjutan)

DATA DESAIN		
Tekanan (atm)	1	
Suhu (°C)	30	
Volume (m^3)	2,893	
DIMENSI *SCREENER*		
	Shell	*Head*
Diameter (m)	1,349	0,675
Tinggi (m)	2,024	0,311
Tebal (in)	0,313	0,313
Tinggi Total (m)	2,645	
Ukuran *Mesh*	50	
Luas Penyaring (m^2)	8,575	

d. *Washing Tank*

Tabel 3. 9 Spesifikasi *washing tank*

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	*Washing Tank*	
Kode Alat	WT-01	
Fungsi	Tempat untuk mencuci katalis padat menggunakan etil asetat, agar katalis dapat digunakan kembali	
Jenis Alat	Silinder tegak dengan *head* dan *bottom* berbentuk *torispherical*	
Bahan Konstruksi	*Stainless Steel Type* 310	
Harga ($)	9.823,83	
DATA DESAIN		
Tekanan (atm)	1	
Suhu (°C)	30	
Volume (m^3)	0,229	
DIMENSI TANGKI		
	Shell	*Head*
Diameter (m)	0,505	0,275
Tinggi (m)	1,099	0,152
Tebal (in)	0,1875	0,1875
Volume (m^3)	0,204	0,012
Tinggi Total (m^3)	1,108	

Tabel 3. 10 Spesifikasi *washing tank* (lanjutan)

DIMENSI PENGADUK	
Jenis *Impeller*	*Pitch blade turbine with 4 blades at 45°*
Jumlah Pengaduk	1
Diameter (m)	0,106
Jumlah Turbin	2
Kecepatan Putar (rpm)	2680,458
Power Pengaduk (Hp)	0,75

e. *Screener* 2

Tabel 3. 11 Spesifikasi *screener* 02

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	*Screener*	
Kode Alat	S-02	
Fungsi	Memisahkan katalis padatan dari *output* WT-01 untuk kemudian digunakan kembali pada R-01	
Jumlah Alat	1	
Jenis Alat	*Vertical* silinder *screener* dengan *torispherical head*	
Bahan Konstruksi	*Stainless steel* ASME 167 - *Grade* 11 *Type* 316	
Waktu Tinggal (jam)	0,016	
Harga ($)	13.854,12	
DATA DESAIN		
Tekanan (atm)	1	
Suhu (°C)	30	
Volume (m^3)	0,05	
DIMENSI *SCREENER*		
	Shell	*Head*
Diameter (m)	0,349	0,175
Tinggi (m)	0,524	0,114
Tebal (in)	0,1875	0,1875
Tinggi Total (m)	0,751	
Ukuran *Mesh*	50	
Luas Penyaring (m^2)	0,574	

f. *Cyclone*

Tabel 3. 12 Spesifikasi *cyclone*

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	*Cyclone*
Kode Alat	CC-01
Fungsi	Memisahkan padatan GML yang terbawa udara pendingin dari SCC
Jenis Alat	*Duclone collector*
Bahan Konstruksi	*Carbon Steel*
Kapasitas, m^3/jam	17.101,898
Harga ($)	21.285
DATA DESAIN	
Tekanan (atm)	1
Suhu (°C)	40

DIMENSI TANGKI	
Lebar saluran masuk, m	0,395
Tinggi saluran masuk, m	0,79
Diameter pipa gas keluar, m	0,79
Jarak *outlet* pipa gas dari dinding atas, m	0,197
Tinggi silinder, m	3,158
Diameter badan *cyclone*, m	1,579
Tinggi kerucut, m	3,158
Diameter pipa padatan keluar, m	0,395

g. *Crystallizer*

Tabel 3. 13 Spesifikasi *crystallizer*

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	*Crystallizer*
Kode Alat	CR-01
Fungsi	Untuk mengkristalkan asam laurat agar dapat dipisahkan dari gliserol dan air
Jenis Alat	Tangki silinder tegak dengan *torispherical head* dan *conis* 60° dilengkapi pengaduk
Bahan Konstruksi	*Stainless steel Type* 316
Harga ($)	269.274

Tabel 3. 14 Spesifikasi *crystallizer* (lanjutan)

DATA DESAIN		
Tekanan (atm)	1	
Suhu (°C)	40	
Volume (m^3)	22,768	
DIMENSI TANGKI		
	Shell	*Head*
Diameter (m)	2,578	1,289
Tinggi (m)	5,156	0,637
Tebal (in)	0,25	0,3125
Tinggi Total (m)	6,393	
DIMENSI PENGADUK		
Jenis *Impeller*	*Axial turbine with 4 blades at 45° angle*	
Jumlah Pengaduk	1	
Diameter (m)	0,496	
Jumlah turbin	3	
Kecepatan (rpm)	1.027,994	
Power Pengaduk (Hp)	125	
JAKET PENDINGIN		
Bahan Konstruksi	*Stainless steel Type* 316	
Luas Transfer Panas (m^2)	7,132	
Tinggi Jaket (m)	6,461	
Tebal (in)	0,25	

h. *Screener* 03

Tabel 3. 15 Spesifikasi *screener* 03

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	*Screener*
Kode Alat	S-03
Fungsi	Memisahkan *output Crystallizer* (CR-01) (asam laurat padat dengan gliserol dan air)
Jenis Alat	*Vertical* silinder *screener* dengan *torispherical head*
Bahan Konstruksi	*Stainless Steel* ASME 167 *Grade* 11 *Type* 316
Waktu tinggal (jam)	0,016
Harga ($)	28.400

Tabel 3. 16 Spesifikasi *screener* 03 (lanjutan)

DATA DESAIN		
Tekanan (atm)	1	
Suhu (°C)	30	
Volume (m^3)	1,421	
DIMENSI *SCREENER*		
	Shell	*Head*
Diameter (m)	1,065	0,533
Tinggi (m)	1,597	0,114
Tebal (in)	0,3125	0,3125
Tinggi Total (m)	2,107	
Ukuran *Mesh*	100	
Luas penyaring (m^2)	5,228	

i. Evaporator

Tabel 3. 17 Spesifikasi evaporator

IDENTIFIKASI			
Nama Alat	Evaporator		
Kode Alat	E-01		
Fungsi	Menguapkan air untuk menghasilkan gliserol yang lebih murni sebagai *recycle*		
Jenis Alat	*Long tube vertical evaporator*		
Bahan Konstruksi	*Stainless Steel* ASME 167 *Grade* 3 *Type* 304		
Harga ($)	323.935		
KONDISI OPERASI			
	Shell	*Tube*	
Jenis Fluida	*Hot fluid*	*Cold fluid*	
Fluida	*Steam*	*Viscous solution*	
Tekanan (atm)	1	1	
Suhu (°C)	*Input*	150	40
	Output	150	144,4
DIMENSI EVAPORATOR			
Shell	ID (in)	15,25	
	Pitch (in)	1	
	Baffle Space (in)	15,25	
	Pressure drop (psi)	0,019	

Tabel 3. 18 Spesifikasi evaporator (lanjutan)

Tube	ID (in)	0,584
	OD (in)	0,75
	BWG	14
	Length (ft)	16
	Nt (buah)	92
	Pressure drop (psi)	0,0398
Rd	0,002	
DIMENSI SEPARATOR FASA		
Volume Cairan (m^3)	0,017	
Volume *Vapor* (m^3)	41,332	
Volume Total (m^3)	4,151	
Diameter (m)	1,514	
Tinggi (m)	3,029	
Tebal *Shell* (in)	0,1875	
Tebal *Head* (in)	0,25	
Tinggi Total (m)	3,325	

3.3.3 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. *Heater*

Tabel 3. 19 Spesifikasi *heater*

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	*Heater*
Kode Alat	HE-01
Fungsi	Memanaskan gliserol sebelum menuju ke *mixer* (M-01)
Jenis	*Shell and Tube heat exchanger*
Tipe	*Steam*
Bahan Konstruksi	*Carbon Steel*
Kondisi Operasi	
Suhu masuk (°C)	30
Suhu keluar (°C)	145
Tekanan (atm)	1

Tabel 3. 20 Spesifikasi *heater* (lanjutan)

Mechanical Design	
***Cold Fluid: Shell Side* - Gliserol**	
ID (in)	21,25
Baffle Spacing (in)	4,25
Passes	2
ΔPs (psi)	0,14
Hot Fluid: Tube Side - Steam	
Nt	91
Pitch (in)	1 9/16 in *triangular pitch*
Length (ft)	16
ID (in)	1,31
OD (in)	1,5
BWG	13
A" (ft^2/ft)	0,3925
ΔPt (psi)	0,004
Luas Transfer Panas (ft^2)	571,48
Ud (Btu/jam. ft^2.°F)	14,928
Rd (jam. ft^2.°F/Btu)	0,06
Harga ($)	39.421

b. ***Cooler***

Tabel 3. 21 Spesifikasi *cooler*

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	*Cooler*	
Kode Alat	CL-01	
Fungsi	Menurunkan temperatur *output* reaktor (R-02) dari 145°C menjadi 120°C sebelum masuk ke *Decanter* (DC-01)	
Jenis	*Double Pipe Heat Exchanger*	
Tipe	Air pendingin	
Kondisi Operasi		
	Annulus	*Tube*
Suhu masuk (°C)	145	30
Suhu keluar (°C)	120	45
Tekanan (atm)	1	

Tabel 3. 22 Spesifikasi *cooler* (lanjutan)

Mechanical Design		
	Annulus	*Tube*
Panjang (ft)	20	20
Hairpin	1	1
ID (in)	2,067	1,38
OD (in)	2,38	1,66
Pressure drop (psi)	2,55	0,0000007
Luas Transfer Panas (ft^2)	12,44	
Rd (Btu/jam.ft.°F)	0,01	
Harga ($)	1.385	

3.3.4 Spesifikasi Alat Penyimpan Bahan Baku dan Produk

Tabel 3. 23 Spesifikasi alat penyimpanan bahan baku dan produk

Parameter	TP-01	TP-02	SL-01	SL-02	SL-03
Fungsi	Tempat penyimpanan bahan baku gliserol	Tempat penyimpanan etil asetat	Tempat penyimpanan bahan baku asam laurat	Tempat penyimpanan katalis 20%(DMBPSH)HSO_4/SG	Tempat penyimpanan produk gliserol monolaurat
Jenis	Tangki silinder vertikal dengan *cone dishead roof* dan *flat bottom*	Tangki silinder vertikal dengan *torispherical dishead roof* dan *flat bottom*	Silinder tegak dengan tutup datar dan alas berbentuk kerucut	Silinder tegak dengan tutup datar dan alas berbentuk kerucut	Silinder tegak dengan tutup datar dan alas berbentuk kerucut
Bahan Konstruksi	*Carbon Steel* 283 *Grade* C	*Carbon Steel* 283 *Grade* C	*Stainless Steel* SA167 *Grade* 3 *Type* 304	*Stainless Steel* SA167 *Grade* 3 *Type* 304	*Stainless Steel* SA167 *Grade* 3 *Type* 304
Lama Penyimpanan	14 hari	14 hari	14 hari	14 hari	14 hari
Kondisi Operasi					
Suhu (°C)	30				
Tekanan (atm)	1				
Spesifikasi					
Diameter (m)	7,62	3,048	11,159	2,83	10,9
Tinggi (m)	10,973	3,898	36,761	6,53	35,909
Volume (m^3)	699,527	25,597	773,486	12,634	720,830
Tebal (in)	0,1875	0.1875	0,3125	0,1875	0,25
Jumlah *Course*	6	2	6	2	6
Harga ($)	179.096	20.781	441.317	42.192	424.188

3.3.5 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Baku

a. Alat Transportasi Bahan Cair

Tabel 3. 24 Spesifikasi alat transportasi bahan cair

Parameter	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Fungsi	Mengalirkan asam laurat *output* HT-01 menuju *mixer* (M-01)	Mengalirkan bahan baku gliserol dari tangki penyimpanan (T-01) menuju *mixer* (M-01)	Mengalirkan *output mixer* (M-01) menuju Reaktor (R-01)	Mengalirkan *output* reaktor 1 (R-01) menuju reaktor 2 (R-02)	Mengalirkan *output* reaktor 2 (R-02) menuju *screener* (S-01)
Jenis Pompa	*Single Stage Centrifugal Pump*				
Bahan Konstruksi	*Comersial Steel*				
Kondisi Operasi					
Suhu Fluida (°C)	145	30	145	145	145
Viskositas (cP)	1,308	534,698	3,317	2,968	2,876
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas (m^3)	1,409	0,41	3,064	2,927	2,893
Pump Head (m)	2,217	1,014	2,861	2,812	1,512
Daya Motor (Hp)	15	0,75	10	10	5
Spesifikasi Pipa					
NPS (in)	1,25	2	2	2	2
Schedule Number	40	40	40	40	40
ID pipa (in)	1,38	2,067	2,067	2,067	2,067
OD pipa (in)	1,66	2,38	2,38	2,38	2,38
Flow Area (in^2)	1,5	3,35	3,35	3,35	3,35
Harga ($)	9.698	11.839	11.839	11.839	11.839

Tabel 3. 25 Spesifikasi alat transportasi bahan cair (lanjutan)

Parameter	**P-06**	**P-07**	**P-08**	**P-09**	**P-10**
Fungsi	Mengalirkan *output* R-02 menuju *decanter* (DC-01)	Mengalirkan *output* atas DC-01 menuju *Spray Cooling Chamber* (ST-01)	Mengalirkan *output* bawah DC-01 menuju *cryztallizer* (CR-01)	Mengalirkan *output cryztallizer* (CR-01) menuju *Screener* 2 (S-02)	Mengalirkan *output screener* 2 (SC-02) menuju *evaporator* (EV-01)
Jenis Pompa	*Single Stage Centrifugal Pump*				
Bahan Konstruksi	*Comersial Steel*				
Kondisi Operasi					
Suhu Fluida (°C)	145	120	120	40	40
Viskositas (cP)	2,876	1,499	8,311	265,88	267,641
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas (m^3)	2,893	1,457	1,421	1,36	1,348
Pump Head (m)	1,683	12,893	6,262	0,6	2,167
Daya Motor (Hp)	7,5	40	40	2	7,5
Spesifikasi Pipa					
NPS (in)	2	1,25	1,25	2	2
Schedule Number	40	40	40	40	40
ID pipa (in)	2,067	1,38	1,38	2,067	2,067
OD pipa (in)	2,38	1,66	1,66	2,38	2,38
Flow Area (in^2)	3,35	1,5	1,5	3,35	3,35
Harga ($)	11.839	9.698	9.698	11.839	11.839

Tabel 3. 26 Spesifikasi alat transportasi bahan cair (lanjutan)

Parameter	P-11	P-12	P-13	P-14	P-15
Fungsi	Mengalirkan *output recycle* EV-01 menuju *mixer* (M-01)	Mengalirkan etil asetat dari tangki penyimpanan menuju *washing tank* (WT-01)	Mengalirkan *output washing tank* (WT-01) menuju *screener* 3 (S-03)	Mengalirkan uap air *output* atas EV-01 menuju UPL	Mengalirkan etil asetat *output* S-02 menuju UPL
Jenis Pompa	*Single Stage Centrifugal Pump*				
Bahan Konstruksi	*Comercial Steel*				
Kondisi Operasi					
Suhu Fluida (°C)	144,4	30	30	144,4	30
Viskositas (cP)	4,475	0,400	0,400	0,815	0,400
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas (m^3)	1,326	0,051	0,076	0,097	0,076
Pump Head (m)	1,984	0,21	0,832	3,020	0,87
Daya Motor (Hp)	20	0,75	5	20	5
Spesifikasi Pipa					
NPS (in)	1	0,375	0,375	0,375	0,375
Schedule Number	40	40	40	40	40
ID pipa (in)	1,049	0,493	0,493	0,493	0,493
OD pipa (in)	1,32	0,675	0,675	0,675	0,675
Flow Area (in^2)	0,864	0,192	0,192	0,192	0,192
Harga ($)	8.565	5.919	5.919	5.919	5.919

b. Alat Transportasi Bahan Padat

Tabel 3. 27 Spesifikasi alat transportasi bahan padat

Parameter	**SC-01**	**SC-02**	**SC-03**	**SC-04**	**SC-05**	**SC-06**	**SC-07**
Fungsi	Mengangkut asam laurat dari silo penyimpanan (SL-01) menuju *Heating Tank* (HT-01)	Mengangkut katalis dari silo penyimpanan (SL-02) menuju Reaktor 1 (R-01)	Mengangkut katalis *output screener* (S-02) untuk dicuci menuju *Washing Tank* (WT-01)	Mengangkut katalis *output Screener* (S-02) untuk digunakan kembali pada Reaktor 1 (R-01)	Mengangkut hasil *output Spray Cooling Chamber* (ST-01) menuju silo penyimpanan GML (SL-03)	Mengangkut hasil *output cyclone* (CC-01) menuju silo penyimpanan GML (SL-03)	Mengangkut asam laurat *output* dari *Cryztallizer* (CR-01) menuju UPL
Jenis	*Horizontal Screw*						
Bahan Konstruksi	*Carbon Steel*						
Kondisi Operasi							
Suhu (°C)	30	25	30	25	30	30	30
Tekanan (atm)	1	1	1	1	1	1	1
Spesifikasi *Screw Conveyor*							
Diameter (in)	16	16	16	16	18	6	6
Kecepatan (rpm)	25	1	1	1	21	2	2
Power (Hp)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Harga ($)	9.800	9.800	9.800	9.800	9.000	9.800	9.000

c. Alat transportasi bahan gas

Tabel 3. 28 Spesifikasi alat transportasi bahan gas

Parameter	BL-01	BL-02
Fungsi	Menarik udara dari lingkungan sebagai bahan baku *Spray Cooling Chamber* (ST-01)	Menarik udara keluar dari *Cyclone* (CC-01)
Jenis	*Centrifugal Blower*	
Bahan Konstruksi	*Carbon Steel*	
Kapasitas (kg/jam)	18.857	18.857
Tekanan (psi)	6,678	6,671
Power Motor (Hp)	25	25
Harga ($)	200	200

3.4 Neraca Massa

Basis perhitungan neraca massa:

Kapasitas pabrik = 10.000 ton/tahun

Durasi operasi dalam 1 tahun = 330 hari

Basis operasi = 1 jam

$$= \frac{10.000\ ton}{1\ tahun}\ x\ \frac{1000\ kg}{1\ ton}\ x \frac{1\ tahun}{330\ hari}\ x \frac{1\ hari}{24\ jam}$$

= 1.262,63 kg/jam

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 29 Neraca massa total

Komponen	*Input* (kg/jam)	*Output* (kg/jam)	
	Umpan	Limbah	Produk
$C_{12}H_{24}O_2$	1029,30	10,30	0,00
$C_{14}H_{28}O_2$	11,51	11,63	0,00
$C_3H_8O_3$	713,43	259,03	0,00
$C_{15}H_{30}O_4$	0,00	125,78	1.256,42
H_2O	0,00	91,16	0,00
$C_4H_8O_2$	37,22	37,19	0,00
Total	**1.791,46**		**1.791,46**

3.4.2 Neraca Massa *Mixer* (M-01)

Tabel 3. 30 Neraca massa *mixer*

Komponen	*Input* (kg/jam)			*Output* (kg/jam)
	Arus 3	**Arus 4**	**Arus 21 (*recycle)***	**Arus 6**
$C_{12}H_{24}O_2$	0,00	1.029,30	0,09	1.029,49
$C_{14}H_{28}O_2$	0,00	11,51	0,11	11,74
$C_3H_8O_3$	713,43	0,00	1.165,65	1.893,47
$C_{15}H_{30}O_4$	0,00	0,00	0,00	0,00
H_2O	0,00	0,00	0,75	0,19
$C_4H_8O_2$	0,00	0,00	0,03	0,00
Subtotal	713,43	1.040,81	1.166,33	2.954,16
Total			**2.954,16**	**2.954,16**

3.4.3 Neraca Massa Reaktor 1 (R-01)

Tabel 3. 31 Neraca massa reaktor 1

Komponen	*Input* (kg/jam)		*Output* (kg/jam)
	Arus 6	**Arus 27 (*recycle*)**	**Arus 7**
$C_{12}H_{24}O_2$	1.029,49	0,11	223,42
$C_{14}H_{28}O_2$	11,74	0,12	11,86
$C_3H_8O_3$	1.893,47	14,39	1.537,02
$C_{15}H_{30}O_4$	0,00	13,96	1.104,46
H_2O	0,19	0,93	73,68
$C_4H_8O_2$	0,00	3,72	3,72
Subtotal	2.954,16	33,23	2.954,16
Total		**2.954,16**	**2.954,16**

3.4.4 Neraca Massa Reaktor 2 (R-02)

Tabel 3. 32 Neraca massa reaktor 2

Komponen	*Input* (kg/jam)	*Output* (kg/jam)
	Arus 7	**Arus 8**
$C_{12}H_{24}O_2$	223,42	10,50
$C_{14}H_{28}O_2$	11,86	11,86
$C_3H_8O_3$	1.537,02	1.439,07
$C_{15}H_{30}O_4$	1.104,46	1.396,17
H_2O	73,68	92,84
$C_4H_8O_2$	3,72	3,72
Subtotal	2.954,16	2.954,16
Total	**2.954,16**	**2.954,16**

3.4.5 Neraca Massa *Screener*-01 (S-01)

Tabel 3. 33 Neraca massa *screener-01*

Komponen	*Input* (kg/jam)	*Output* (kg/jam)	
	Arus 6	**Arus 9**	**Arus 23**
$C_{12}H_{24}O_2$	10,50	9,45	1,05
$C_{14}H_{28}O_2$	11,86	10,67	1,19
$C_3H_8O_3$	1.439,07	1.295,17	143,91
$C_{15}H_{30}O_4$	1.396,17	1.256,55	139,62
H_2O	92,84	83,56	9,28
$C_4H_8O_2$	3,72	3,35	0,37
Subtotal	2.954,16	2.658,74	295,42
Total	**2.954,16**		**2.954,16**

3.4.6 Neraca Massa *Washing Tank* (WT-01)

Tabel 3. 34 Neraca massa *washing tank*

Komponen	*Input* (kg/jam)		*Output* (kg/jam)
	Arus 23	**Arus 24**	**Arus 25**
$C_{12}H_{24}O_2$	1,05	0,00	1,05
$C_{14}H_{28}O_2$	1,19	0,00	1,19
$C_3H_8O_3$	143,91	0,00	143,91
$C_{15}H_{30}O_4$	139,62	0,00	139,62

Tabel 3. 35 Neraca massa *washing tank* (lanjutan)

H_2O	9,28	0,00	9,28
$C_4H_8O_2$	0,37	37,22	37,60
Subtotal	295,42	37,22	332,64
Total		**332,64**	**332,64**

3.4.7 Neraca Massa *Screener*-02 (S-02)

Tabel 3. 36 Neraca massa *screener*-02

Komponen	***Input* (kg/jam)**	***Output* (kg/jam)**	
	Arus 25	**Arus 26**	**Arus 27**
$C_{12}H_{24}O_2$	1,05	0,95	0,11
$C_{14}H_{28}O_2$	1,19	1,07	0,12
$C_3H_8O_3$	143,91	129,52	14,39
$C_{15}H_{30}O_4$	139,62	125,65	13,96
H_2O	9,28	8,36	0,93
$C_4H_8O_2$	37,60	33,87	3,72
Subtotal	332,64	299,41	33,23
Total	**332,64**		**332,64**

3.4.8 Neraca Massa *Decanter* (DC-01)

Tabel 3. 37 Neraca massa *decanter*

Komponen	***Input* (kg/jam)**	***Output* (kg/jam)**	
	Arus 10	**Arus 11**	**Arus 17**
$C_{12}H_{24}O_2$	9,45	0,00	9,45
$C_{14}H_{28}O_2$	10,67	0,00	10,67
$C_3H_8O_3$	1.295,17	0,00	1.295,17
$C_{15}H_{30}O_4$	1.256,55	1.256,55	0,00
H_2O	83,56	0,00	83,56
$C_4H_8O_2$	3,35	0,00	3,35
Subtotal	2.658,74	1.256,55	1.402,20
Total	**2.658,74**		**2.658,74**

3.4.9 Neraca Massa *Spray Cooling Chamber* (ST-01)

Tabel 3. 38 Neraca massa *spray cooling chamber*

Komponen	*Input* (kg/jam)		*Output* (kg/jam)	
	Arus 11	**Arus 12**	**Arus 14**	**Arus 13**
$C_{12}H_{24}O_2$	0,00	0,00	0,00	0,00
$C_{14}H_{28}O_2$	0,00	0,00	0,00	0,00
$C_3H_8O_3$	0,00	0,00	0,00	0,00
$C_{15}H_{30}O_4$	1.256,55	0,00	12,57	1.243,98
H_2O	0,00	0,00	0,00	0,00
$C_4H_8O_2$	0,00	0,00	0,00	0,00
Udara pendingin	0,00	16.801,69	16.801,69	0,00
Subtotal	1.256,55	16.801,69	16.814,25	1.243,98
Total		**18.058,23**		**18.058,23**

3.4.10 Neraca Massa *Cyclone* (CC-01)

Tabel 3. 39 Neraca massa *cyclone*

Komponen	*Input* (kg/jam)	*Output* (kg/jam)	
	Arus 14	**Arus 16**	**Arus 15**
$C_{12}H_{24}O_2$	0,00	0,00	0,00
$C_{14}H_{28}O_2$	0,00	0,00	0,00
$C_3H_8O_3$	0,00	0,00	0,00
$C_{15}H_{30}O_4$	12,57	0,13	12,44
H_2O	0,00	0,00	0,00
$C_4H_8O_2$	0,00	0,00	0,00
Udara pendingin	16.801,69	16.801,69	0,00
Subtotal	16.814,25	16.801,81	12,44
Total	**16.814,25**		**16.814,25**

3.4.11 Neraca Massa *Screener*-03 (S-03)

Tabel 3. 40 Neraca massa *screener*-03

Komponen	*Input* (kg/jam)	*Output* (kg/jam)	
	Arus 18	**Arus 19**	**Arus 20**
$C_{12}H_{24}O_2$	9,45	0,09	9,36
$C_{14}H_{28}O_2$	10,67	0,11	10,56
$C_3H_8O_3$	1.295,17	1.165,65	129,52

Tabel 3. 41 Neraca massa *screener*-03 (lanjutan)

$C_{15}H_{30}O_4$	0,00	0,00	0,00
H_2O	83,56	75,20	8,36
$C_4H_8O_2$	3,35	3,02	0,34
Subtotal	1.402,20	1.244,04	158,13
Total	**1.402,20**		**1.402,20**

3.4.12 Neraca Massa Evaporator (EV-01)

Tabel 3. 42 Neraca massa evaporator

Komponen	***Input* (kg/jam)**	***Output* (kg/jam)**	
	Arus 19	**Arus 21**	**Arus 22**
$C_{12}H_{24}O_2$	0,09	0,09	0,00
$C_{14}H_{28}O_2$	0,11	0,11	0,00
$C_3H_8O_3$	1.165,65	1165,65	0,00
$C_{15}H_{30}O_4$	0,00	0,00	0,00
H_2O	75,20	0,75	74,45
$C_4H_8O_2$	3,02	0,03	2,98
Subtotal	1.244,04	1166,63	77,44
Total	**1.244,04**		**1.244,04**

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas Total

Tabel 3. 43 Neraca panas total

Komponen	***Input* (kJ/jam)**	***Output* (kJ/jam)**
$C_{12}H_{24}O_2$	332.376	282.407
$C_{14}H_{28}O_2$	11.769	9.734
$C_3H_8O_3$	1.979.465	1.869.743
$C_{15}H_{30}O_4$	606.650	726.415
H_2O	108.939	160.249
$C_4H_8O_2$	2.364	2.479
Q Peleburan	0,00	168.594
Q Penguapan	0,00	155.273
Q Serap	0,00	593.530
ΔH Reaksi	375,00	0,00
Steam	1.216.913	290.427
Total	**4.258.851**	**4.258.851**

3.5.2 Neraca Panas *Heating Tank*

Tabel 3. 44 Neraca panas *heating tank*

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
$C_{12}H_{24}O_2$	10.391	220.811
$C_{14}H_{28}O_2$	0	0
$C_3H_8O_3$	0	0
$C_{15}H_{30}O_4$	0	0
H_2O	0	0
$C_4H_8O_2$	0	0
Q Peleburan	0	168.594
Steam	503.522	124.507
Total	**513.913**	**513.913**

3.5.3 Neraca Panas Reaktor 1

Tabel 3. 45 Neraca panas reaktor 1

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
$C_{12}H_{24}O_2$	261.484	56.742
$C_{14}H_{28}O_2$	3.451	3.451
$C_3H_8O_3$	671.581	541.042
$C_{15}H_{30}O_4$	0	216.555
H_2O	567	37.171
$C_4H_8O_2$	0	0
ΔH reaksi	188	0
Q serap	0	82.309
Total	**937.270**	**937.270**

3.5.4 Neraca Panas Reaktor 2

Tabel 3. 46 Neraca panas reaktor 2

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
$C_{12}H_{24}O_2$	56.742	2.667
$C_{14}H_{28}O_2$	3.451	3.451
$C_3H_8O_3$	541.042	506.565
$C_{15}H_{30}O_4$	216.555	273.750
H_2O	37.171	46.839
$C_4H_8O_2$	952	952
ΔH reaksi	188	0
Q serap	0	21.877
Total	**856.100**	**856.100**

3.5.5 Neraca Panas *Decanter*

Tabel 3. 47 Neraca panas *decanter*

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)	
		Atas	Bawah
$C_{12}H_{24}O_2$	1.878	0	1.878
$C_{14}H_{28}O_2$	2.432	0	2.432
$C_3H_8O_3$	358.510	0	358.510
$C_{15}H_{30}O_4$	195.047	195.047	0
H_2O	33.238	0	33.238
$C_4H_8O_2$	662	0	662
Subtotal	591.767	195.047	396.720
Total	**591.767**		**591.767**

3.5.6 Neraca Panas *Spray Cooling Chamber*

Tabel 3. 48 Neraca panas *spray cooling chamber*

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)	
		Atas	Bawah
$C_{12}H_{24}O_2$	0	0	0
$C_{14}H_{28}O_2$	0	0	0
$C_3H_8O_3$	0	0	0
$C_{15}H_{30}O_4$	195.047	411	40.652
H_2O	0	0	0
$C_4H_8O_2$	0	0	0
Q serap	0	153.985	0
Subtotal	195.047	154.395	40.652
Total	**195.047**		**195.047**

3.5.7 Neraca Panas *Crystallizer*

Tabel 3. 49 Neraca panas *crystallizer*

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
$C_{12}H_{24}O_2$	1.878	285
$C_{14}H_{28}O_2$	2.432	369
$C_3H_8O_3$	358.510	55.358
$C_{15}H_{30}O_4$	0	0
H_2O	33.238	5.250

Tabel 3. 50 Neraca panas *crystallizer* (lanjutan)

$C_4H_8O_2$	662	98
Q serap	0	335.360
Total	**396.720**	**396.720**

3.5.8 Neraca Panas Evaporator

Tabel 3. 51 Neraca panas evaporator

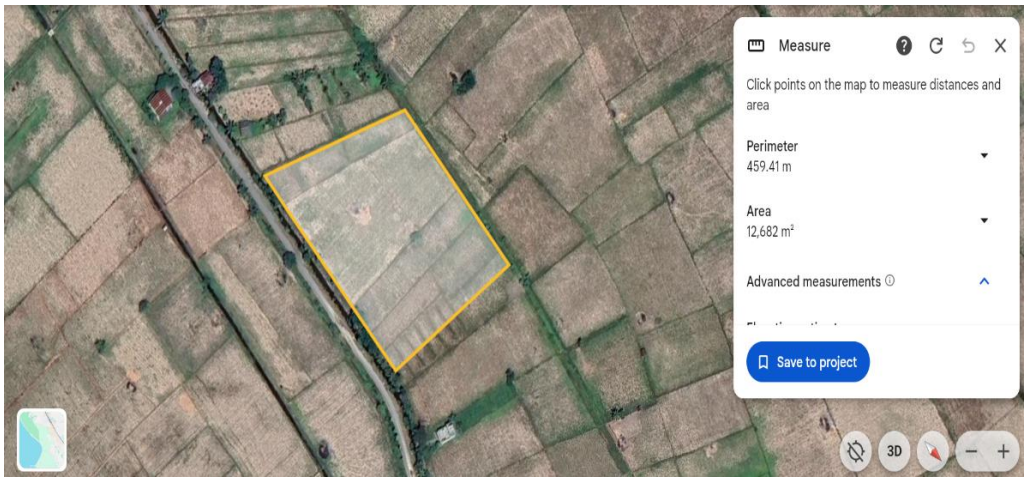
Komponen	***Input*** **(kJ/jam)**	***Output*** **(kJ/jam)**	
		Atas	**Bawah**
$C_{12}H_{24}O_2$	3	0	24
$C_{14}H_{28}O_2$	4	0	31
$C_3H_8O_3$	49.822	0	408.269
$C_{15}H_{30}O_4$	0	0	0
H_2O	4.725	37.374	378
$C_4H_8O_2$	89	759	8
Q penguapan	0,00		155.273
Steam	713.391		165.919
Subtotal	768.033	359.325	408.708
Total	**768.033**		**768.033**

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik (*Plant Location*)

Penentuan lokasi pabrik merupakan salah satu hal yang penting untuk dipertimbangkan dalam perencanaan suatu pabrik. Lokasi dari suatu pabrik sangat berpengaruh terhadap faktor ekonomi baik secara kemudahan proses produksi maupun proses distribusi produk hasil dari pabrik tersebut. Hal tersebut dapat dipertimbangkan berdasarkan kondisi geografis, ketersediaan kebutuhan selama proses produksi maupun distribusi, dan lain-lain. Berdasarkan beberapa pertimbangan dalam pemilihan lokasi, pabrik gliserol monolaurat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.



Gambar 4. 1 Lokasi pabrik gliserol monolaurat

Pemilihan lokasi pabrik di Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara didasarkan pada beberapa pertimbangan berikut:

a. Ketersediaan Bahan Baku

Pemilihan lokasi pabrik harus mempertimbangkan kemudahan memperoleh bahan baku karena berpengaruh terhadap faktor ekonomi biaya yang harus dikeluarkan untuk mendapatkan bahan baku tersebut. Bahan baku pabrik gliserol monolaurat berupa asam laurat diperoleh dari PT Wilmar Nabati Indonesia yang berlokasi di Kota Dumai, Provinsi Riau dan gliserol diperoleh dari PT Musim Mas yang berlokasi di Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara. Oleh karena itu, pemilihan lokasi pabrik di Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara dipilih karena dekat dengan lokasi pabrik bahan baku.

b. Pemasaran

Tujuan didirikannya pabrik gliserol monolaurat berikut adalah untuk memenuhi kebutuhan impor karena belum ada pabrik di Indonesia yang beroperasi untuk memproduksi produk tersebut.

c. Transportasi

Faktor transportasi dipertimbangkan dalam kemudahan pengiriman bahan baku menuju pabrik tempat diolahnya bahan tersebut. Kabupaten Deli Serdang berada dekat dengan Kota Dumai dan Kota Medan yang merupakan lokasi pabrik bahan baku berupa asam laurat dan gliserol sehingga memudahkan proses transportasi dan biaya pengiriman bahan baku tersebut. Lokasi yang dipilih tersebut juga memiliki akses jalan raya yang dapat dilalui angkutan darat untuk

kemudahan pengiriman. Selain itu, lokasi juga dekat dengan Pelabuhan Belawan dan Bandar Udara Internasional Kualanamu untuk kemudahan pengiriman bahan baku katalis yang dikirimkan dari China.

d. Utilitas

Utilitas merupakan komponen penting yang menunjang kelancaran proses produksi di pabrik. Sarana utilitas meliputi pasokan air, listrik, bahan bakar, serta fasilitas penunjang lainnya. Oleh karena itu, pemilihan lokasi pabrik yang dekat dengan sumber utilitas yang memadai memberikan keuntungan tersendiri.

Pada pabrik gliserol monolaurat yang berlokasi di Kabupaten Deli Serdang, kebutuhan air untuk proses produksi, utilitas, dan sanitasi dipenuhi dari aliran Sungai Seruwai. Untuk kebutuhan tenaga listrik, pasokan utama diperoleh dari PLN Medan Denai, dengan genset cadangan disiapkan untuk mengantisipasi gangguan pasokan. Sedangkan kebutuhan bahan bakar industri, seperti solar atau gas, dipenuhi dari distribusi regional Pertamina yang beroperasi di wilayah Medan dan sekitarnya.

e. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan salah satu faktor penting dalam proses menjalankan suatu pabrik. Pemilihan lokasi pabrik di Kabupaten Deli Serdang yang berdekatan dengan Kota Medan, Ibu Kota Provinsi

Sumatera Utara juga memudahkan untuk memperoleh tenaga kerja yang cukup untuk menjalankan pabrik.

f. Kondisi Iklim, Lingkungan, dan Masyarakat

Kabupaten Deli Serdang memiliki iklim tropis yang relatif stabil dengan suhu dan kelembapan yang cenderung konstan sepanjang tahun. Kondisi cuaca ini mendukung operasional pabrik agar dapat berjalan secara optimal. Selain itu, area yang direncanakan untuk pembangunan pabrik tidak memiliki riwayat bencana alam yang signifikan, sehingga memungkinkan proses produksi berlangsung secara lancar dan berkelanjutan.

Area proses merupakan zona khusus untuk penempatan peralatan produksi dan dipisahkan dari area lainnya. Dalam menentukan lokasi pabrik, perlu diperhatikan kondisi lingkungan dan masyarakat sekitar, seperti apakah berada di wilayah pedesaan atau perkotaan, ketersediaan fasilitas umum seperti rumah, sekolah, tempat ibadah, fasilitas kesehatan, dan area rekreasi. Masyarakat di sekitar lokasi diperkirakan akan memberikan dukungan terhadap pembangunan pabrik gliserol monolaurat, karena keberadaannya berpotensi menciptakan lebih banyak peluang kerja bagi warga setempat dan turut berkontribusi dalam mendorong pertumbuhan ekonomi di wilayah tersebut.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik merupakan perencanaan penempatan fasilitas fisik dan tenaga kerja secara efisien untuk mendukung proses produksi. Penempatan peralatan produksi harus memperhatikan aspek keamanan, keselamatan, dan kenyamanan kerja. Selain itu, fasilitas pendukung seperti kantor, gudang, laboratorium, dan bengkel juga perlu diatur secara strategis agar efisien dari segi alur barang, pengawasan, dan biaya operasional.

Tata letak pabrik merupakan perencanaan menyeluruh terhadap penggunaan ruang untuk mendukung seluruh aktivitas produksi, termasuk area perkantoran, penyimpanan, ruang proses, dan fasilitas pendukung lainnya. Perancangan tata letak yang efektif sangat berpengaruh terhadap efisiensi proses produksi, keselamatan kerja, serta pengendalian biaya pembangunan. Oleh karena itu, area dalam pabrik perlu dirancang secara sistematis agar penggunaan lahan efisien dan alur produksi serta distribusi berjalan tanpa hambatan. Perencanaan yang matang juga membantu mencegah masalah di kemudian hari.

Beberapa hal penting yang perlu diperhatikan dalam merancang tata letak pabrik meliputi:

1. Apakah pabrik yang dibangun merupakan ekspansi dari fasilitas lama atau pembangunan baru.
2. Adanya cadangan lahan yang memadai untuk rencana perluasan di masa depan.

3. Kemudahan distribusi bahan baku, produk jadi, dan suplai utilitas seperti air, listrik, uap, serta bahan bakar.
4. Pertimbangan kondisi iklim dan cuaca di lokasi pembangunan.
5. Upaya pencegahan risiko keselamatan seperti kebakaran dan kecelakaan kerja.
6. Kepatuhan terhadap aturan dan tata ruang wilayah setempat.
7. Sistem penanganan dan pembuangan limbah yang sesuai.
8. Pemanfaatan ruang kerja yang optimal dan efisien.

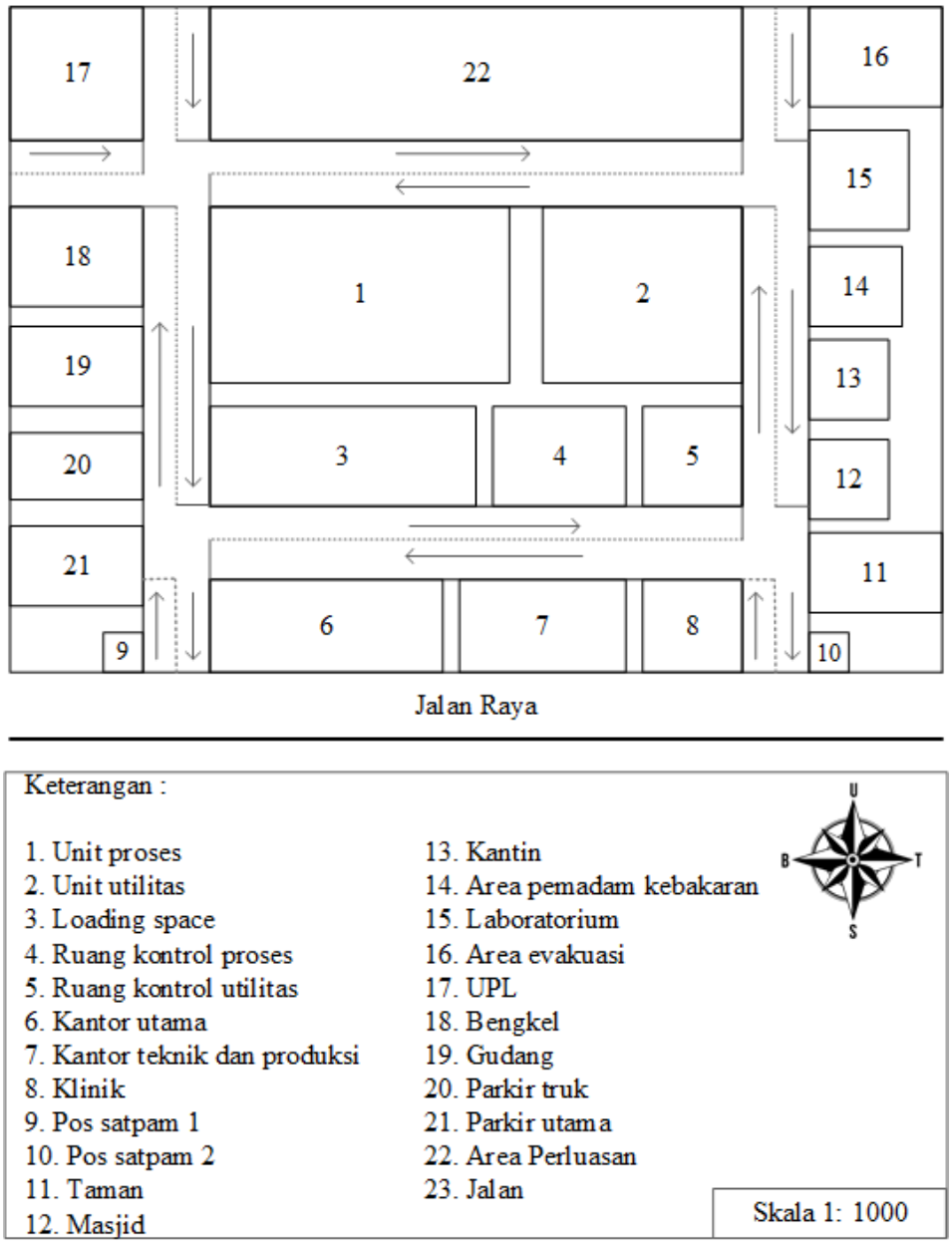
Dengan mempertimbangkan berbagai faktor dalam perancangan tata letak pabrik, diharapkan dapat diperoleh sejumlah manfaat berikut:

1. Proses pemindahan material menjadi lebih mudah dan efisien.
2. Tersedianya ruang gerak yang cukup untuk mendukung kemudahan dalam kegiatan perawatan.
3. Tingkat keselamatan kerja yang lebih tinggi dapat tercapai.
4. Pengawasan terhadap operasi dan proses produksi dapat dilakukan dengan lebih optimal.

Pabrik gliserol monolaurat dari gliserol dan asam laurat akan dibangun di atas lahan seluas 13.000 m^2. Rincian pemanfaatan luas lahan untuk bangunan pabrik disajikan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Perincian luas tanah dan bangunan

No.	Unit Bangunan	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m^2
1	Unit proses	45	25	1123
2	Unit utilitas	30	25	749
3	*Loading space*	40	15	600
4	Ruang kontrol proses	20	15	300
5	Ruang kontrol utilitas	15	15	225
6	Kantor utama	35	14	490
7	Kantor teknik dan produksi	25	14	350
8	Klinik	15	14	210
9	Pos satpam 1	4	4	16
10	Pos satpam 2	4	4	16
11	Taman	20	12	240
12	Masjid	12	12	144
13	Kantin	12	12	144
14	Area pemadam kebakaran	14	12	168
15	Laboratorium	15	15	225
16	Area evakuasi	20	15	300
17	UPL	20	20	400
18	Bengkel	20	15	300
19	Gudang	20	12	240
20	Parkir truk	20	10	200
21	Parkir utama	20	12	240
22	Area perluasan	90	20	1800
23	Jalan	50	20	1000
Total Luas Bangunan				**9.480**
Total Luas Tanah				**12.679**



Gambar 4. 2 *Layout* pabrik gliserol monolaurat

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

Dalam merancang tata letak peralatan proses pada suatu pabrik, terdapat beberapa aspek penting yang perlu diperhatikan:

a. Aliran Bahan Baku dan Produk

Pengaturan aliran bahan baku dan produk yang tepat dapat mendukung keamanan serta efisiensi produksi yang akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar. Pengaturan aliran yang efisien dapat meminimalkan waktu dan biaya transportasi internal, serta dapat mengurangi risiko terjadinya kontaminasi bahan baku maupun produk. Pemasangan pipa harus mempertimbangkan elevasi, seperti pipa di atas tanah sebaiknya minimal 3 meter, sedangkan pipa di permukaan harus diatur agar tidak menghambat pergerakan pekerja.

b. Aliran Udara

Pada area proses sirkulasi udara dan gas buang harus dipastikan lancar. Sirkulasi udara yang baik di area proses sangat penting untuk menghindari terjadinya stagnansi udara atau keadaan berhenti pada suatu tempat berupa akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keamanan dan keselamatan karyawan saat bekerja.

c. Pencahayaan

Pabrik harus memiliki pencahayaan yang cukup sesuai dengan standar pabrik, terutama pada area proses berisiko tinggi yang memerlukan penerangan tambahan. Tujuan dilakukannya hal tersebut

adalah untuk meminimalisir adanya kemungkinan terjadinya kecelakaan saat bekerja di pabrik.

d. Akses Pekerja dan Kendaraan

Tata letak harus memudahkan akses pekerja ke seluruh peralatan agar tindakan perbaikan bisa dilakukan dengan cepat dan aman. Hal tersebut dilakukan karena keselamatan pekerja harus menjadi prioritas.

e. Efisiensi Ekonomi

Penempatan alat harus dirancang untuk meminimalkan biaya operasional dan memastikan proses berjalan lancar serta aman secara ekonomis.

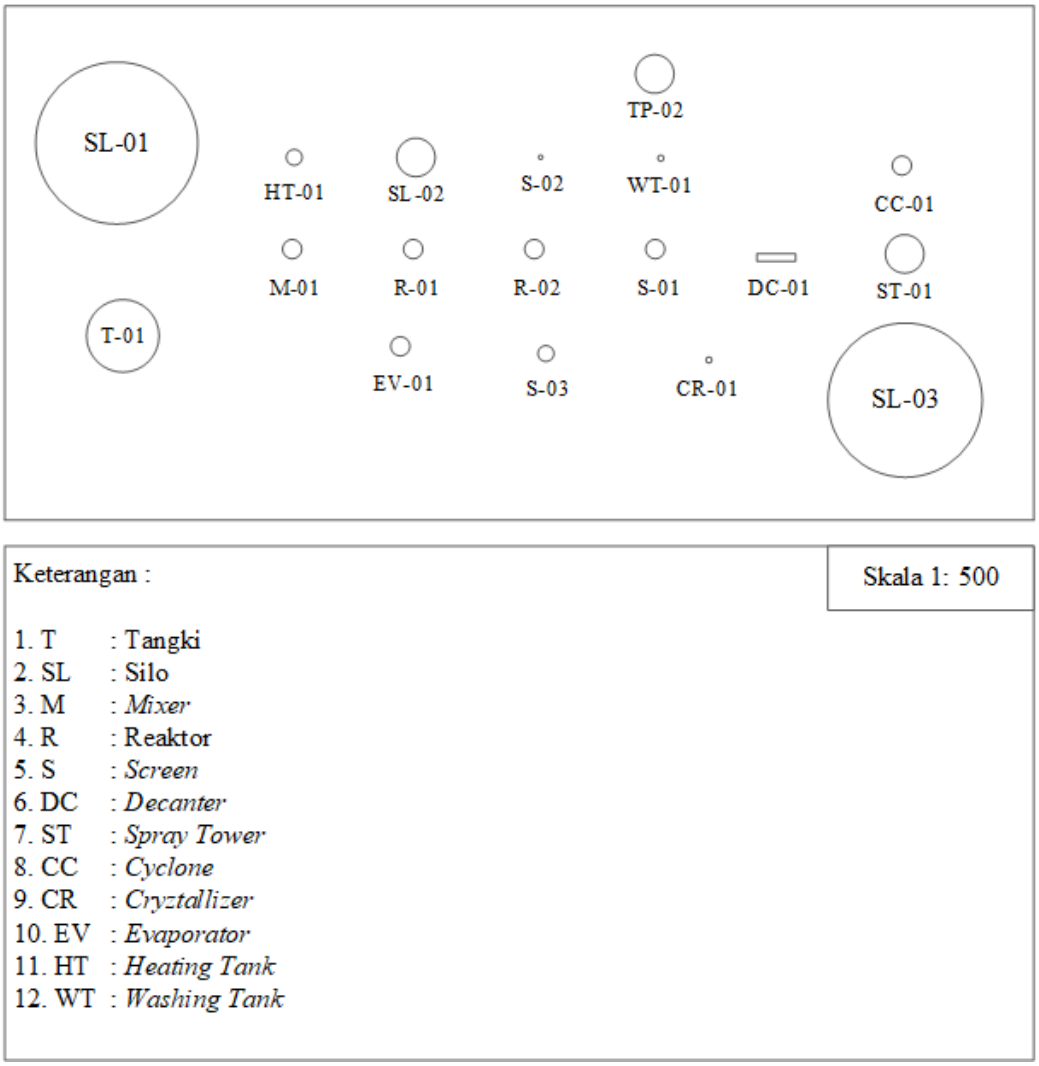
f. Perawatan (*Maintenace*)

Perawatan rutin dan berkala diperlukan untuk menjaga kinerja peralatan dan kebersihan lingkungan kerja. Perawatan harian bersifat preventif, sedangkan perawatan berkala mengikuti jadwal dari buku panduan. *Maintenance* berperan penting dalam efektivitas pencapaian target produksi dengan spesifikasi produk sesuai dengan yang diinginkan.

g. Jarak Antar Alat Proses

Penentuan jarak untuk alat proses harus mempertimbangkan kemudahan akses selama proses produksi, ruang gerak bagi operator, serta faktor keamanan produksi. Peralatan dengan suhu dan tekanan tinggi sebaiknya ditempatkan terpisah agar jika terjadi insiden seperti ledakan, tidak berdampak pada peralatan lain disekitarnya. Dengan

ditentukannya pengaturan jarak alat yang tepat, proses produksi dapat berjalan lebih optimal dalam mencapai target serta meminimalisir adanya risiko gangguan selama proses produksi.



Gambar 4. 3 Tata letak alat proses

4.4 Organisasi Perusahaan

Untuk memastikan seluruh kegiatan dalam perusahaan berjalan secara efisien dan efektif, diperlukan struktur organisasi yang jelas. Struktur ini membantu setiap jabatan memahami peran dan tanggung jawabnya, sehingga

tercipta pembagian tugas, kedudukan, wewenang, serta tanggung jawab yang terorganisir di antara personil perusahaan.

Dalam struktur organisasi ini, terdapat dua kelompok utama yang berperan penting:

1. Kelompok *line* atau ahli

   Kelompok ini terdiri atas individu-individu yang menjalankan fungsi utama organisasi untuk mencapai tujuan perusahaan.

2. Kelompok *staff*

   Kelompok *staff* yaitu mereka yang memberikan dukungan teknis atau keahlian, serta bertugas memberikan saran dan masukan kepada unit operasional.

Sementara itu, para pemegang saham sebagai pemilik perusahaan diwakili oleh Dewan Komisaris, yang mengawasi jalannya perusahaan. Operasional perusahaan dijalankan oleh Direktur Utama, yang dibantu oleh sejumlah Direktur dibawahnya. Baik Dewan Komisaris maupun Direktur Utama ditunjuk melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) oleh para pemegang saham.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan diwakili oleh Dewan Komisaris, sedangkan operasional dijalankan oleh Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan, dan Umum.

1. Direktur Produksi mengawasi proses produksi, pengendalian, utilitas, dan pemeliharaan.

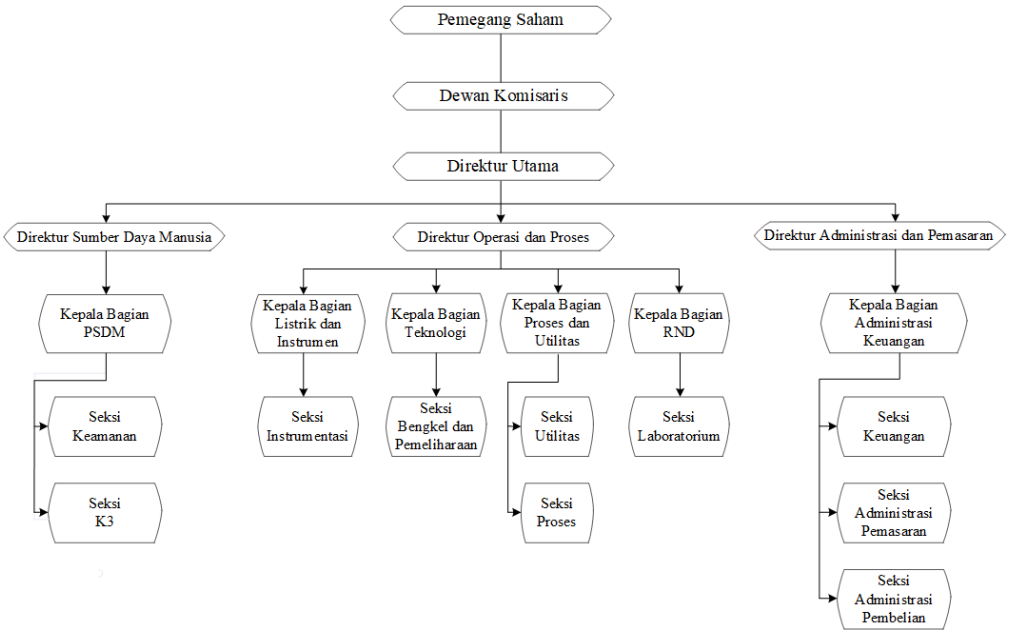
2. Direktur Administrasi membawahi pembelian, pemasaran, keuangan, SDM, humas, keamanan, serta penelitian dan pengembangan.

Setiap direktur membawahi Kepala Bagian, yang membawahi seksi-seksi, kemudian dibagi menjadi regu kerja yang dipimpin oleh Kepala Regu dan diawasi oleh Pengawas.

Untuk mendukung kelancaran operasional, dibentuk staf ahli yang memberi saran teknis kepada pengawas.

Manfaat adanya struktur organisasi:

1. Menjelaskan tugas dan wewenang
2. Membantu orientasi jabatan
3. Penempatan pegawai tepat
4. Menyusun rencana manajemen
5. Memperbaiki prosedur kerja yang kurang efisien



Gambar 4. 4 Struktur organisasi perusahaan

4.4.1 Tugas dan Wewenang

1. Pemegang Saham

Kekuasaan tertinggi dalam struktur organisasi garis dan staf berada di tangan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). RUPS dihadiri oleh para pemegang saham dan dewan komisaris, dan diselenggarakan setidaknya satu kali setiap tahun untuk melakukan evaluasi dan pengawasan terhadap kinerja perusahaan. Namun, dalam situasi mendesak, RUPS dapat dilaksanakan sesuai ketentuan yang berlaku terkait forum. Adapun hak dan wewenang RUPS meliputi:

a. Meminta laporan pertanggungjawaban dari Dewan Komisaris.
b. Mengangkat atau memberhentikan anggota Dewan Komisaris dan Direktur, serta mengesahkan pengunduran diri anggota pemegang saham melalui musyawarah.
c. Mengesahkan laporan kerja dan laporan keuangan perusahaan, termasuk neraca laba rugi tahunan.
d. Menentukan alokasi laba tahunan perusahaan, apakah akan dibagikan, disimpan, atau diinvestasikan kembali.

2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris dipilih melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) oleh seluruh pemegang saham. Umumnya, yang menjadi anggota Dewan Komisaris adalah pihak yang memiliki

kepemilikan saham dominan atau memiliki latar belakang pengalaman dalam perusahaan. Dewan Komisaris bertanggung jawab kepada RUPS atas seluruh aktivitas yang dijalankan oleh perusahaan.

Tugas-tugas utama Dewan Komisaris antara lain:

a. Menunjuk dan menyusun tim direksi yang bertugas mengelola operasional perusahaan.
b. Menetapkan visi, misi, serta kebijakan perusahaan berdasarkan arahan dari pemegang saham.
c. Melakukan pengawasan terhadap kinerja para direktur.
d. Menyelenggarakan dan mengoordinasikan kegiatan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).

3. Direktur Utama

Direktur Utama merupakan tokoh sentral dalam kepemimpinan perusahaan dan memegang tanggung jawab tertinggi atas seluruh kebijakan yang diambil, dengan pertanggungjawaban langsung kepada Dewan Komisaris.

Tugas utama Direktur Utama meliputi:

a. Menjaga kelancaran dan kestabilan struktur organisasi agar komunikasi antara pemegang saham, pimpinan, pegawai, dan pelanggan berjalan harmonis.
b. Mengarahkan pengelolaan dan pengembangan perusahaan secara optimal, efisien, dan efektif.

c. Melakukan pengangkatan serta pemberhentian kepala bagian atas persetujuan Rapat Pemegang Saham.

d. Melaksanakan kebijakan publik yang telah ditetapkan oleh RUPS.

e. Mewakili perusahaan dalam menjalin hubungan kerja sama atau perjanjian dengan pihak eksternal, sesuai kepentingan perusahaan.

f. Mengoordinasikan fungsi-fungsi utama dalam perusahaan, seperti operasional, sumber daya manusia, dan administrasi.

Persyaratan pendidikan untuk jabatan ini adalah minimal S1 di bidang Teknik Kimia atau Ekonomi, dengan pengalaman profesional minimal empat tahun di bidang terkait.

Dalam pelaksanaan tugasnya, Direktur Utama dibantu oleh:

a. Direktur Sumber Daya Manusia

b. Direktur Operasi dan Proses

c. Direktur Administrasi dan Pemasaran

4. Direktur Sumber Daya Manusia

Direktur Sumber Daya Manusia bertanggung jawab dalam mengelola dan meningkatkan kualitas sumber daya manusia perusahaan. Salah satu tugas utamanya adalah memastikan pengembangan kompetensi karyawan melalui program pelatihan dan pengembangan kerja yang berkelanjutan, guna menjaga etos

kerja, produktivitas, serta budaya kerja yang positif di lingkungan perusahaan.

Tugas dan wewenang Direktur SDM meliputi:

a. Menyusun strategi pengelolaan SDM yang selaras dengan visi dan misi perusahaan.
b. Merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi kebijakan rekrutmen, pelatihan, pengembangan karier, serta sistem penilaian kinerja.
c. Memastikan kesejahteraan dan hubungan industrial yang harmonis antara perusahaan dan karyawan.
d. Mengawasi pelaksanaan sistem penggajian, tunjangan, serta manajemen kompensasi secara adil dan transparan.
e. Menyusun rencana kebutuhan tenaga kerja serta struktur organisasi sesuai kebutuhan perusahaan.
f. Menangani penyelesaian konflik internal, disiplin kerja, serta pengembangan budaya organisasi.
g. Berperan sebagai penghubung antara manajemen dan karyawan dalam penyampaian kebijakan dan penyelesaian isu tenaga kerja.
h. Melaporkan perkembangan dan kondisi SDM secara berkala kepada Direktur Utama serta memberikan rekomendasi strategis yang diperlukan.

Kualifikasi pendidikan: Minimal Sarjana (S1) di bidang Psikologi atau Ekonomi, dengan gelar Magister (S2) menjadi nilai tambah, atau memiliki pengalaman profesional minimal 4 tahun di bidang terkait.

Direktur Sumber Daya Manusia membawahi:

a. Kepala Bagian PSDM

Kepala bagian PSDM memiliki tugas dan fungsi sebagai berikut:

1) Melaksanakan kebijakan SDM yang ditetapkan oleh Direktur SDM.
2) Mengelola proses rekrutmen, pelatihan, dan pengembangan karyawan.
3) Mengatur administrasi kepegawaian dan penilaian kinerja.
4) Menangani hubungan kerja dan kedisiplinan karyawan.
5) Mengelola kesejahteraan karyawan dan memastikan kepatuhan terhadap peraturan ketenagakerjaan.

Kualifikasi pendidikan: Minimal Sarjana (S1) di bidang Psikologi Manajemen SDM, Hukum, atau bidang terkait, atau memiliki pengalaman profesional minimal 3–5 tahun di bidang SDM, diutamakan pernah memimpin tim.

5. Direktur Operasi dan Proses

Direktur Operasi dan Proses bertanggung jawab dalam merumuskan kebijakan teknis serta strategi operasional pabrik. Ia memiliki wewenang untuk mengawasi kelancaran dan keberlanjutan kegiatan produksi agar berjalan sesuai standar yang ditetapkan.

Kualifikasi pendidikan: Minimal lulusan Sarjana (S1) Teknik Kimia, lebih disukai jika memiliki gelar Magister (S2), serta pengalaman kerja minimal 4 tahun di bidang terkait.

Direktur Operasi dan Proses membawahi:

a. Kepala Bagian Listrik dan Instrumentasi

Memiliki tugas dan wewenang sebagai berikut:

1) Mengawasi pelaksanaan pemeliharaan fasilitas dan peralatan pabrik serta memastikan standar keselamatan kerja terpenuhi.
2) Melakukan perbaikan teknis dan memberikan dukungan untuk kelancaran proses operasional.
3) Melaksanakan inspeksi dan pengawasan terhadap sistem instrumen dan instalasi kelistrikan.

Kualifikasi pendidikan: Sarjana Teknik Elektro/ Teknik Mesin atau pendidikan yang relevan dengan sejenisnya.

b. Kepala Bagian Teknologi

Memiliki tugas dan wewenang sebagai berikut:

1) Mengembangkan dan mengoptimalkan teknologi proses produksi.
2) Mengawasi penerapan teknologi agar sesuai standar teknik dan operasional.
3) Berkoordinasi dengan bagian terkait dalam menangani masalah teknis.
4) Menyusun SOP dan dokumentasi teknis terkait proses dan peralatan.
5) Melakukan riset dan pengujian untuk peningkatan teknologi.
6) Memastikan kepatuhan terhadap standar keselamatan dan regulasi teknis.

Kualifikasi pendidikan: Minimal S1 Teknik Kimia, Teknik Mesin, atau Teknik Industri. Pengalaman Minimal 3 tahun di bidang teknologi proses atau teknik pabrik.

c. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Memiliki tugas dan wewenang sebagai berikut:

1) Melaksanakan dan mengawasi jalannya proses produksi sesuai standar operasional.
2) Memantau ketersediaan bahan baku serta mengontrol hasil produksi dan distribusinya.

3) Bertanggung jawab atas kelancaran operasional, termasuk fungsi peralatan dan utilitas pendukung produksi.

Kualifikasi pendidikan: Minimal S1 Teknik Kimia.

d. Kepala Bagian *Reseach and* Developement (RND)

Memiliki tugas dan wewenang sebagai berikut:

1) Merancang dan mengembangkan produk serta proses baru yang lebih efisien.
2) Melakukan uji coba dan evaluasi teknis terhadap inovasi proses atau formula.
3) Menganalisis dan mengusulkan perbaikan proses produksi berdasarkan hasil riset.
4) Menyusun dokumentasi hasil penelitian dan memastikan kepatuhan terhadap standar mutu dan regulasi.
5) Melakukan percobaan terhadap material proses yang sudah selesai produksi untuk bisa didistribusikan ke pasaran.

Kualifikasi pendidikan: Minimal S1 Teknik Kimia, Teknik Industri, atau bidang terkait.

6. Direktur Administrasi Dan Pemasaran

Direktur Administrasi dan Pemasaran memiliki wewenang untuk menyusun rencana anggaran pendapatan dan belanja

perusahaan, serta mengawasi jalannya pengelolaan keuangan secara keseluruhan. Dalam menjalankan tugasnya, Direktur ini membawahi beberapa unit kerja yang terkait dengan fungsi administrasi dan kegiatan pemasaran perusahaan.

Direktur Administrasi dan pemasaran membawahi:

a. Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan

Memiliki tugas dan wewenang sebagai berikut:

1) Mengelola administrasi umum dan sistem dokumentasi perusahaan.
2) Menyusun, mencatat, dan mengawasi laporan keuangan secara akurat dan tepat waktu.
3) Menyusun anggaran, mengontrol pengeluaran, dan memastikan efisiensi penggunaan dana.
4) Memastikan kepatuhan terhadap kebijakan keuangan dan peraturan perpajakan.
5) Berkoordinasi dengan auditor internal maupun eksternal saat pemeriksaan laporan keuangan.

Kualifikasi pendidikan: Minimal S1 Akuntansi, Manajemen Keuangan, atau bidang terkait. Pengalaman minimal 3 tahun di bidang administrasi dan keuangan, dengan pengalaman sebagai supervisor menjadi nilai tambah.

4.4.2 Jadwal Kerja dan Sistem Gaji Karyawan

Pabrik Gliserol Monolaurat akan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dengan operasional penuh selama 24 jam setiap harinya. Hari-hari sisanya dimanfaatkan untuk kegiatan perawatan, perbaikan, atau penghentian sementara operasional. Berdasarkan pola kerjanya, karyawan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu karyawan *non-shift* (harian) dan karyawan *shift*.

a. Karyawan *Non-shift*

Karyawan *non-shift* merupakan pegawai yang bekerja selama 5 hari dalam seminggu dengan total jam kerja 40 jam per minggu. Hari Sabtu, Minggu, dan hari besar nasional ditetapkan sebagai hari libur. Karyawan dalam kategori ini umumnya tidak terlibat langsung dalam kegiatan produksi. Jabatan yang tergolong sebagai karyawan *non-shift* meliputi Direktur, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta seluruh staf yang bekerja di kantor. Rincian mengenai jam kerja karyawan non-*shift* adalah sebagai berikut:

Senin − Kamis : 08.00 − 16.00 WIB

Jam istirahat : 12.00 − 13.00 WIB

Jumat : 08.00 − 16.00 WIB

Jam istirahat : 11.30 − 13.30 WIB

Sabtu – Minggu : Libur, termasuk hari libur nasional

b. Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* merupakan tenaga kerja yang terlibat langsung dalam proses produksi atau bertanggung jawab atas bagian-bagian tertentu di pabrik yang berkaitan dengan aspek keselamatan dan kelancaran operasional, sehingga keberadaan mereka tidak dapat ditinggalkan. Kelompok ini mencakup operator produksi, sebagian staf teknik, petugas gudang, personel di bagian utilitas, pengendalian, laboratorium, serta petugas keamanan yang bertugas selama proses produksi berlangsung. Para karyawan ini bekerja secara bergiliran selama 24 jam penuh. Sistem kerja mereka dibagi ke dalam 3 *shift* dengan pembagian jadwal sebagai berikut:

Shift I : 07.00 − 15.00

Shift II : 15.00 − 23.00

Shift III : 23.00 − 07.00

Sistem kerja karyawan *shift* dibagi ke dalam empat kelompok (I, II, III, dan IV), di mana dalam satu hari hanya tiga kelompok yang bekerja, sementara satu kelompok lainnya mendapatkan hari libur. Setiap kelompok menjalani siklus kerja enam hari dan libur dua hari setiap minggunya. Pada hari libur nasional atau hari besar yang ditetapkan pemerintah, kelompok yang dijadwalkan bekerja tetap harus masuk, namun pekerjaannya akan dihitung sebagai lembur dan diberi tambahan

insentif. Setiap *shift* dipimpin oleh seorang kepala *shift*. Jadwal kerja masing-masing kelompok terdapat pada Tabel 4. 2 dan Tabel 4. 3 sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Jadwal kerja karyawan *shift*

Kelompok	**Tanggal**														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III	
B	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I
C	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II
D			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III

Tabel 4. 3 Jadwal kerja karyawan *shift* (lanjutan)

Kelompok	**Tanggal**														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A		I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III
B	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III		
C	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I
D	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II

c. Sistem Gaji

Pembagian gaji di perusahaan ini ditentukan berdasarkan jabatan atau golongan, tingkat pendidikan, pengalaman kerja, serta kondisi kerja yang berkaitan dengan tingkat risiko. Secara umum, sistem penggajian diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama, yaitu:

1) Gaji Bulanan, diberikan kepada karyawan tetap dengan nominal sesuai ketentuan perusahaan dan dibayarkan setiap tanggal 1 setiap bulan.
2) Gaji Harian, diperuntukkan bagi tenaga kerja tidak tetap seperti buruh harian maupun pekerja borongan.
3) Gaji Lembur, merupakan tambahan penghasilan yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi waktu kerja yang telah ditetapkan.

Rincian besaran gaji untuk setiap posisi jabatan tercantum dalam Tabel 4. 4 dan Tabel 4. 5 sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Jumlah tenaga kerja dan sistem gaji

No	Posisi	Jumlah Pegawai	Besar Gaji	
			Setiap Pegawai	Jumlah
1	Dewan Komisaris	2	Rp 45.000.000,00	Rp 90.000.000,00
2	Direktur Utama	1	Rp 35.000.000,00	Rp 35.000.000,00
3	Dierktur SDM	1	Rp 30.000.000,00	Rp 30.000.000,00
4	Direktur Operasi dan Produksi	1	Rp 30.000.000,00	Rp 30.000.000,00
5	Direktur Administrasi dan Umum	1	Rp 30.000.000,00	Rp 30.000.000,00
6	Kabag Proses dan Utilitas	1	Rp 18.000.000,00	Rp 18.000.000,00
7	Kabag RND	1	Rp 18.000.000,00	Rp 18.000.000,00
8	Kabag Teknologi	1	Rp 18.000.000,00	Rp 18.000.000,00
9	Kabag Administrasi Keuangan	1	Rp 18.000.000,00	Rp 18.000.000,00
10	Kabag PSDM	1	Rp 18.000.000,00	Rp 18.000.000,00
11	Kabag Listrik dan Instrumentasi	1	Rp 18.000.000,00	Rp 18.000.000,00
12	Kasek Utilitas	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
13	Kasek Bengkel dan Pemeliharaan	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00

Tabel 4. 5 Jumlah tenaga kerja dan sistem gaji (lanjutan)

14	Kasek Proses	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
15	Kasek Instrumentasi	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
16	Kasek Administrasi Pemasaran	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
17	Kasek Administrasi Pembelian	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
18	Kasek Pengolahan Energi	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
19	Kasek Keamanan	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
20	Kasek Keuangan	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
21	Kasek Penelitian	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
22	Kasek K3	1	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
23	Karyawan Pemasaran	5	Rp 10.000.000,00	Rp 50.000.000,00
24	Karyawan Pembelian	4	Rp 10.000.000,00	Rp 40.000.000,00
25	Karyawan Laboratorium	4	Rp 6.000.000,00	Rp 24.000.000,00
26	Karyawan K3	6	Rp 10.000.000,00	Rp 60.000.000,00
27	Karyawan Kas/ Anggaran	5	Rp 10.000.000,00	Rp 50.000.000,00
28	Karyawan Proses	15	Rp 10.000.000,00	Rp 150.000.000,00
29	Karyawan Utilitas	10	Rp 10.000.000,00	Rp 100.000.000,00
30	Karyawan Pemadam Kebakaran	6	Rp 5.000.000,00	Rp 30.000.000,00
31	Karyawan Bengkel dan Pemeliharaan	4	Rp 10.000.000,00	Rp 40.000.000,00
32	Operator	12	Rp 4.553.258,00	Rp 54.639.096,00
33	Dokter	2	Rp 10.000.000,00	Rp 20.000.000,00
34	Paramedis	4	Rp 5.000.000,00	Rp 20.000.000,00
35	Satpam	8	Rp 5.000.000,00	Rp 40.000.000,00
36	Supir	8	Rp 5.000.000,00	Rp 40.000.000,00
37	*Cleaning Service*	10	Rp 5.000.000,00	Rp 50.000.000,00
Total Gaji/ Bulan				**Rp1.256.639.096,00**
				$ 76.654,98

4.4.3 Fasilitas dan Hak Karyawan

Perusahaan menyediakan berbagai fasilitas dan hak bagi karyawan guna mendukung kelancaran aktivitas kerja. Fasilitas serta hak tersebut meliputi:

a. Hak Cuti

Hak cuti bagi karyawan terbagi menjadi 3, antara lain sebagai berikut:

1) Cuti Tahunan

Setiap karyawan berhak atas cuti tahunan maksimal 12 hari dalam satu tahun. Jika tidak digunakan dalam tahun berjalan, cuti tersebut tidak dapat ditunda atau digabungkan ke tahun berikutnya.

2) Cuti Massal

Perusahaan memberikan cuti bersama selama 4 hari kerja dalam rangka perayaan Hari Raya Idul Fitri setiap tahun.

3) Cuti Melahirkan

Karyawan perempuan yang akan melahirkan berhak atas cuti selama 3 bulan, dengan ketentuan gaji tetap dibayarkan penuh. Syaratnya, jarak antara kelahiran anak pertama dan kedua minimal dua tahun.

b. Hari Libur Nasional

Bagi karyawan *non-shift* (harian), hari libur nasional dianggap sebagai hari libur kerja. Sementara itu, karyawan *shift* tetap bekerja pada hari libur nasional, dan waktu kerja tersebut dihitung sebagai lembur (*overtime*).

c. Lembur

Pekerjaan lembur hanya dapat dilakukan dengan persetujuan dari kepala bagian apabila ada tugas penting yang harus segera diselesaikan.

d. Seragam Kerja

Untuk mencegah adanya perbedaan antar pegawai, perusahaan memberikan dua stel seragam kerja setiap tahun. Selain itu, masker juga disediakan sebagai alat pelindung saat bekerja.

e. Jamsostek

Jamsostek merupakan program asuransi jiwa dan kecelakaan kerja yang diberikan perusahaan guna menjamin keselamatan dan ketenangan kerja karyawan selama menjalankan tugasnya.

f. Penyediaan Fasilitas bagi Karyawan

Perusahaan juga menyediakan berbagai fasilitas penunjang, antara lain:

1) Transportasi/bus antar-jemput karyawan.

2) Poliklinik perusahaan dengan layanan dokter dan perawat.

3) Tempat ibadah lengkap dengan sarana air dan listrik.

4) Koperasi karyawan.

5) Kantin.

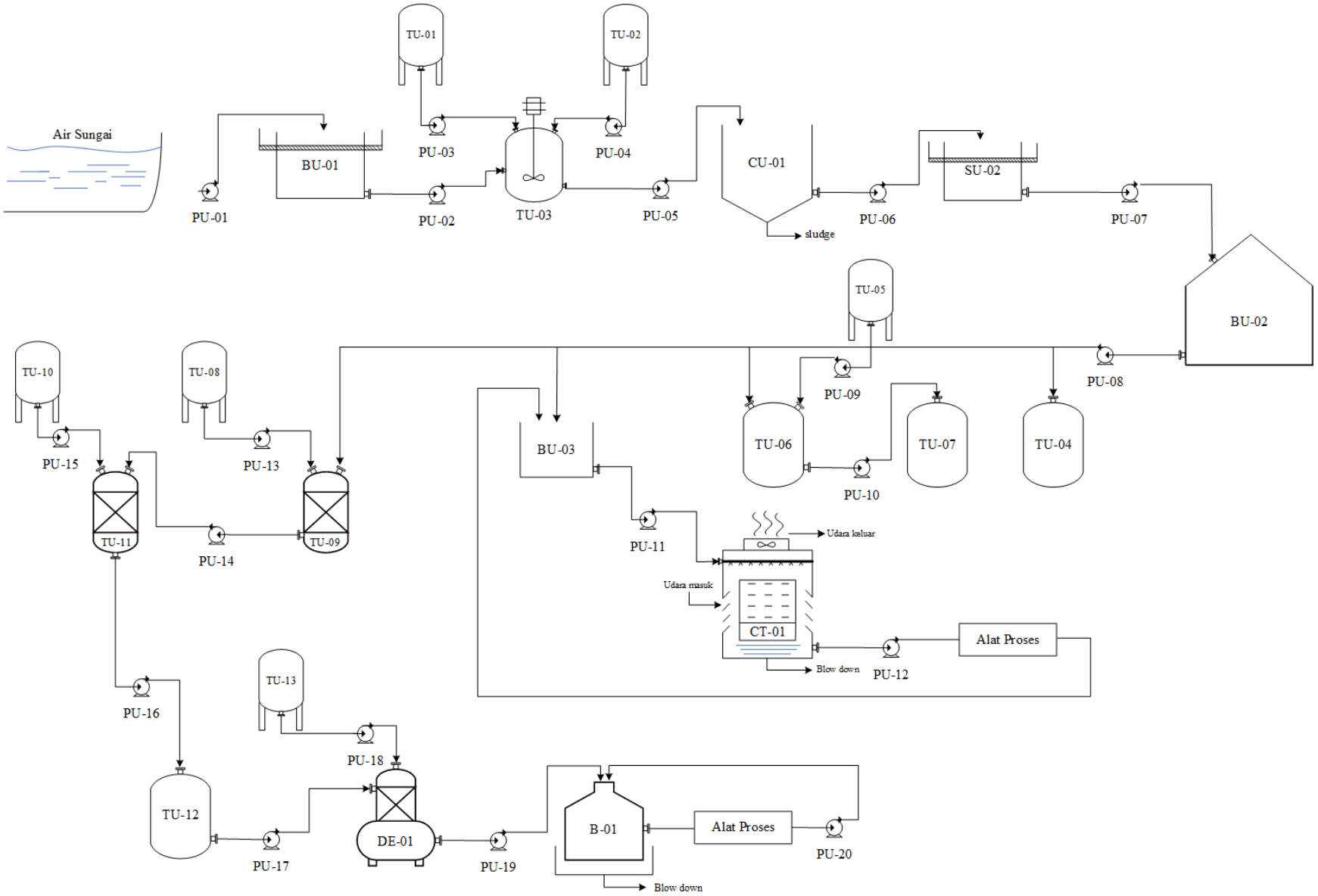
Sebagai bentuk apresiasi, perusahaan juga memberikan penghargaan atau tanda mata bagi karyawan yang telah mengabdi selama 10 tahun berturut-turut.

BAB V

UTILITAS

Utilitas merupakan suatu unit pendukung yang berperan penting untuk keberlangsungan proses produksi dan sarana lain di suatu industri. Unit utilitas pada pabrik gliserol monolaurat dari asam laurat dan gliserol dengan kapasitas 10.000 ton/tahun ini terdiri dari beberapa unit yaitu sebagai berikut:

a. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
b. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)
c. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
d. Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)
e. Unit Penyediaan Bahan Bakar
f. Unit Pengolahan Limbah



Gambar 5. 1 Diagram alir utilitas pengolahan air

Keterangan:

BU-01 : Bak pengendapan kotoran dan lumpur

BU-02 : Bak penampungan sementara *raw water*

BU-03 : Bak penampungan air *cooling tower*

CT-01 : *Cooling Tower*

CU-01 : *Clarifier*

DE-01 : *Dearator*

PU : Pompa Utilitas

SU : *Screen* Utilitas

TU-01 : Tangki penyimpanan alum

TU-02 : Tangki penyimpanan CaOH

TU-03 : Tangki penggumpalan dan pengendapan flokulan

TU-04 : Tangki penyimpanan air bertekanan

TU-05 : Tangki penyimpanan kaporit

TU-06 : Tangki klorinasi

TU-07 : Tangki penyimpanan air untuk keperluan kantor dan rumah tangga

TU-08 : Tangki penyimpanan H_2SO_4 untuk regenerasi *kation exchanger*

TU-09 : Tangki untuk menghilangkan mineral di dalam air

TU-10 : Tangki penyimpanan NaOH untuk regenerasi *anion exchanger*

TU-11 : Tangki untuk menghilangkan ion-ion negatif

TU-12 : Tangki pencampuran kondesat sirkulasi dan *makeup water* umpan *boiler*

TU-13 : Tangki penyimpanan N_2H_4

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Air dalam suatu pabrik digunakan untuk memenuhi kebutuhan proses seperti air bertekanan atau *service water*, air pendingin, pembuatan *steam* pada *boiler*, dan untuk memenuhi kebutuhan air domestik. Air yang digunakan dapat berasal dari air laut, air sungai, air sumur, maupun air danau. Pada perancangan pabrik gliserol monolaurat ini digunakan air dari sungai Seruwai yang letaknya dekat dengan lokasi pabrik didirikan. Pemilihan air sungai sebagai sumber air berdasarkan beberapa pertimbangan berikut:

a. Air sungai yang mengalir kontinuitasnya relatif tinggi jika dibandingkan dengan air sumur, sehingga kecil kemungkinan akan mengalami kekeringan dan ketersediaan air nya akan selalu terjaga.
b. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, serta biaya pengolahannya relatif lebih murah dibandingkan dengan pengolahan air laut yang lebih rumit dan membutuhkan biaya yang cukup besar karena memiliki kandungan garam dan mineral didalamnya yang perlu dipisahkan.
c. Letak sungai Seruwai yang dekat dengan pabrik Gliserol Monolaurat sehingga memudahkan pengambilan air sungai untuk diproses di unit utilitas.

d. Jumlah air dari sungai yang lebih banyak jika dibandingkan dengan air sumur yang terbatas.

Secara keseluruhan, air sungai yang diolah di unit utilitas pada pabrik Gliserol Monolaurat ini digunakan untuk memenuhi beberapa kebutuhan berikut:

a. *Domestic Water*

Air domestik digunakan sebagai air sanitasi untuk keperluan kantor dan rumah tangga perusahaan, seperti air minum, kebutuhan mandi, mencuci, dan lain-lain. Air sanitasi yang digunakan harus bersuhu normal, tidak berwarna, tidak berasa, maupun tidak berbau. Selain itu, air untuk sanitasi tidak boleh mengandung zat organik ataupun zat anorganik dan tidak beracun.

Berdasarkan standar dari *World Health Organization* (WHO), kebutuhan minimum air bersih per orang per hari adalah sekitar 50 hingga 100 liter. Di Indonesia sendiri, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat menetapkan rata-rata kebutuhan air domestik sebesar 60−150 liter per orang per hari (Toyaarta, 2025). Untuk pabrik ini, digunakan kebutuhan air untuk satu orang sebesar 100 liter per hari. Jumlah karyawan pada pabrik ini adalah 126 orang, sehingga total kebutuhan air untuk keperluan domestik adalah sebesar 12.600 kg/hari atau sebesar 525 kg/jam.

b. *Service Water*

Service water digunakan untuk keperluan layanan umum seperti bengkel, klinik, laboratorium, pemadam kebakaran, kantin, masjid, dan taman. Perkiraan kebutuhan air untuk penggunaan *service water* adalah sebesar 450 kg/jam.

c. Air Pendingin

Air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut:

a. Air merupakan bahan yang mudah diperoleh dalam jumlah yang besar dari alam sekitar.
b. Pengolahan dan pengaturannya menjadi media pendingin yang mudah.
c. Dapat menyerap panas dalam jumlah yang realtif tinggi persatuan volume.
d. Air tidak akan terdekomposisi atau terurai menjadi zat-zat lain.
e. Tidak mudah menyusut secara berarti dalam Batasan dengan adanya perubahan suhu pendingin.

Air yang telah digunakan untuk mendinginkan alat proses akan mengalami kenaikan suhu sesuai dengan kondisi operasi alat tersebut. Sebagai upaya untuk menghemat penggunaan air pendingin, maka sistem air pendingin dilakukan dalam sistem

sirkulasi. Kebutuhan air pendingin pada pabrik Gliserol Monolaurat ini adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 1 Kebutuhan air pendingin

Nama Alat	Kode	Kebutuhan (kg/jam)
Cooler	CL-01	2.546,62
Crystallizer	CR-01	5.332,13
TOTAL		**7.878,75**

Perancangan air pendingin ditentukan *over design* sebesar 20% sehingga kebutuhan air pendingin menjadi 9.454,51 kg/jam. Pada saat proses berlangsung, air pendingin mengalami *blowdown* pada unit *cooling tower* sehingga diperlukan adanya *make up water*. Setelah dilakukan perhitungan, diperoleh kebutuhan *make up water* yaitu sebesar 241,09 kg/jam.

d. *Steam*

Steam di pabrik digunakan sebagai media pemanas dalam proses produksi. *Steam* yang diolah dari air umpan *boiler* sudah melalui proses pengolahan secara kimiawi terlebih dahulu sebelum digunakan. Terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* untuk menghasilkan *steam*, yaitu:

a. Terbebas dari zat-zat yang dapat menyebabkan korosi. Korosi disebabkan oleh air yang mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2 dan CO_2 yang masuk ke badan air.

b. Zat yang menyebabkan kerak (*scale reforming*). Pembentukan kerak disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat.

c. Zat yang dapat menyebabkan *foaming* dan *priming*. *Foaming* adalah terbentuknya gelembung atau busa di permukaan air dan keluar bersama *steam*. Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada *boiler* karena adanya zat-zat organik dan anorganik dalam jumlah cukup besar. Efek pembusaan terjadi pada alkalinitas tinggi.

Kebutuhan *steam* pada pabrik Gliserol Monolaurat adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 2 Kebutuhan *steam*

Nama Alat	Kode	Kebutuhan (kg/jam)
Heater	HE-01	391,28
Heating Tank	HT-01	13.192,87
Evaporator	EV-01	380,71
Reaktor	R-01	35,82
	R-02	9,53
TOTAL		**14.000,68**

Perancangan *steam* ditentukan *over design* sebesar 20% sehingga kebutuhan *steam* menjadi 16.800,82 kg/jam. Pada saat proses berlangsung, *steam* mengalami *blowdown* pada unit re*boiler* sebanyak 15% dan terdapat *steam trap* sebesar 5% sehingga diperlukan adanya *make up water*. Setelah dilakukan

perhitungan, diperoleh kebutuhan *make up water* untuk *steam* yaitu sebesar 3.360,16 kg/jam.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Air sungai tidak dapat langsung digunakan untuk memenuhi kebutuhan air selama proses produksi maupun penunjang sarana. Air yang akan digunakan membutuhkan beberapa pengolahan untuk dapat dipakai sebagaimana mestinya. Beberapa tahapan dalam pengolahan air yaitu:

1. Penghisapan

Air dari sungai dihisap dengan pompa (P-01) dan dialirkan menuju alat penyaringan (SU-01) untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar. Setelah tahap *screening,* air akan ditampung di dalam bak penampungan awal.

2. *Screening* (Penyaringan)

Tahap ini merupakan tahap pertama untuk memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran cukup besar seperti daun, ranting, dan sampah-sampah lainnya tanpa menggunakan bahan kimia. Sedangkan partikel kecil yang masih terbawa akan diolah di tahap-tahap berikutnya.

3. Pengendapan awal (sedimentasi)

Air sungai dari alat penyaringan (SU-01) dialirkan menuju bak sedimentasi (BU-01) untuk dilakukan pengendapan awal. pada tahap ini, partikel berat seperti pasir, lumpur, dan endapan

lainnya akan mengendap karena adanya gaya gravitasi. Tujuan dilakukannya sedimentasi adalah untuk meringankan beban pada proses pemisahan selanjutnya sehingga proses menjadi lebih efisien.

4. Penggumpalan (koagulasi)

Koagulasi merupakan proses penggumpalan partikel koloid akibat penambahan bahan koagulan atau zat kimia sehingga partikel-partikel tersebut bersifat netral dan membentuk endapan karena gravitasi. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) yang merupakan garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah, sehingga air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, perlu ditambahkan CaOH yang berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Sedangkan proses flokulasi pada tangki flokulator (TU-03) bertujuan untuk menggumpalkan partikel-partikel tersebut menjadi flok dengan ukuran yang memungkinkan untuk dipisahkan dengan *clarifier* (CU-01).

5. *Clarifier* (CU-01)

Air dan flok-flok besar dari tangki flokulator (TU-03) kemudian dialirkan ke unit berikut yang berfungsi untuk proses

pengendapan secara gravitasi. *Clarifier* di desain dengan bagian bawah berbentuk *conis* yang memungkinkan air dapat bergerak perlahan sehingga flok-flok dari proses sebelumnya dapat dengan mudah mengendap.

6. Sand Filter

Air dari bak pengendap yang masih mengandung padatan tersuspensi selanjutnya memasuki alat *sand filter* (SU-02) untuk dilaukan proses filtrasi. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{2+} dan lain-lain dengan menggunakan resin. *Sand Filter* akan dicuci (*back wash, rinse*) jika sudah dianggap kotor.

7. Penampungan Sementara

Air yang sudah melalui tahap filtrasi bisa disebut sebagai air bersih dan ditampung dalam bak penampung air sementara. Air tersebut kemudian didistribusikan untuk keperluan air domestik, *service water,* air pendingin, dan *steam water*.

8. Klorinasi

Klorinasi air adalah proses penambahan klorin dalam bentuk kaporit ($Ca(ClO)_2$) atau hipoklorit pada air. Tujuan dari dari proses klorinasi pada tangki klorinasi (TU-06) ini adalah untuk membunuh bakteri dan mikroba dalam air sehingga air aman untuk digunakan dalam keseharian.

9. Demineralisasi

Tujuan dari proses demineralisasi adalah menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water* untuk umpan *boiler*. Proses demineralisasi ini terbagi menjadi 2, yaitu pelunakan air dan dealkalinasi. Proses pelunakan air terjadi pada *kation exchanger* (TU-09). Di dalam *kation exchanger*, mineral-mineral sadah seperti Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{2+}, dan mineral lainnya akan dibebaskan dari air bersih. Mineral ini akan ditangkap oleh suatu resin berjenis *hydrogen-zeolite*. Resin memiliki kapasitas untuk menangkap ion-ion ini. Suatu waktu resin tidak mampu lagi untuk menangkap mineral, maka akan disubjekkan ke dalam proses regenerasi resin. Regenerasi resin *kation exchanger* dilakukan dengan penambahan asam kuat H_2SO_4. Air keluaran dari *kation exchanger* adalah air bebas mineral yang tendensi untuk membentuk *scalling*-nya sudah diminimalkan. Air yang telah melewati *kation exchanger* akan disubjekkan ke dalam *anion exchanger* (TU-11) untuk dilakukan proses dealkalinasi. Proses ini bertujuan untuk menangkap ion-ion negatif seperti HCO^{3-}, CO_3^{2-}, SO_4^{2}, Cl^{-}, dan lain-lain. Ion negatif ini harus ditangkap karena jika air bersifat basa ini dipanaskan, akan berpotensi untuk membentuk gas CO_2 yang bisa menurunkan performa *boiler* dan alat proses lainnya. Proses penangkapan ion-ion memiliki mekanisme yang mirip pada proses pelunakan air. Perbedaan

utama nya adalah jenis resin yang digunakan. Jenis resin yang digunakan adalah *weakly basic anion exchanger*. Pada proses ini, saat resin sudah memenuhi kapasitasnya untuk menangkap ion, resin akan diregenerasikan dengan menambahkan basa kuat NaOH. Air keluaran dari *anion exchanger* ini sudah bisa digunakan sebagai air proses. Tetapi untuk penggunaan sebagai air umpan *boiler* perlu dilakukan proses lebih lanjut.

10. Deaerasi

Air keluaran dari proses demineralisasi yang akan dijadikan sebagai air umpan *boiler* akan disubjekkan ke tangki deaerator (DE-01) untuk menghilangkan gas-gas terlarut dalam air, terutama gas O_2 yang berpotensi untuk menyebabkan korosi pada *boiler*. Korosi pada *boiler* memiliki konsekuensi yang sangat berbahaya. Selain perpendekan umur *boiler*, pengikisan di dalam *boiler* juga berpotensi menyebabkan peledakan dikarenakan ekspansi tekanan yang tidak sesuai dengan tekanan desain. Untuk menghilangkan gas-gas terlarut, senyawa N_2H_4 (hidrazin) ditambahkan untuk mengikat O_2 dan gas terlarut lainnya. Setelah dihilangkan kandungan gas terlarut, maka air keluaran deaerator dapat langsung diumpankan sebagai *boiler feed water*. Di dalam *boiler* akan berlangsung proses pembangkitan air menjadi *steam*. Namun, untuk menjaga konsentrasi *suspended solid* yang terakumulasi di dalam *boiler*, dilakukan sistem *blowdown* pada

periode tertentu sehingga menghilangkan sejumlah air. Untuk mengganti air yang hilang tersebut, ditambahkan *make up water* agar tetap memenuhi kebutuhan proses.

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

Keberadaan unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi gliserol monolaurat, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi sebagai berikut:

Kapasitas : 16.800,82 kg/jam

Jenis : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer,* katup pengaman (*safety valve),* serta sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, oksigen (O_2), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg) yang mungkin masih terbawa dengan cara menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu, perlu diatur pH nya yaitu sekitar 10,5 – 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi dapat meningkatkan korosifitas pada alat.

Sebelum masuk ke *boiler*, air dialirkan menuju ke *economizer,* yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran batu bara yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini, air dinaikkan temperaturnya hingga 160°C, kemudian diumpankan ke *boiler*. Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa -

pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih, Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses produksi.

5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Kebutuhan listrik utama di pabrik gliserol monolaurat ini dipenuhi oleh PLN. Selain itu, pabrik ini juga menggunakan generator sebagai penghasil listrik cadangan apabila terdapat gangguan pasokan listrik dari PLN, sehingga pasokan listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun terdapat gangguan. Energi listrik yang dihasilkan generator berasal dari putaran poros engkol yang digerakkan oleh panas yang dihasilkan dari bahan bakar solar. Spesifikasi generator yang digunakan dalam pabrik ini yaitu:

Kapasitas : 1.000 kW

Jenis : AC Generator

Jumlah : 1 buah

Kebutuhan listrik pada pabrik Gliserol Monolaurat adalah sebagai berikut:

a. Kebutuhan Listrik Alat Proses

Tabel 5. 3 Kebutuhan listrik alat proses

No.	Jenis Alat	Kode Alat	Hp	kW
1.	*Mixer*	M-01	10	7,46
2.	Reaktor 1	R-01	7,5	5,59
3.	Reaktor 2	R-02	7,5	5,59
4.	*Heating Tank*	HT-01	3	2,24
5.	*Washing Tank*	WT-01	0,75	0,56
6.	*Crystallizer*	CR-01	125	93,21
7.	Pompa 1	P-01	15	11,19
8.	Pompa 2	P-02	0,75	0,56
9.	Pompa 3	P-03	10	7,46
10.	Pompa 4	P-04	10	7,46
11.	Pompa 5	P-05	5	3,73
12.	Pompa 6	P-06	7,5	5,59
13.	Pompa 7	P-07	40	29,83
14.	Pompa 8	P-08	40	29,83
15.	Pompa 9	P-09	2	1,49
16.	Pompa 10	P-10	7,5	5,59
17.	Pompa 11	P-11	20	14,91
18.	Pompa 12	P-12	0,75	0,56
19.	Pompa 13	P-13	5	3,73
20.	Pompa 14	P-14	20	14,91
21.	Pompa 15	P-15	5	3,73
22.	*Screw conveyor* 1	SC-01	0,05	0,04
23.	*Screw conveyor* 2	SC-02	0,05	0,04
24.	*Screw conveyor* 3	SC-03	0,05	0,04
25.	*Screw conveyor* 4	SC-04	0,05	0,04
26.	*Screw conveyor* 5	SC-05	0,05	0,04
27.	*Screw conveyor* 6	SC-06	0,05	0,04
28.	*Screw conveyor* 7	SC-07	0,05	0,04
29.	*Blower* 1	BL-01	25	18,64
30.	*Blower* 2	BL-02	25	18,64
TOTAL			**392,6**	**292,76**

b. Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Tabel 5. 4 Kebutuhan listrik alat utilitas

No.	Jenis Alat	Kode Alat	Hp	kW
1.	Tangki Flokulator	TU-03	0,5	0,37
2.	*Clarifier*	CU-01	0,5	0,37
3.	*Blower Cooling Tower*	BT-01	0,33	0,25
4.	*Compressor*	KU-01	5	3,73
5.	Pompa Utilitas 1	PU-01	2	1,49
6.	Pompa Utilitas 2	PU-02	2	1,49
7.	Pompa Utilitas 3	PU-03	0,05	0,04
8.	Pompa Utilitas 4	PU-04	0,05	0,04
9.	Pompa Utilitas 5	PU-05	3	2,24
10.	Pompa Utilitas 6	PU-06	2	1,49
11.	Pompa Utilitas 7	PU-07	0,75	0,56
12.	Pompa Utilitas 8	PU-08	1,5	1,12
13.	Pompa Utilitas 9	PU-09	2	1,49
14.	Pompa Utilitas 10	PU-10	0,05	0,04
15.	Pompa Utilitas 11	PU-11	0,05	0,04
16.	Pompa Utilitas 12	PU-12	3	2,24
17.	Pompa Utilitas 13	PU-13	1	0,75
18.	Pompa Utilitas 14	PU-14	1,5	1,12
19.	Pompa Utilitas 15	PU-15	0,05	0,04
20.	Pompa Utilitas 16	PU-16	0,05	0,04
21.	Pompa Utilitas 17	PU-17	1	0,75
22.	Pompa Utilitas 18	PU-18	1,5	1,12
23.	Pompa Utilitas 19	PU-19	0,05	0,04
24.	Pompa Utilitas 20	PU-20	3	2,24
25.	Pompa Utilitas 21	PU-21	1,5	1,12
TOTAL			**32,43**	**24,18**

Berdasarkan data pada Tabel 5. 3 dan Tabel 5. 4 tersebut, maka total kebutuhan listrik untuk alat proses dan alat utilitas adalah 316,94 kW. Perancangan dibuat *over design* 10% maka total kebutuhan listrik menjadi 348,64 kW.

c. Kebutuhan Listrik Alat Kontrol (Instrumentasi)

Power yang dibutuhkan untuk alat kontrol diperkirakan 25% dari total kebutuhan listrik, sehingga:

P = 25% x 316,94 kW

= 79,24 kW

Over design 10% = 87,16 kW

d. Kebutuhan Listrik Penerangan

Power yang dibutuhkan untuk keperluan sistem penerangan diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik, sehingga:

P = 15% x 316,94 kW

= 47,54 kW

Over design 10% = 52,30 kW

e. Kebutuhan Listrik Bengkel, Laboratorium, dan Lain-lain

Power yang dibutuhkan untuk bengkel, laboratorium, dan lain-lain diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik, sehingga:

P = 15% x 316,94 kW

= 47,54 kW

Over design 10% = 52,30 kW

f. Kebutuhan Listrik Peralatan Kantor

Power yang dibutuhkan untuk peralatan kantor seperti AC, computer, dan peralatan penunjang lainnya diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik, sehingga:

P = 15% x 316,94 kW

= 47,54 kW

Over design 10% = 52,30 kW

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa total kebutuhan listrik untuk menjalankan pabrik gliserol monolaurat sebesar 592,69 kW seperti pada Tabel 5.5.

Tabel 5. 5 Total kebutuhan listrik pabrik

No.	Kebutuhan Listrik	kW
1.	Listrik alat proses dan alat utilitas	348,64
2.	Listrik alat kontrol (instrumentasi)	87,16
3.	Listrik penerangan	52,30
4.	Listrik bengkel, laboratorium, dan lain-lain	52,30
5.	Listrik peralatan kantor	52,30
TOTAL		**592,69**

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

Dalam operasional pabrik ini, udara tekan digunakan sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan instrumen-instrumen kontrol yang bekerja secara pneumatis. Tekanan udara instrumen yang dibutuhkan adalah sebesar 7,2 bar. Pada pabrik ini, terdapat 16 alat kontrol yang membutuhkan udara tekan untuk menjalankan fungsinya. Proses penyediaan udara tekan dimulai dari pengambilan udara lingkungan yang kemudian dikompresi menggunakan *compressor* yang dilengkapi dengan *filter* udara, hingga mencapai tekanan yang diinginkan yaitu 7,2 bar. Setelah dikompresi, udara tersebut dialirkan menuju alat kontrol dan alat proses yang memerlukannya. Total kebutuhan udara instrumen diperkirakan mencapai 29,91 m^3/jam. Agar udara yang digunakan dalam kondisi kering, maka setelah keluar dari blower, udara terlebih dahulu dilewatkan melalui sebuah tangki udara atau bejana pengering

yang berisi *silica gel*. Proses ini memastikan tidak adanya kandungan uap air yang dapat mengganggu kinerja sistem kontrol pneumatis.

5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan kebutuhan bahan bakar yang dibutuhkan pada generator dan *boiler* penghasil *steam.* Kebutuhan bahan bakar untuk generator cadangan berfungsi untuk mengetahui seberapa banyak bahan bakar yang dibutuhkan agar generator dapat beroperasi secara optimal. Pada sistem ini, bahan bakar yang digunakan adalah solar. Kebutuhan bahan bakar pada alat *boiler* adalah 1.263,2 kg/jam, sedangkan kebutuhan bahan bakar untuk menjalankan generator sebesar 78,66 kg/jam.

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari pabrik gliserol monolaurat dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu:

a. Bahan buangan cair

Bahan buangan cair meliputi buangan air domestik dan *blow down cooling water*. Air buangan domestik berasal dari toilet di sekitar pabrik dan perkantoran. Air tersebut dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi gas klorin. Air limbah dari laboratorium diolah melalui beberapa proses terlebih dahulu sebelum di buang ke lingkungan karena mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah cair ini yaitu secara *physical treatment* (pengendapan dan penyaringan), *chemical treatment*

(penambahan bahan kimia dan pengontrolan pH), serta *biological treatment*.

b. Bahan buangan udara dari unit proses

Bahan buangan berupa gas dari pabrik ini adalah udara yang telah digunakan untuk mengubah fase dan mengeringkan gliserol monolaurat pada alat *spray cooling chamber*. Udara tersebut termasuk gas yang aman untuk dibuang langsung ke lingkungan sehingga tidak membutuhkan penanganan khusus terhadap limbahnya

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5. 6 Spesifikasi pompa utilitas

Kode	**PU-01**	**PU-02**	**PU-03**	**PU-04**	**PU-05**
Fungsi	Mengalirkan air sungai melewati *screener* (SU-01) menuju bak sedimentasi (BU-01)	Mengalirkan air sungai dari bak sedimentasi (BU-01) menuju tangki flokulator (TU-01)	Mengalirkan larutan alum dari tangki (TU-01) menuju tangki flokulator (TU-01)	Mengalirkan larutan CaOH dari tangki (TU-01) menuju tangki flokulator (TU-01)	Mengalirkan air sungai dari tangki flokulator (TU-01) menuju *Clarifier* (CU-01)
Jenis	*Single Stage Centrifugal Pump*				
Bahan	*Commercial Steel*				
Kapasitas (gpm)	141,117	141,117	0,004	0,019	141,117
Spesifikasi Pipa					
NPS (in)	4	4	0,125	0,25	4
Sch. Number	40	40	40	40	40
OD (in)	4,5	4,5	0,269	0,364	4,5
ID (in)	4,026	4,026	0,405	0,54	4,026
Flow area (in^2)	12,7	12,7	0,058	0,104	12,7
Efisiensi pompa	45%	45%	10%	10%	45%
Power pompa (Hp)	1,403	1,403	0,0001	0,0009	1,758
Power motor (Hp)	2	2	0,05	0,05	3
Harga ($)	9.000	9.000	4.200	4.200	9.000

Tabel 5. 7 Spesifikasi pompa utilitas (lanjutan)

Kode	**PU-06**	**PU-07**	**PU-08**	**PU-09**	**PU-10**	**PU-11**
Fungsi	Mengalirkan air sungai dari bak pengendap kedua (BU-02) menuju *sand filter* (SU-02)	Mengalirkan air sungai dari *sand filter* (SU-02) menuju bak penampung sementara (BU-03)	Mengalirkan air dari bak penampungan sementara (BU-03) menuju pengolahan air	Mengalirkan klorin dari tangki (TU-05) menuju tangki klorinasi (TU-06)	Mengalirkan air dari tangki klorinasi (TU-06) menuju tangki air bersih (TU-07)	Mengalirkan air dari bak air pendingin (BU-04) menuju *Cooling Tower* (CT-01)
Jenis	*Single Stage Centrifugal Pump*					
Bahan	*Commercial Steel*					
Kapasitas (gpm)	141,117	141,117	141,117	0,019	2,715	48,835
NPS (in)	4	4	4	0,125	0,375	2,5
Sch. Number	40	40	40	40	40	40
OD (in)	4,5	4,5	4,5	0,269	0,675	2,469
ID (in)	4,026	4,026	4,026	0,405	0,493	2,88
Flow area (in^2)	12,7	12,7	12,7	0,058	0,192	4,79
Efisiensi pompa	45%	45%	45%	5%	15%	30%
Power pompa (Hp)	0,447	1,005	1,55	0,000002	0,0026	2,15
Power motor (Hp)	0,75	1,5	2	0,05	0,05	3
Harga ($)	9.000	9.000	9.000	4.200	9.000	6.100

Tabel 5. 8 Spesifikasi pompa utilitas (lanjutan)

Kode	**PU-12**	**PU-13**	**PU-14**	**PU-15**	**PU-16**	**PU-17**
Fungsi	Mengalirkan air dari alat proses menuju bak air pendingin (BU-04)	Mengalirkan air dari tangki H_2SO_4 (TU-08) menuju tangki *kation exchanger* (TU-09)	Mengalirkan air dari *kation exchanger* (TU-09) menuju tangki *anion exchanger* (TU-11)	Mengalirkan klorin dari tangki (TU-10) menuju tangki *anion exchanger* (TU-11)	Mengalirkan air dari tangki *anion exchanger* (TU-11) menuju tangki umpan *boiler* (TU-12)	Mengalirkan air dari tangki umpan *boiler* (TU-12) menuju tangki deaerator (DE-01)
Jenis	*Single Stage Centrifugal Pump*					
Bahan	*Commercial Steel*					
Kapasitas (gpm)	141,117	141,117	109,715	3,321	62,101	62,101
NPS (in)	2,5	4	2	2,5	2	2
Sch. Number	40	40	40	40	40	40
OD (in)	2,469	4,5	2,067	2,469	2,067	2,067
ID (in)	2,88	4,026	2,38	2,88	2,38	2,38
Flow area (in^2)	4,79	12,7	3,35	4,79	3,35	3,35
Efisiensi pompa	30%	45%	42%	18%	35%	35%
Power pompa (Hp)	0,751	1,005	0,027	0,038	0,77	1,004
Power motor (Hp)	1	1,5	0,05	0,05	1	1,5
Harga, $	6.100	9.000	6.100	6.100	6.100	6.100

Tabel 5. 9 Spesifikasi pompa utilitas (lanjutan)

Kode	**PU-18**	**PU-19**	**PU-20**
Fungsi	Mengalirkan N_2H_4 dari tangki (TU-13) menuju tangki deaerator (DE-01)	Mengalirkan air dari tangki deaerator (DE-01) menuju *boiler* (B-01)	Mengalirkan air dari alat proses menuju tangki umpan *boiler* (TU-12)
Jenis	*Single Stage Centrifugal Pump*		
Bahan	*Commercial Steel*		
Kapasitas (gpm)	0,003	62,101	62,101
NPS (in)	0,125	2	2
Sch. Number	40	40	40
OD (in)	0,269	2,067	2,067
ID (in)	0,405	2,38	2,38
Flow area (in^2)	0,058	3,35	3,35
Efisiensi pompa	5%	35%	35%
Power pompa (Hp)	0,00008	1,77	1,056
Power motor (Hp)	0,05	3	1,5
Harga ($)	4.200	6.100	6.100

Tabel 5. 10 Spesifikasi tangki utilitas

Kode	**TU-01**	**TU-02**	**TU-03**	**TU-04**	**TU-05**
Fungsi	Menyimpan larutan alum 5% untuk 2 minggu operasi	Menyimpan larutan CaOH untuk 1 minggu operasi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran yang berupa *disperse* koloid dalam air dengan menambahkan koagulan	Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu untuk kebutuhan tangki klorinasi (TU-06)
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder berpengaduk	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Bahan	*Carbon Steel*				
Spesifikasi Tangki					
Tinggi (m)	1,814	1,991	3,469	2,680	0,074
Diameter (m)	0,907	0,996	3,469	2,680	0,074
Volume (m^3)	1,171	1,549	32,794	15,120	0,0003
Impeller	–	–	*Marine Turbine*	–	–
Power Motor (Hp)	–	–	0,5	–	–
Jumlah *Impeller*	–	–	1	–	–
Harga ($)	11.700	12.900	356.200	29.200	1.500

Tabel 5. 11 Spesifikasi tangki utilitas (lanjutan)

Kode	**TU-06**	**TU-07**	**TU-08**	**TU-09**	**TU-10**
Fungsi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk keperluan domestik	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	Menyimpan H_2SO_4 untuk regenerasi *kation exchanger*	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air dengan cara mengikat ion-ion positif (Na^+, Ca^{2+}, Ba) yang ada dalam air	Menyimpan NaOH untuk regenerasi *anion exchanger*
Jenis	Tangki silinder	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Bahan	*Carbon Steel*	*Carbon Steel*	*Stainless Steel*	*Stainless Steel*	*Stainless Steel*
Spesifikasi Tangki					
Tinggi (m)	0,929	2,680	1,548	2,286	0,951
Diameter (m)	0,929	2,680	1,548	0,787	0,951
Volume (m^3)	0,630	15,120	2,912	0,925	0,676
Harga ($)	9.400	29.200	23.900	24.700	22.100

Tabel 5. 12 Spesifikasi tangki utilitas (lanjutan)

Kode	**TU-11**	**TU-12**	**TU-13**
Fungsi	Menghilangkan ion-ion negatif yang masih terbawa terbawa bak air bersih	Mencampur kondesat sirkulasi dan *makeup water* umpan *boiler* sebelum dibangkitkan sebagai *steam* alam	Menyimpan N_2H_4
Jenis	Tangki silinder	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Bahan	*Stainless Steel*	*Carbon Steel*	*Stainless Steel*
Spesifikasi Tangki			
Tinggi (m)	2,286	2,950	2,967
Diameter (m)	0,748	2,950	2,967
Volume (m^3)	0,837	20,161	20,493
Harga ($)	23.900	32.500	74.700

Tabel 5. 13 Spesifikasi bak utilitas

Kode	**BU-01**	**BU-02**	**BU-03**	**BU-04**
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai	Mengendapkan endapan berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulan)	Menampung sementara *raw water* setelah disaring di *sand filter*	Menampung air untuk kebutuhan *cooling tower*
Jenis	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi
Bahan	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang
Spesifikasi Tangki				
Tinggi (m)	4,345	3,665	3,664	4,083
Lebar (m)	8,690	7,330	7,328	8,166
Panjang (m)	8,690	7,330	7,328	8,166
Volume (m^3)	328,123	196,932	196,765	272,29
Harga ($)	41.304	24.799	24.778	34.289

Tabel 5. 14 Spesifikasi *cooling tower*

Kode	*Cooling Tower* (CT-01)
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan oleh alat proses dengan media pendingin udara
Bahan	*Carbon Steel*
Jenis	*Inducted draft cooling tower*
Spesifikasi	
Panjang, m	0,541
Lebar, m	0,541
Tinggi, m	13,591
Volume, m^3	9,454
Harga, $	97.600

Tabel 5. 15 Spesifikasi *blower cooling tower*

Kode	*Blower Cooling Tower* (BL-01)
Fungsi	Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan di dinginkan
Jenis	*Centrifugal Blower*
Bahan	*Carbon Steel*
Spesifikasi	
Kapasitas, m^3/jam	8.113,051
Efisiensi *blower*	0,80
Power, Hp	0,33
Harga, $	10.300

Tabel 5. 16 Spesifikasi *clarifier*

Kode	*Clarifier* (CU-01)
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran bersifat koloid yang terbawa oleh air dari bak pengendap awal
Jenis	Tangki silinder *conical bottom* berpengaduk
Bahan	*Carbon Steel*
Spesifikasi	
Diameter, m	5,508
Tinggi, m	5,508
Volume, m^3	131,176
Harga, $	47.900

Tabel 5. 17 Spesifikasi *screen* utilitas

Kode	*Screen* (SU-01)	*Sand Filter* (SU-02)
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam sungai
Bahan	Aluminium	Beton bertulang
Jenis	*Screener* persegi panjang	Bak persegi panjang
Spesifikasi		
Volume, m^3	–	3,367
Panjang, m	3,048	1,888
Lebar, m	2,438	1,888
Tinggi, m	–	0,944
Diameter lubang, cm	1	–
Harga, $	199,98	448,32

Tabel 5. 18 Spesifikasi deaerator

Kode	*Deaerator* (DE-01)
Fungsi	Menghilangkan gas CO_2 dan O_2 yang terikat dalam *feed water* yang menyebabkan kerak pada re*boiler*
Bahan	*Stainlees Steel*
Jjenis	Tangki silinder tegak
Spesifikasi	
Kapasitas, kg/jam	16.800,82
Diameter, m	2,950
Tinggi, m	2,950
Volume, m^3	20,161
Harga, $	32.300

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Dalam merancang pembangunan pabrik, diperlukan analisis ekonomi untuk menilai kelayakan investasi. Analisis ini mencakup perhitungan pengembalian modal, titik impas antara biaya dan pendapatan, serta proyeksi keuntungan yang dapat dihasilkan. Beberapa aspek penting yang harus diperhitungkan dalam evaluasi ini mencakup besarnya kebutuhan modal, peluang meraih keuntungan, serta risiko dan kelayakan pendirian pabrik.

Dalam evaluasi kelayakan ekonomi pabrik, terdapat beberapa indikator penting, yaitu:

1. *Return on Investment* (ROI)

   Menggambarkan persentase keuntungan tahunan yang mampu mengembalikan modal investasi.

2. *Pay Out Time* (POT)

   Waktu yang dibutuhkan agar akumulasi keuntungan sebelum depresiasi setara dengan investasi awal.

3. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR)

   Mengukur tingkat keuntungan tahunan dengan mempertimbangkan nilai waktu uang, serta menentukan suku bunga maksimum agar proyek dapat membayar pinjaman selama umur operasional.

4. *Break Even Point* (BEP)

   Titik impas dimana pendapatan dan biaya seimbang, tanpa menghasilkan laba maupun rugi.

5. *Shut Down Point* (SDP)

Titik ketika produksi harus dihentikan karena tidak lagi menguntungkan, biasanya akibat biaya variabel yang tinggi atau keputusan manajerial.

Sebelum menganalisis indikator tersebut, perlu dilakukan perkiraan terlebih dahulu terhadap hal-hal berikut:

a. Modal industri
    1) Modal tetap (*fixed capital*)
    2) Modal kerja (*working capital*)

b. Biaya produksi total
    1) Biaya manufaktur
    2) Biaya umum

c. Pendapatan modal

Untuk analisis titik impas, diperlukan estimasi sebagai berikut:

1) Biaya tetap tahunan
2) Biaya variabel tahunan
3) Biaya mengambang tahunan

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan cenderung berubah setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi saat itu, sehingga sulit untuk menentukan harga pasti setiap tahunnya. Oleh karena itu, dibutuhkan metode estimasi harga dengan mengacu pada indeks harga peralatan operasi pada tahun yang dimaksud.

Pabrik gliserol monolaurat direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun produksi, dengan evaluasi ekonomi dilakukan pada tahun 2029. Dalam analisis ekonomi, seluruh harga alat dan komponen lainnya dihitung berdasarkan nilai pada tahun evaluasi. Untuk mengetahui harga pada tahun tersebut, digunakan indeks harga tahun 2029. Nilai indeks ini diperkirakan menggunakan data CEPCI *(Chemical Engineering Plant Cost Index)* dari tahun 2014 hingga 2024, lalu dianalisis menggunakan persamaan regresi linier.

Berikut adalah indeks harga yang di dalam Teknik kimia disebut CEP indeks atau *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI).

Tabel 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 2004 – 2024

No.	Tahun	Indeks
1	2004	444,20
2	2005	468,20
3	2006	499,60
4	2007	525,40
5	2008	575,40
6	2009	521,90
7	2010	550,80
8	2011	585,70
9	2012	584,60
10	2013	567,30
11	2014	576,10
12	2015	556,80
13	2016	541,70
14	2017	567,50
15	2018	603,10
16	2019	607,50
17	2020	596,20
18	2021	776,30
19	2022	648,94
20	2023	658,61
21	2024	655,51

Dalam memperkirakan harga peralatan, terdapat dua pendekatan yang bisa digunakan. Salah satunya adalah dengan menghitung harga alat pada tahun pembangunan pabrik berdasarkan harga pada tahun referensi yang dikalikan dengan rasio indeks harga (Aries & Newton, 1955).

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \tag{6.1}$$

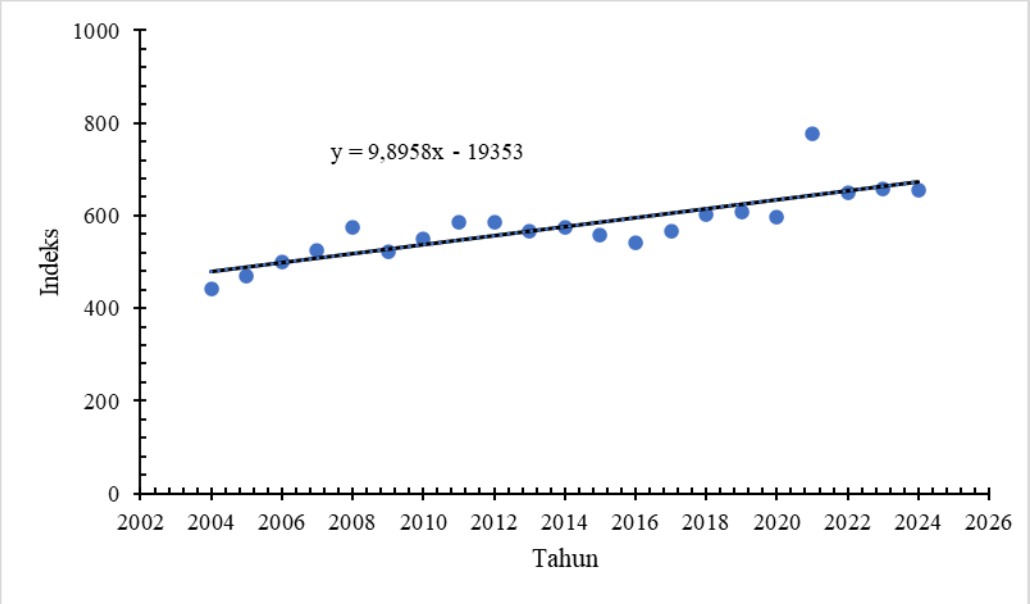
Dimana:

Ex : Harga pembelian pada tahun 2029

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi 2014

Nx : *Index* harga pada tahun 2029

Ny : *Index* harga pada tahun referensi 2014



Gambar 6. 1 Grafik hubungan indeks harga dan tahun

Dari grafik pada Gambar 6. 1, diperoleh persamaan regresi linier y = 9,8958x – 19.353. Dengan menggunakan persamaan ini, dapat dihitung nilai CEPCI untuk tahun referensi dan tahun perancangan. Nilai CEPCI pada tahun referensi 2014 adalah 576,10, sedangkan untuk tahun perancangan 2029 diperkirakan sebesar 725,58. Berdasarkan nilai-nilai CEPCI tersebut, dapat dihitung estimasi harga peralatan proses dan utilitas sebagai berikut:

Tabel 6. 2 Harga alat proses

Nama alat	**Kode**	**Jumlah**	**Ey**	**Ex**
			2014	2029
Tangki Gliserol	TP-01	1	$ 142.200,00	$ 179.096,03
Tangki Etil Asetat	TP-02	1	$ 16.500,00	$ 20.781,18
Silo Asam Laurat	SL-01	1	$ 350.400,00	$ 441.316,79
Silo katalis	SL-02	1	$ 33.500,00	$ 42.192,10
Silo GML	SL-03	1	$ 336.800,00	$ 424.188,05
Mixer	M-01	1	$ 13.400,00	$ 16.876,84
Reaktor 1	R-01	1	$ 170.000,00	$ 214.109,17
Reaktor 2	R-02	1	$ 170.000,00	$ 214.109,17
Spray Cooling Chamber	ST-01	1	$ 13.800,00	$ 9.273,77
Heating Tank	HT-01	1	$ 9.700,00	$ 12.216,82
Decanter	DC-01	1	$ 135.900,00	$ 171.161,39
Screener 1	S-01	1	$ 35.200,00	$ 44.333,19
Washing Tank	WT-01	1	$ 7.800,00	$ 9.823,83
Screener 2	S-02	1	$ 11.000,00	$ 13.854,12
Cyclone	CC-01	1	$ 16.900,00	$ 21.284,97
Crystallizer	CR-01	1	$ 403.000,00	$ 507.564,68
Screener 3	S-03	1	$ 28.400,00	$ 35.768,83
Evaporator	EV-01	1	$ 257.200,00	$ 323.934,58
Heater	HE-01	1	$ 31.300,00	$ 39.421,28
Cooler	CL-01	1	$ 1.100,00	$ 1.385,41
Pompa 1	P-01	1	$ 7.700,00	$ 9.697,89
Pompa 2	P-02	1	$ 9.400,00	$ 11.838,98
Pompa 3	P-03	1	$ 9.400,00	$ 11.838,98
Pompa 4	P-04	1	$ 9.400,00	$ 11.838,98

Tabel 6. 3 Harga alat proses (lanjutan)

Pompa 5	P-05	1	$ 9.400,00	$ 11.838,98
Pompa 6	P-06	1	$ 9.400,00	$ 11.838,98
Pompa 7	P-07	1	$ 7.700,00	$ 9.697,89
Pompa 8	P-08	1	$ 7.700,00	$ 9.697,89
Pompa 9	P-09	1	$ 9.400,00	$ 11.838,98
Pompa 10	P-10	1	$ 9.400,00	$ 11.838,98
Pompa 11	P-11	1	$ 6.800,00	$ 8.564,37
Pompa 12	P-12	1	$ 4.700,00	$ 5.919,49
Pompa 13	P-13	1	$ 4.700,00	$ 5.919,49
Pompa 14	P-14	1	$ 4.700,00	$ 5.919,49
Pompa 15	P-15	1	$ 4.700,00	$ 5.919,49
Screw conveyor 1	SC-01	1	$ 9.800,00	$ 12.342,76
Screw conveyor 2	SC-02	1	$ 9.800,00	$ 12.342,76
Screw conveyor 3	SC-03	1	$ 9.800,00	$ 12.342,76
Screw conveyor 4	SC-04	1	$ 9.800,00	$ 12.342,76
Screw conveyor 5	SC-05	1	$ 9.800,00	$ 12.342,76
Screw conveyor 6	SC-06	1	$ 9.800,00	$ 12.342,76
Screw conveyor 7	SC-07	1	$ 9.000,00	$ 11.335,19
Total				**$ 3.234.321,82**

Tabel 6. 4 Harga alat utilitas

Nama alat	**Kode**	**Jumlah**	**Ey**	**Ex**
			2014	2029
Pompa Utilitas 1	PU-01	1	$ 9.000,00	$ 11.335,19
Pompa Utilitas 2	PU-02	1	$ 9.000,00	$ 11.335,19
Pompa Utilitas 3	PU-03	1	$ 4.200,00	$ 5.289,76
Pompa Utilitas 4	PU-04	1	$ 4.200,00	$ 5.289,76
Pompa Utilitas 5	PU-05	1	$ 9.000,00	$ 11.335,19
Pompa Utilitas 6	PU-06	1	$ 9.000,00	$ 11.335,19
Pompa Utilitas 7	PU-07	1	$ 9.000,00	$ 11.335,19
Pompa Utilitas 8	PU-08	1	$ 9.000,00	$ 11.335,19
Pompa Utilitas 9	PU-09	1	$ 9.000,00	$ 11.335,19
Pompa Utilitas 10	PU-10	1	$ 4.200,00	$ 5.289,76
Pompa Utilitas 11	PU-11	1	$ 9.000,00	$ 11.335,19
Pompa Utilitas 12	PU-12	1	$ 6.100,00	$ 7.682,74

Tabel 6. 5 Harga alat utilitas

Pompa Utilitas 13	PU-13	1	$ 6.100,00	$ 7.682,74
Pompa Utilitas 14	PU-14	1	$ 9.000,00	$ 11.335,19
Pompa Utilitas 15	PU-15	1	$ 6.100,00	$ 7.682,74
Pompa Utilitas 16	PU-16	1	$ 6.100,00	$ 7.682,74
Pompa Utilitas 17	PU-17	1	$ 6.100,00	$ 7.682,74
Pompa Utilitas 18	PU-18	1	$ 6.100,00	$ 7.682,74
Pompa Utilitas 19	PU-19	1	$ 4.200,00	$ 5.289,76
Pompa Utilitas 20	PU-20	1	$ 6.100,00	$ 7.682,74
Tangki Utilitas 1	TU-01	1	$ 6.100,00	$ 7.682,74
Tangki Utilitas 2	TU-02	1	$ 11.700,00	$ 14.735,75
Tangki Utilitas 3	TU-03	1	$ 12.900,00	$ 16.247,11
Tangki Utilitas 4	TU-04	1	$ 356.200,00	$ 448.621,69
Tangki Utilitas 5	TU-05	1	$ 29.200,00	$ 36.776,40
Tangki Utilitas 6	TU-06	1	$ 1.500,00	$ 1.889,20
Tangki Utilitas 7	TU-07	1	$ 9.400,00	$ 11.838,98
Tangki Utilitas 8	TU-08	1	$ 29.200,00	$ 36.776,40
Tangki Utilitas 9	TU-09	1	$ 23.900,00	$ 30.101,23
Tangki Utilitas 10	TU-10	1	$ 24.700,00	$ 31.108,80
Tangki Utilitas 11	TU-11	1	$ 22.100,00	$ 27.834,19
Tangki Utilitas 12	TU-12	1	$ 23.900,00	$ 30.101,23
Tangki Utilitas 13	TU-13	1	$ 32.500,00	$ 40.932,64
Bak Utilitas 1	BU-01	1	$ 74.700,00	$ 94.082,09
Bak Utilitas 2	BU-02	1	$ 41.304,00	$ 52.020,97
Bak Utilitas 3	BU-03	1	$ 24.799,00	$ 31.233,49
Bak Utilitas 4	BU-04	1	$ 24.778,00	$ 31.207,04
Cooling Tower	CT-01	1	$ 34.289,00	$ 43.185,82
Blower Cooling Tower	BT-01	1	$ 97.600,00	$ 122.923,85
Clarifier	CU-01	1	$ 10.300,00	$ 12.972,50
Screen Utilitas 1	SU-01	1	$ 47.900,00	$ 60.328,41
Screen Utilitas 2	SU-02	1	$ 199,98	$ 251,87
Deaerator	DE-01	1	$ 448,32	$ 564,64
Total				**$1.403.081,71**

6.2 Dasar Perhitungan

Dasar atau basis yang digunakan untuk melakukan perhitungan analisis ekonomi pada prarancangan pabrik gliserol monolaurat adalah sebagai berikut:

Kapasitas produksi	: 10.000 ton / tahun
Durasi pabrik beroperasi	: 330 hari kerja
Umur alat	: 10 Tahun
Kurs mata uang	: Rp 16.490 = 1 $
Tahun pabrik didirikan	: 2029
UMR Kabupaten Deli Serdang	: Rp 4.553.258 (tahun 2029)

6.3 Analisis Keuangan

6.3.1 Modal (*Capital Investment*)

Capital Investment adalah banyaknya biaya pengeluaran-pengeluaran yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan biaya untuk memulai dan menjalankan proses produksinya. *Capital Investment* terbagi menjadi dua, yaitu *Fixed Capital Investment* (FCI) dan *Working Capital Investment* (WCI).

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah total biaya yang dikeluarkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas yang dapat menunjang selama pabrik beroperasi. *Fixed Capital Investment* terdiri dari *Physical Plant Cost* dan *Direct Plant Cost*.

Tabel 6. 6 *Physical plant cost* (PPC)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Purchased Equipment Cost (PEC)*	Rp82.457.901.903,82	$ 3.234.321,82
2.	*Delivered Equipment Cost* (DEC)	Rp10.604.333.829,68	$ 646.864,36
3.	*Utility Equipment Cost* (UEC)	Rp22.443.871.119,29	$ 1.369.076,14
4.	Pemasangan alat proses	Rp6.362.600.297,81	$ 388.118,62
5.	Instrumentasi dan alat kontrol	Rp7.953.250.372,26	$ 485.148,27
6.	Pemipaan	Rp34.464.084.946,46	$ 2.102.309,18
7.	Instalasi Listrik	Rp5.302.166.914,84	$ 323.432,18
8.	Bangunan	Rp23.859.751.116,78	$ 1.455.444,82
9.	Pembelian lahan dan perbaikan	Rp4.758.325.000,00	$ 290.257,83
10.	Insulasi	Rp4.241.733.531,87	$ 258.745,75
11.	Utilitas	Rp6.733.161.335,79	$ 410.722,84
TOTAL		**Rp179.744.947.613,17**	**$10.964.441,80**

Tabel 6. 7 *Direct plant cost* (DPC)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Engineering and Construction*	Rp35.948.989.522,63	$ 2.192.888,36
Total (DPC + PPC)		**Rp215.693.937.135,81**	**$ 13.157.330,17**

Tabel 6. 8 *Fixed capital investment* (FCI)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Contractor's fee*	Rp17.255.514.970,86	$ 1.052.586,41
2.	*Contigency*	Rp43.138.787.427,16	$ 2.631.466,03
3.	*Physical Plant Cost* (PPC)	Rp179.744.947.613,17	$ 10.964.441,80
4.	*Direct Plant Cost* (DPC)	Rp215.693.937.135,81	$ 13.157.330,17
TOTAL		**Rp455.833.187.147,01**	**$ 27.805.824,42**

b. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment merupakan dana yang digunakan untuk membiayai operasional sehari-hari pabrik selama periode tertentu, khususnya hingga pabrik menghasilkan pendapatan yang stabil. Dana modal tersebut meliputi kebutuhan pembelian bahan baku, gaji pekerja, biaya utilitas pabrik, dan kebutuhan operasional lainnya untuk menjalankan pabrik. Modal tersebut dapat bersumber dari uang pribadi, peminjaman bank, atau dana dari investor. Terdapat ciri-ciri investasi yang baik, yaitu:

1) Dapat menghasilkan keuntungan bagi pabrik secara maksimal
2) Memiliki waktu pengembalian modal yang relatif cepat
3) Didukung oleh legalitas atau hukum yang kuat, teknologi yang memadai, serta selalu memenuhi standar keamanan dan keberlanjutan.

Tabel 6. 9 *Working capital investment* (WCI)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Raw material inventory*	Rp105.823.610.725,45	$ 6.455.240,25
2.	*In process inventory*	Rp4.198.524.323,73	$ 256.109,98
3.	*Product inventory*	Rp115.459.418.902,56	$ 7.043.024,55
4.	*Extended credit*	Rp158.100.369.852,19	$ 9.644.122,56
5.	*Available cash*	Rp115.459.418.902,56	$ 7.043.024,55
TOTAL		**Rp499.041.342.706,48**	**$ 30.441.521,91**

6.3.2 Biaya Produksi (*Total Production Cost*)

Total Production Cost atau *Manufacturing Cost* adalah biaya yang dikeluarkan selama proses pembuatan produk dari awal proses hingga akhir. *Manufacturing Cost* meliputi jumlah total dari *Direct Manufacturing Cost, Indirect Manufacturing Cost,* dan *Fixed Manufacturing Cost*.

a. *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

Direct Manufacturing Cost merupakan biaya yang secara langsung digunakan dalam proses produksi, seperti biaya bahan baku dan tenaga kerja yang terlibat langsung dalam pembuatan produk.

Tabel 6. 10 *Direct manufacturing cost* (DMC)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Raw material*	Rp1.269.883.328.705,36	$ 77.462.883,05
2.	*Utilities*	Rp943.074.562,09	$ 57.527,55
3.	*Labor*	Rp12.918.676.608,00	$ 788.039,27
4.	*Supervision*	Rp1.937.801.491,20	$ 118.205,89
5.	*Maintenance*	Rp27.349.991.228,82	$ 1.668.349,46
6.	*Plant supplies*	Rp4.102.498.684,32	$ 250.252,42
7.	*Royalties & patent*	Rp54.208.298,06	$ 3.306,71
TOTAL		**Rp1.317.189.579.577,84**	**$ 80.348.564,35**

b. *Indirect Manufacturing Cost*

Indirect manufacturing cost merupakan pengeluaran yang muncul akibat kegiatan operasional pabrik namun tidak secara langsung berhubungan dengan proses produksi, seperti biaya utilitas dan perawatan fasilitas.

Tabel 6. 11 *Indirect manufacturing cost* (IMC)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Payroll overhead*	Rp1.937.801.491,20	$ 118.205,89
2.	*Laboratory*	Rp468.000.000,00	$ 28.548,00
3.	*Plant overhead*	Rp6.459.338.304,00	$ 394.019,64
4.	*Packing and shiping*	Rp4.758.325.000,00	$ 290.257,83
TOTAL		**Rp13.623.464.795,20**	**$ 831.031,35**

c. *Fixed Manufacturing Cost* (FMC)

Fixed Manufacturing Cost adalah biaya tetap yang harus dikeluarkan oleh pabrik secara rutin, baik saat proses produksi sedang berlangsung maupun pabrik tidak beroperasi. Biaya ini bersifat konstan dan tidak terpengaruh oleh volume produksi atau waktu produksi, seperti biaya sewa bangunan, harga penyusutan peralatan produksi, dan gaji tetap karyawan.

Tabel 6. 12 *Fixed manufacturing cost* (FMC)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Depreciation*	Rp45.583.318.714,70	$ 2.780.582,44
2.	*Property tax*	Rp4.558.331.871,47	$ 278.058,24
3.	*Insurance*	Rp4.558.331.871,47	$ 278.058,24
TOTAL		**Rp54.699.982.457,64**	**$ 3.336.698,93**

Tabel 6. 13 *Total manufacturing cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Direct Manufacturing Cost*	Rp1.317.189.579.577,84	$ 80.348.564,35
2.	*Indirect Manufacturing Cost*	Rp13.623.464.795,20	$ 831.031,35
3.	*Fixed Manufacturing Cost*	Rp54.699.982.457,64	$ 3.336.698,93
TOTAL		**Rp1.424.659.869.022,76**	**$ 86.904.252,01**

d. Pengetahuan Umum (*General Expenses*)

Pengeluaran umum (*General Expenses*) merupakan jenis biaya yang berkaitan dengan aktivitas perusahaan secara keseluruhan, namun tidak termasuk dalam kategori biaya produksi (*manufacturing cost*). Biaya ini dikeluarkan untuk mendukung kelancaran operasional perusahaan secara menyeluruh, mencakup fungsi-fungsi yang tidak secara langsung berhubungan dengan proses manufaktur.

Tabel 6. 14 *General expense*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Administration*	Rp56.916.133.146,79	$ 3.471.884,12
2.	*Promotion*	Rp56.916.133.146,79	$ 3.471.884,12
3.	*Research*	Rp56.916.133.146,79	$ 3.471.884,12
4.	*Finance*	Rp113.832.266.293,58	$ 6.943.768,24
TOTAL		**Rp284.580.665.733,94**	**$ 17.359.420,61**

Tabel 6. 15 *Total Production Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Manufacturing Cost*	Rp1.424.659.869.022,76	$ 86.904.252,01
2.	*General expenses*	Rp 284.580.665.733,94	$ 17.359.420,61
TOTAL		**Rp1.670.093.692.564,62**	**$ 101.875.715,25**

6.4 Analisis Keuntungan

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Diketahui:

Total penjualan = Rp1.897.204.438.226,26

Total *Production Cost* = Rp 1.670.093.692.564,62

Keuntungan yang diperoleh pabrik sebelum dikenakan pajak adalah:

Keuntungan:

= Total penjualan − Total *Production Cost*

= Rp1.897.204.438.226,26 − Rp 1.670.093.692.564,62

= Rp227.110.745.661,63

b. Keuntungan Setelah Pajak

Keuntungan yang diperoleh pabrik setelah dikenakan pajak adalah:

Tarif pajak = 25% keuntungan

= 25% x Rp 227.110.745.661,63

= Rp 56.777.686.415,41

Keuntungan setelah pajak:

= Keuntungan Sebelum Pajak – Pajak

= Rp227.110.745.661,63 − Rp 56.777.686.415,41

= Rp170.333.059.246,23

6.5 Analisis Risiko Pabrik

Analisis risiko pabrik bertujuan untuk mengevaluasi tingkat potensi bahaya dalam operasional suatu pabrik, apakah pabrik tersebut termasuk berisiko tinggi (*high risk*) atau rendah (*low risk*). Analisis berikut mempertimbangkan kemungkinan terjadinya berbagai kejadian yang tidak diinginkan dan menentukan langkah mitigasi yang sesuai. Parameter yang digunakan untuk menentukan risiko pabrik gliserol monolaurat menurut Chemical Book (2025) dijelaskan pada Tabel 6. 16 dan Tabel 6. 17.

Tabel 6. 16 Analisis risiko pabrik

No	Parameter Risiko	Deskripsi	Risiko	
			Low	***High***
1.	Kondisi operasi	Suhu tertinggi: 160 ℃	✔	
		Tekanan tertinggi: 1 atm	✔	
2.	**Bahan baku yang digunakan**			
	Asam Laurat	Toksisitas: asam laurat menunjukkan toksisitas yang rendah pada oral dan inhalasi, tetapi dapat menyebabkan kerusakan mata yang serius		✔
		Explosion limit: *lower explosion limit* 0,6%	✔	
		Flammability: asam laurat tidak mudah terbakar kecuali jika dipanaskan secara intensif	✔	
		Stabilitas: stabil pada kondisi ruang	✔	
	Gliserol	Toksisitas: gliserol termasuk zat yang tidak *toxic*	✔	
		Explosion limit: *upper explosion limit* 19% dan *lower explosion limit* 2,7%	✔	
		Flammability: gliserol tidak mudah terbakar kecuali jika dipanaskan secara intensif	✔	
		Stabilitas: termasuk zat yang stabil pada kondisi ruang	✔	
	Etil Asetat	Toksisitas: etil asetat dapat menyebabkan iritasi mata yang serius dan kehilangan kesadaran pada dosis yang tinggi		✔
		Explosion limit: *lower explosion limit* 2,2%	✔	
		Flammability: termasuk zat yang mudah terbakar		✔
		Stabilitas: termasuk zat yang stabil pada kondisi ruang	✔	

Tabel 6. 17 Analisis risiko pabrik (lanjutan)

3.	**Sifat produk yang dihasilkan**			
	Gliserol Monolaurat	Toksisitas: gliserol monolaurat bukan termasuk zat yang *toxic*	✔	
		Explosion limit: tidak mudah meledak	✔	
		Flammability: tidak mudah terbakar	✔	
		Stabilitas: termasuk zat yang stabil pada kondisi penyimpanan yang disarankan	✔	
	Air	Toksisitas: air bukan merupakan zat yang *toxic*	✔	
		Explosion limit: tidak mudah meledak	✔	
		Flammability: tidak mudah terbakar	✔	
		Stabilitas: termasuk zat yang stabil pada kondisi ruang	✔	
4.	Keberadaan Pabrik	Kebutuhan gliserol monolaurat di Indonesia semakin meningkat tetapi Indonesia masih mengimpor dari negara lain karena belum tersedia pabrik yang memproduksinya.	✔	

Berdasarkan pertimbangan pada Tabel 6. 16 dan Tabel 6. 17, secara keseluruhan pabrik gliserol monolaurat dapat digolongkan sebagai pabrik yang memiliki risiko rendah (*low risk*). Meskipun tergolong pabrik yang *low risk*, tetapi harus tetap memperhatikan keselamatan proses produksi dan harus menghindari suhu yang terlalu tinggi untuk keamanan proses.

6.6 Analisis Kelayakan Ekonomi

Analisis kelayakan ekonomi dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi potensi perolehan keuntungan maksimum yang dapat diraih dari operasional suatu pabrik. Hasil dari analisis ini dapat digunakan untuk

menentukan apakah pabrik gliserol monolaurat ini dapat dikategorikan sebagai proyek yang potensial dan menguntungkan dari segi ekonomi ataupun sebaliknya. Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengevaluasi kelayakan suatu pabrik, antara lain:

6.6.1 *Return of Investment* (ROI)

Return of Investment adalah perkiraan keuntungan yang dapat diperoleh setiap tahun, di mana perhitungannya didasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan. Pabrik dengan risiko yang rendah memiliki nilai ROI sebelum pajak minimal 11%, sedangkan pabrik dengan risiko yang tinggi memiliki nilai ROI sebelum pajak minimal 44%. Persentase ROI dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\%\text{ROI} = \frac{Keuntungan}{Fixed\ Capital\ Investment} x\ 100\% \qquad (6.\ 2)$$

ROI sebelum pajak = 49,82 %

ROI setelah pajak = 37,37 %

6.6.2 *Pay Out Time* (POT)

Pay Out Time adalah jumlah tahun yang berselang sebelum diperoleh suatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* oleh profit sebelum dikurangi depresiasi. Pabrik dengan tingkat risiko rendah memiliki batas maksimum POT yaitu 5 tahun, sedangkan untuk pabrik dengan risiko tingkat tinggi nilai POT maksimum yang dianjurkan

adalah 2 tahun. Nilai POT dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{POT} = \frac{Fix\ Capital\ Investment\ (FCI)}{Keuntungan + Depresiation} \qquad (6.\ 3)$$

POT sebelum pajak = 1,67 tahun

POT setelah pajak = 2,11 tahun

6.6.3 *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point adalah titik impas produksi atau suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Pada kondisi ini total pendapatan suatu pabrik sama dengan total biaya yang dikeluarkan. BEP merupakan nilai yang penting untuk menentukan batas minimum produksi dan penjualan yang harus dicapau agar investasi tidak mengalami kerugian. Hasil dari analisis BEP dapat menjadi acuan bagi suatu pabrik untuk menentukan harga jual minimum setiap unit dan jumlah unit produk yang harus dijual agar pabrik tersebut mendapatkan keuntungan. Secara umum, nilai BEP untuk pabrik kimia berkisar antara 40 – 60% dari total kapasitas produksi maksimum. Untuk menentukan nilai BEP dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{BEP} = \frac{(Fa + 0{,}3\ Ra)}{(Sa - Va - 0{,}7\ Ra)}\ x\ 100\% \qquad (6.\ 4)$$

Keterangan:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost*

Ra : *Annual Regulated Expenses*

Va : *Annual Variable Value*

Sa : *Annual Sales Value*

Tabel 6. 18 *Annual fixed cost* (Fa)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Depreciation*	Rp 45.583.318.714,70	$ 2.780.582,44
2.	*Property tax*	Rp 4.558.331.871,47	$ 278.058,24
3.	*Insurance*	Rp 4.558.331.871,47	$ 278.058,24
TOTAL		Rp 54.699.982.457,64	$ 3.336.698,93

Tabel 6. 19 *Annual Variable Cost* (Va)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Raw material*	Rp1.269.883.328.705,36	$ 77.462.883,05
2.	*Packaging and Shipping*	Rp 4.758.325.000,00	$ 290.257,83
3.	*Utilities*	Rp 943.074.562,09	$ 57.527,55
4.	*Royalties and Patent*	Rp 54.208.298,06	$ 3.306,71
TOTAL		Rp1.275.638.936.565,50	**$ 77.813.975,13**

Tabel 6. 20 *Annual regulated cost* (Ra)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Labor Cost*	Rp 12.918.676.608,00	$ 788.039,27
2.	*Plant Overhead*	Rp 6.459.338.304,00	$ 394.019,64
3.	*Payroll Overhead*	Rp 468.000.000,00	$ 28.548,00
4.	*Supervision*	Rp 1.937.801.491,20	$ 118.205,89
5.	*Laboratory*	Rp 468.000.000,00	$ 28.548,00
6.	*General Expenses*	Rp284.580.665.733,94	$ 17.359.420,61
7.	*Maintenance*	Rp 27.349.991.228,82	$ 1.668.349,46
8.	*Plant Supplies*	Rp 4.102.498.684,32	$ 250.252,42
TOTAL		Rp 38.284.972.050,28	$ 20.635.383,30

Tabel 6. 21 *Annual sales value* (Sa)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga ($)
1.	*Annual sales*	Rp1.897.204.438.226,26	$ 115.729.470,73

Berdasarkan data-data diatas, kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan 6. 4 sehingga didapatkan nilai BEP untuk pabrik gliserol monolaurat ini sebesar 40,59%.

6.6.4 *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point adalah suatu kondisi kritis dimana aktivitas produksi suatu industri harus dihentikan karena pengoperasian pabrik tidak lagi menghasilkan keuntungan secara ekonomi. Penyebabnya antara lain *variabel cost* yang meningkat terlalu tinggi atau karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi yang tidak menghasilkan profit.

Pada kondisi *shut down point*, biaya yang dibutuhkan untuk mempertahankan operasional pabrik lebih tinggi jika dibandingkan dengan biaya yang digunakan untuk menghentikan operasional pabrik dan membayar *fixed cost*. Titik ini merupakan gambaran persentase kapasitas minimum yang harus dicapai suatu pabrik agar tetap dapat layak beroperasi. Nilai SDP tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{SDP} = \frac{0{,}3\ Ra}{Sa - Va - 0{,}7\ Ra}\ x\ 100\% \qquad (6.\ 5)$$

Berdasarkan Persamaan 6. 5, maka persentase SDP pabrik gliserol monolaurat sebesar 26,38%.

6.6.5 *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate adalah salah satu cara untuk menganalisa kelayakan ekonomi pabrik dimana DCFR didefinisikan sebagai jumlah uang dari keuntungan yang tidak digunakan untuk pinjaman modal dan bunganya. *Discounted cash flow rate* merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada 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. Secara umum, suatu pabrik dapat dinyatakan layak secara ekonomi apabila nilai DCFR lebih dari batas minimum yaitu sebesar 1,5 kali suku bunga bank.

$$(\mathrm{FCI} + \mathrm{WCI})(1+\mathrm{i})^{\mathrm{n}} = \mathrm{CF}\sum_{n=0}^{n=n-1}(1+i)^{n}\,\mathrm{WCI} + \mathrm{SV} \qquad (6.\ 6)$$

Keterangan:

FCI : *Fixed capital investment*

WCI : *Working capital investment*

CF : *Cash Flow*

SV : *Salvage value* = depresiasi

n : Umur pabrik

i : *Interest* atau nilai DCFR

Untuk menghitung nilai DCFR digunakan data-data sebagai berikut:

FCI = Rp662.959.336.311,44

WCI = Rp505.684.443.199,68

Cash Flow = Keuntungan setelah pajak + *depreciation* + *finance*

= Rp321.101.127.526,89

Umur pabrik = 10 tahun

Menurut Bank Indonesia (2025), suku bunga deposito bank saat ini sebesar 5,75%. Berdasarkan data tersebut, diperoleh hasil perhitungan DCFR sebagai berikut:

Suku bunga minimum = 1,5 x bunga sekarang

= 1,5 x 5,75%

= 8,6%

Dengan melakukan *trial* dan *error* untuk menentukan nilai DCRF maka diperoleh nilai DCFR sebesar 32,96%.

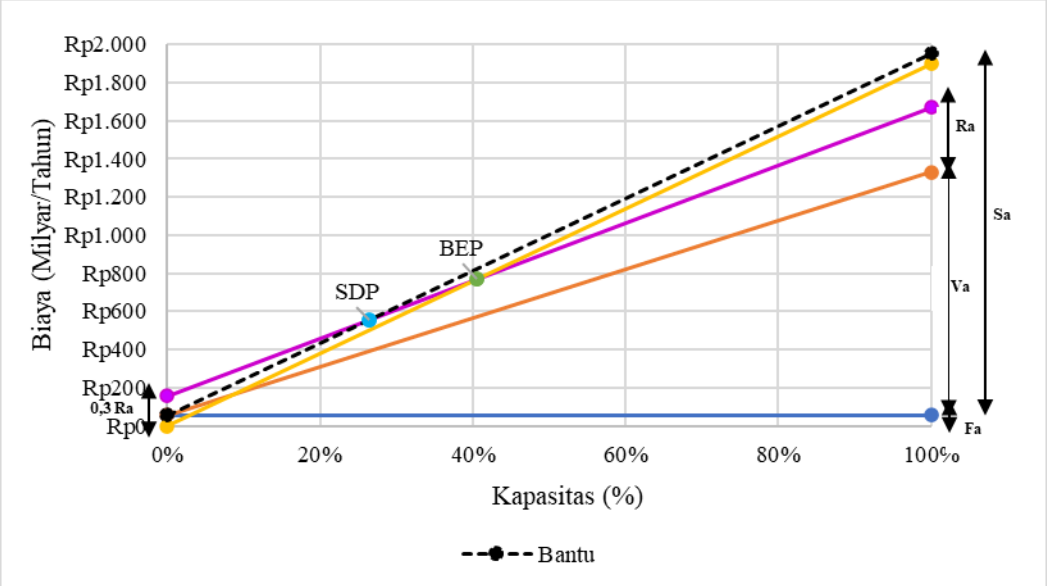
6.6.6 Hasil Analisis

Setelah dilakukan perhitungan terhadap parameter-parameter kelayakan ekonomi seperti ROI, POT, BEP, SDP, dan DCFR, kemudian diperoleh grafik yang menunjukkan hubungan antara persentase kapasitas produksi (%) terhadap biaya (milyar/tahun) yang ditunjukkan pada Gambar 6. 2 berikut. Grafik evaluasi ekonomi tersebut mencakup biaya tetap (Fa), biaya variabel (Va), total biaya (Ra), pendapatan penjualan (Sa), serta dua indikator utama kelayakan ekonomi, yaitu

Break Even Point (BEP) dan *Shut Down Point* (SDP). Grafik tersebut juga memberikan gambaran sejauh mana pabrik mampu beroperasi secara finansial dengan aman.

Tabel 6. 22 Hasil analisis kelayakan ekonomi

Kriteria	Hasil Analisis	Persyaratan	Layak/Tidak
ROI sebelum pajak	49,82%	Sebelum pajak minimum 44% untuk pabrik *high risk*	Layak
ROI setelah pajak	37,36%		Layak
POT sebelum pajak	1,6 tahun	Maksimum 2 tahun untuk pabrik *high risk*	Layak
POT setelah pajak	2,1 tahun		Layak
BEP	40,59%	Berkisar antara 40-60%	Layak
SDP	26,38%		Layak
DCFR	32,96%	>1,5 bunga bank = minimum 8,6%	Layak



Gambar 6. 2 Grafik kelayakan ekonomi

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil perhitungan perancangan pabrik gliserol monolaurat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun, baik ditinjau secara teknis maupun ekonomi adalah sebagai berikut:

1. Pendirian pabrik gliserol monolaurat berkapasitas 10.000 ton/tahun ini bertujuan memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan impor, mendorong tumbuhnya industri hilir berbahan baku gliserol dan asam laurat, membuka lapangan pekerjaan, serta meningkatkan perekonomian nasional.
2. Prarancangan pabrik gliserol monolaurat berbahan baku gliserol dan asam laurat ini dikategorikan sebagai pabrik berisiko tinggi (*high risk*) berdasarkan kajian proses, kondisi operasi, karakteristik bahan baku dan produk, serta ketentuan yang berlaku dari pemerintah.
3. Pabrik gliserol monolaurat didirikan di daerah Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara dengan luas tanah keseluruhan 13.000 m^2 dan jumlah karyawan 126 orang.
4. Berdasarkan evaluasi dari aspek ekonomi, pabrik ini dinilai menarik dan layak untuk dipertimbangkan serta dianalisis lebih mendalam dengan memperhatikan beberapa indikator berikut:

a. *Return On Investment* (ROI), nilai minimum ROI untuk pabrik dengan risiko rendah yaitu:

   1) ROI sebelum pajak = 49,82%

   2) ROI setelah pajak = 37,37%

b. *Pay Out Time*, nilai maksimal POT untuk pabrik dengan risiko rendah yaitu 5 tahun.

   1) POT sebelum pajak = 1,6 tahun

   2) POT setelah pajak = 2,1 tahun

c. *Break Event Point* = 40,59%, dengan nilai BEP berkisar antara 40 – 60%

d. *Shut Down Point* = 26,38%, dengan nilai SDP berada diatas 20%

e. *Discounted Cash Flow Rate* = 32,96%, dengan nilai DCFR harus diatas 1,5 kali dari suku bunga bank.

5. Berdasarkan keseluruhan tinjauan, meliputi ketersediaan bahan baku, kondisi operasi proses, dan hasil evaluasi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik gliserol monolaurat berkapasitas 10.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

7.2 Saran

Prarancangan pabrik kimia memerlukan pengetahuan dan pemahaman yang didukung oleh referensi serta pertimbangan lain yang relevan untuk meningkatkan kelayakan pendiriannya, antara lain sebagai berikut:

1. Diperlukan optimasi dalam pemilihan peralatan utama dan penunjang serta bahan baku agar keuntungan yang diperoleh dapat dimaksimalkan.
2. Perancangan pabrik kimia selalu menghasilkan limbah, sehingga diharapkan dapat mendorong pengembangan pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produk gliserol monolaurat berpotensi direalisasikan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor yang terus meningkat di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

Anggoro, D. D., Setianto, W. B., P, F. R., & Giovanno, A. (2016). *Dealuminasi dan Karakterisasi Zeolite Y sebagai Katalis untuk Konversi Gliserol menjadi Glycerol Monolaurate*. 2008–2011.

Asraaf Efendi Batubara, Muhammad Faishal Yahya, Sultan Rasy Nasyaa, & Purnama Ramadani Silalahi. (2023). Analisis Ekspor Impor Kelapa Sawit Indonesia Dalam Meningkatkan Pertumbuhan Ekonomi. *Profit: Jurnal Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, *2*(1), 22–31. https://doi.org/10.58192/profit.v2i1.440

Badan Pusat Statistik. (2024). *Data Ekspor Impor Nasional*. Badan Pusat Statistik Indonesia. https://www.bps.go.id/id/exim

Badan Pusat Statistik Indonesia. (2023). *Ekonomi Indonesia triwulan III-2023 tumbuh 4,94 persen (y-on-y)*. Badan Pusat Statistik Indonesia. https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2023/11/06/2000/ekonomi-indonesia-triwulan-iii-2023-tumbuh-4-94-persen-y-on-y-.html

Book, C. (2025). *MSDS*. https://www.chemicalbook.com/msds/lauric-acid.htm

Brown, G. G. (1950). *Brown - Unit Operations.pdf* (pp. 1–613).

Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). Process Equipment Design. In *Human Factors Methods for Improving Performance in the Process Industries* (pp. 31–35). https://doi.org/10.1002/9780470118849.ch4

Chemeo. (2025). *Chemical Properties*. https://www.chemeo.com/

ChemSrc. (2024). *Monolaurin*. ChemSrc. https://www.chemsrc.com/en/cas/40738-26-9_130142.html

Ewaldo, E. (2017). Analisis ekspor minyak kelapa sawit di Indonesia. *E-Journal Perdagangan Industri Dan Moneter*, *3*(1), 10–15. https://doi.org/10.22437/pim.v3i1.3988

Froment, G. F., Bischoff, K. B., & Wilde, J. De. (2008). Chemical Reactor Analysis and Design. In *Proceedings of the National Academy of Sciences* (Vol. 3, Issue 1). http://dx.doi.org/10.1016/j.bpj.2015.06.056%0Ahttps://academic.oup.com/bioinformatics/article-abstract/34/13/2201/4852827%0Ainternal-pdf://semisupervised-3254828305/semisupervised.ppt%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.str.2013.02.005%0Ahttp://dx.doi.org/10.10

Geankoplis, C. J. (1993). *Transport Processes and Unit Operations*. *16*(2), 39–55.

Genius, E. (2024). *Glycerol Monolaurate Imports in Indonesia with 1 Shipment Data*. https://www.exportgenius.in/import-data/indonesia/glycerol-monolaurate.php

Gujarati. (2013). Single-equation regression models. In *Introductory Econometrics: A Practical Approach*.

Han, X., Zhu, G., Ding, Y., Miao, Y., Wang, K., Zhang, H., Wang, Y., & Liu, S. Bin. (2019). Selective catalytic synthesis of glycerol monolaurate over silica gel-based sulfonic acid functionalized ionic liquid catalysts. *Chemical Engineering Journal*, *359*(April 2018), 733–745. https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.11.169

Hangzhou Keying Chem. (2023). *Glycerol Monolaurate27215-38-9*. Hangzhou Keying Chem. https://id.keyingchemical.net/intermediates/glycerol-monolaurate27215-38-9.html

Indonesia, B. (2025). *BI-Rate Tetap 5,75%: Mempertahankan Stabilitas, Mendukung Pertumbuhan Ekonomi*. https://www.bi.go.id/id/publikasi/ruang-media/news-release/Pages/sp_278425.aspx%0A

Kemenperin. (2024). *Daftar Inventarisasi Barang/Jasa Produksi Dalam Negeri*. Kemenperin. https://tkdn.kemenperin.go.id/referensi_idx.php?where=produk&what=glycerin

Khandara, U., Subbaramaiah, V., & Gosu, V. (2024). Unlocking glycerol monolaurate potential: A comprehensive review of synthesis pathways, catalyst insights, and optimization strategies. *Chemical Engineering Journal*, *488*, 150938. https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.150938

Lapuerta, M., Rodríguez-Fernández, J., & Oliva, F. (2010). Determination of enthalpy of formation of methyl and ethyl esters of fatty acids. *Chemistry and*

Physics of Lipids, *163*(2), 172–181. https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2009.11.002

Mas, M. (2025). *MASCEROL GLYCERIN*. https://www.knowde.com/stores/musim-mas-group/products/musim-mas-group-mascerol-glycerine-99-7-usp-non-gmo-rspo-mb?utm_source=chatgpt.com

Matche. (2014). *No Title*. https://www.matche.com/default.html

Pada, R., Senyawa, S., Widiyarti, G., Kimia, P. P., & Serpong, K. P. (2015). *MOLARITAS REAKTAN PADA SINTESIS SENYAWA α -MONOLAURIN*. *February*. https://doi.org/10.14710/reaktor.12.2.90-97

Pereira, C. C. B., Da Silva, M. A. P., & Langone, M. A. P. (2004). Enzymatic synthesis of monolaurin. *Applied Biochemistry and Biotechnology - Part A Enzyme Engineering and Biotechnology*, *114*(1–3), 433–445. https://doi.org/10.1385/ABAB:114:1-3:433

Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). PDandEforC Engineers.pdf. In *Plant design and economics for chemical engineers*.

Products, I. F. (2012). *KAJIAN KARAKTERISTIK MINYAK INTI SAWIT INDONESIA DAN PRODUK Study on Characteristics of Indonesian Palm Kernel Oil and Its Fractionation Products*. *14*(2), 98–104.

pubchem. (2025). *Compound summary*. Pubchem.

https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/

Rase, H. F. (1977). *Part 1 : Part 1 :* (Vol. 10, Issue 393).

Schlievert, P. M., & Kilgore, S. H. (2019). *Glycerol Monolaurate Contributes to the Antimicrobial and Anti- inflammatory Activity of Human Milk*. *March*, 1–9. https://doi.org/10.1038/s41598-019-51130-y

Seair. (2024). *Musim Mas Exporter*. https://www.seair.co.in/musim-mas-exporters-in-indonesia

toyaarta. (2025). *Kebutuhan air manusia*. Toyaarta. https://www.toyaarta.com/kebutuhan-air-bersih-per-orang-per-hari/

Widiyarti, G., Hanafi, M., & Soewarso, W. P. (2010). STUDY ON THE SYNTHESIS OF MONOLAURIN AS ANTIBACTERIAL AGENT AGAINTS Staphylococcus aureus. *Indonesian Journal of Chemistry*, *9*(1), 99–106. https://doi.org/10.22146/ijc.21569

Wilmar. (2025). *Lauric Acid*. https://www.wilmar-international.com/oleochemicals/products/home-care/lauric-acid-99?utm_source=chatgpt.com

Yaws, C. L. (1999). *Livro - [Handbook] - Chemical Properties Handbook - C.L. Yaws, 1996 .pdf* (pp. 1–772).

Yuan, C. L., Xu, Z. Z., Fan, M. X., Liu, H. Y., Xie, Y. H., & Zhu, T. (2014). *Study on characteristics and harm of surfactants*. *6*(7), 2233–2237.

Zauba. (2024). *Monolaurate exporters in Indonesia*. https://www.zauba.com/monolaurate-exporters-in-ID(INDONESIA)

LAMPIRAN A
PERANCANGAN REAKTOR

PERANCANGAN REAKTOR

Fungsi : Mereaksikan gliserol dengan asam laurat untuk menghasilkan produk gliserol monolaurat.

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Fase : Cair-cair

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel Type* 316

Konversi : 95,3 %

Kondisi Operasi:

1. Suhu (T) : 145 ℃
2. Tekanan (P) : 1 atm

Bentuk : Silinder tegak dengan *flange and dish head (torispherical)*.

Dasar penentuan jenis reaktor:

1. Dapat dioperasikan pada tekanan *atmospheric*
2. Sesuai untuk reaksi pada fase cair
3. Tangki dilengkapi dengan pengaduk yang penting untuk menghomogenkan bahan baku
4. Konstruksi sederhana sehingga lebih ekonomis

Dasar pemilihan bahan konstruksi:

1. Memiliki struktur yang kuat
2. Harga relatif murah jika dibandingkan dengan *stainless steel* tipe lain
3. Tahan terhadap korosi

A. Densitas Cairan

Tabel A. 1 Densitas komponen reaktor-01

Komponen	BM (kmol/kg)	Massa (kmol/jam)	Massa (kg/jam)	xi	ρ (kg/m^3)	Fv (m^3/jam)	ρ. xi
$C_3H_8O_3$	92	20,00	970.00	0,35	1178,85	1,56	763.76
$C_{12}H_{24}O_2$	200	5,00	1784.80	0,65	800,45	1,25	281.85
$C_{15}H_{30}O_4$	274	0,00	0,00	0,00	1050,00	0,00	0,00
H_2O	18	0,00	0,00	0,00	908,45	0,00	0,00
Total	**-**	**25,00**	**2754.80**	**1,00**	**-**	**2,73**	**1045,61**

Densitas campuran (ρ campuran) = 1045,61 kg/m^3

Volume Cairan (F_v) = 2,81 m^3/jam

Konsentrasi $C_3H_8O_3$ (CA_0) $= \frac{na}{Fv} = \frac{20{,}00\ kmol/jam}{2{,}73\ m^3/jam} = 7{,}12\ \frac{kmol}{m^3}$

Konsentrasi $C_{12}H_{24}O_2$ (CB_0) $= \frac{nb}{Fv} = \frac{5{,}00\ kmol/jam}{2{,}73\ m^3/jam} = 1{,}78\ \frac{kmol}{m^3}$

Konversi (X) = 95,3%

B. Perhitungan Konsentrasi (C_A, C_B)

$$C_A = C_{A0} - C_{A0} \,.\, X \quad (1)$$

$$C_B = C_{B0} - C_{A0} \,.\, X \quad (2)$$

Konsentrasi (C_A) = 0,33 kmol/m3

Konsentrasi (C_B) = 0,08 kmol/m^3

C. Kinetika Reaksi

Reaksi yang terjadi di reaktor:

$$C_{12}H_{24}O_2 + C_3H_8O_3 \rightarrow C_{15}H_{30}O_4 + H_2O$$

Dengan, konstanta laju reaksi (k) = 0,061736/menit

Menghitung nilai (– r_A) reaksi orde 1 terhadap asam laurat

$$-r_A = k\,.\,C_{AL}$$

$$-r_A = k\,.\,(C_{AL0} - C_{AL0}\,.\,X)$$

$$-r_A = k\,.\,C_{AL0}\,(1 - X) \qquad (3)$$

$$-r_A = 0{,}061736\ /menit\,.\ 1{,}78\ \frac{kmol}{m^3}\ (1 - 0{,}953)$$

$$-r_A = 0.0052\ \frac{kmol}{m^3.\ menit}$$

D. Optimasi Jumlah Reaktor

Asumsi yang digunakan dalam perhitungan reaktor:

Pengadukan secara sempurna sehingga konsentrasi keluar reaktor sama dengan konsentrasi di dalam reaktor.

$$F_v \text{ konstan} = F_{V0} = F_{V1} = F_{V2} = F_{Vn} \qquad (4)$$

Tujuan optimasi reaktor adalah untuk mendapatkan jumlah dan volume reaktor yang optimal dari segi konversi produk dan harga reaktor.

Menentukan Jumlah Reaktor

1. Jumlah Reaktor 1 (n = 1)

   Persamaan neraca massa:

$$Input - Output + Yang\ bereaksi = Akumulasi$$

$$F_V\,.\,C_{A0} - (F_V\,.\,C_A + r_A\,.\,V) = 0$$

$$F_V\,(C_{A0} - C_A) = (-rA).\,V$$

$$V = Fv\,\frac{(C_{A0} - C_A)}{(-rA)}$$

$$V = Fv\ \frac{C_{A0} - C_{A0}(1 - X_A)}{k.C_{A0}(1 - X_A)}$$

$$V = \frac{Fv.\ X_A}{k\ .(1 - X_A)}$$

Dapat disimpulkan bahwa untuk menghitung volume reaktor dengan jumlah tertentu dapat menggunakan rumus berikut:

$$V = \frac{Fv.(X_{A1} - X_{A0})}{k\ .(1 - X_{A1})} \quad (5)$$

Diketahui:

F_v = 2,73 m^3/jam

= 2.725,83 L/jam

= 45,43 L/menit

X_A = 0,953

k = 0,061736/menit

Tabel A. 2 Optimasi 1 reaktor

n = 1		
V	14.921,23	liter
	14,921	m^3
X_0	0	
X_1	0,953	

2. Jumlah Reaktor 2 (n = 2)

Diketahui:

Fv = 2,73 m^3/jam

= 2.725,83 L/jam

= 45,43 L/menit

X_1 = 0,783

X_2 = 0,953

k = 0,061736/menit

Tabel A. 3 Optimasi 2 reaktor

n = 2		
V_1	2,655	m^3
V_2	2,655	m^3
X_0	0	
X_1	0,783	
X_2	0,953	

3. Jumlah Reaktor 3 (n = 3)

Diketahui:

F_v = 2,73 m^3/jam

= 2.725,83 L/jam

= 45,43 L/menit

X_1 = 0,639

X_2 = 0,87

X_3 = 0,953

k = 0,061736/menit

Tabel A. 4 Optimasi 3 reaktor

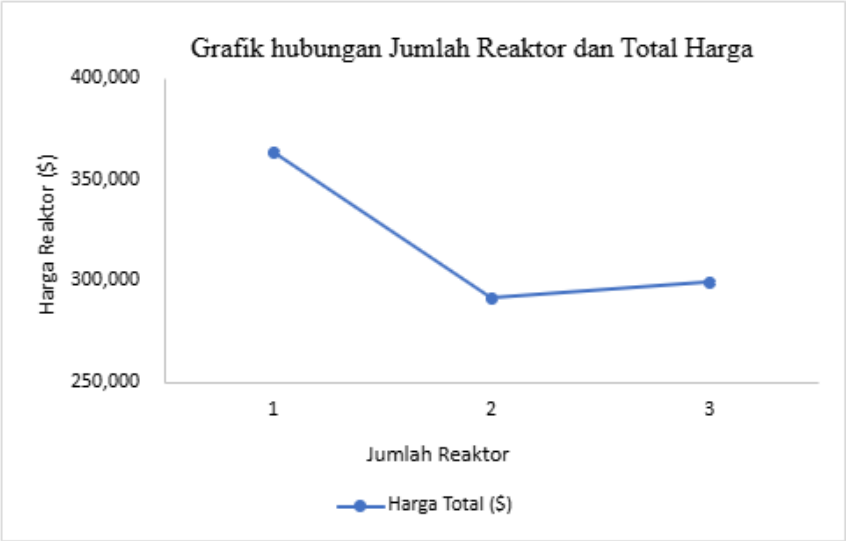
n = 3		
V_1	1,303	m^3
V_2	1,303	m^3
V_3	1,303	m^3
X_0	0	
X_1	0,639	
X_2	0,87	
X_3	0,953	

Menentukan Harga Reaktor

Untuk mengetahui harga dari reaktor yang akan digunakan ditentukan berdasarkan hasil optimasi jumlah reaktor dan volume reaktor. Berdasarkan data Matche (2014), dapat diketahui harga reaktor untuk memperkirakan jumlah reaktor dengan harga minimal.

Tabel A. 5 Optimasi harga reaktor

Volume Reaktor (L)	Volume *Over Design* 20% (L)	V Reaktor (gallon)	Harga/unit ($)	Harga Total ($)
14.921,23	17.905,47	4.730,12	363.700	363.700
2.655,29	3.186,34	841,74	145.800	291.600
1.303,48	1.564,17	413,21	99.900	299.700



Gambar A. 1 Grafik hubungan jumlah dan total harga reaktor

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa secara harga penggunaan 2 buah reaktor lebih ekonomis. Reaktor disusun secara seri untuk meningkatkan konversi dari reaktor sebelumnya dengan volume 2.655,29 liter atau 2,655 m^3 dengan harga $291.600.

E. Perancangan Dimensi Reaktor

1. Neraca Massa Komponen

Tabel A. 6 Neraca massa komponen R-01

Komponen	*Input* (kg/jam)	*Output* (kg/jam)
$C_{12}H_{24}O_2$	940.00	203.98
$C_3H_8O_3$	1729.60	1391.03
$C_{15}H_{30}O_4$	0.00	1008.35
H_2O	0.00	66.24
Total	**2669.60**	**2669.60**

Diketahui:

Volume Cairan = 2.655,29 liter

= 2,66 m^3

= 93,88 ft^3

F_v = 2.553,15 L/jam

Berdasarkan Peters & Timmerhaus (1991), volume *over design* yang direkomendasikan untuk *continuous reactor* atau RATB adalah 20 %.

$$V_R = (1 + 20\%)\ x\ Volume\ Cairan \quad (6)$$

$V_R = (1 + 20\%)\ x\ 2.655{,}29\ L$

$V_R = \ 3.186{,}34\ L$

$V_R \ = \ 3{,}19\ m^3$

$V_R \ = \ 112{,}52\ ft^3$

2. Menghitung Waktu Tinggal

$$\tau = \frac{V}{Fv} \quad (7)$$

$\tau = \frac{V}{Fv}$

$$\tau = \frac{2.655{,}29\ L}{2.553{,}15\ L/jam}$$

$$= 0{,}97\ jam$$

3. Menghitung Dimensi Reaktor

Digunakan rasio: H = 2D

Dengan menggunakan rumus volume reaktor yaitu:

$$V_{reaktor} = \frac{\pi.D^2.H}{4} + 2V_H \qquad (8)$$

Dimana:

D = Diameter reaktor (in)

H = Tinggi reaktor (in)

V_H = Volume *head* (ft^3)

Berdasarkan Brownell & Young (1959), rumus perhitungan untuk volume *head* dengan bentuk *torispherical* yaitu:

$$V_H = 0{,}000049\ ID^3 \qquad (9)$$

$$V_{Reaktor} = \frac{\pi\ .\ D^2.\ H}{4} + 2\ .\ 0{,}000049\ ID^2$$

$$V_{Reaktor} = \frac{\pi\ .\ ID^2.\ 2\ (ID)}{4} + 2\ .\ 0{,}000049\ ID^2$$

Berdasarkan rumus tersebut, didapatkan nilai *inside diameter* (ID) dan tinggi *shell* (Hs) perhitungan sebesar:

Diameter reaktor = 49,85 in

= 4,15 ft

= 1,27 m

Tinggi Reaktor = 2D

= 2 x 49,85 in

= 99,69 in

= 8,31 ft

= 2,5 m

4. Menentukan Tebal Shell (ts)

Menghitung ts berdasarkan Brownell & Young (1959) dapat menggunakan rumus:

$$ts = \frac{P \,.\, ri}{f \,.\, E - 0{,}6P} + C \qquad (10)$$

Digunakan bahan *Stainless Steel Type* 316 dengan spesifikasi:

Allowable stress (f) = 18.750 psi

Sambungan yang dipilih = *Double Welded Butt Joint*

Efisiensi sambungan (E) = 80%

Corrosion Allowance (C) = 0,125

Jari-jari reaktor (ri) = 24,93 in

Tekanan (P) = 17,64 psi

Menghitung tinggi cairan di dalam tangki

$$V = \frac{\pi}{4}.\ ID^2.\ H_{cairan} \qquad (11)$$

Maka:

$$H_{cairan} = \frac{V}{\frac{\pi}{4}.\ ID^2}$$

$$H_{cairan} = \frac{93{,}77\ ft^3}{\frac{\pi}{4}.\ (4{,}15\ ft)^2}$$

$H_{cairan} = 6{,}92\ ft\ = 2{,}11\ m$

Menghitung tekanan total pada tangki

P operasi = 1 atm= 14,6959 psi = 14,6959 lb/in^2

Tekanan hidrostatis (ρh)

$$\rho h\ = \frac{\rho\ .\ H\ cairan}{144} \qquad (12)$$

$$Ph\ = \frac{0{,}065\ \frac{lb}{ft^3}.\ 6{,}92\ ft}{144}$$

$$Ph\ = 0{,}0031\ \frac{lb}{in^2} = 0{,}0031\ psi$$

Tekanan total

P total = P operasi + P hidrostatis

= 14,6959 psi + 0,0031 psi

= 14,699 psi

P total *over design* = 1,2 x P

= 1,2 x 14,699 psi

= 17,64 psi

Sehingga tebal shell yaitu:

$$ts\ =\ \frac{17{,}64\ psi\ .\ 24{,}93\ in}{18750\ psi\ .\ 0{,}08 - 0{,}6(17{,}64\ psi)} + 0{,}125$$

ts = 0,15 in

Ketebalan standar ts yang dipilih berdasarkan Brownell & Young (1959) yaitu ts = 3/16 in. Sehingga nilai ID dan OD terkoreksi berdasarkan Brownell & Young (1959) tabel 5.7 halaman 90, digunakan nilai ID dan Hs standarisasi adalah:

OD = 50,22 in

ID = OD – 2ts

= 53,63 in

= 1,36 m

= 4,47 ft

rc = 54 in

icr = 3,25 in

Hs = 2D

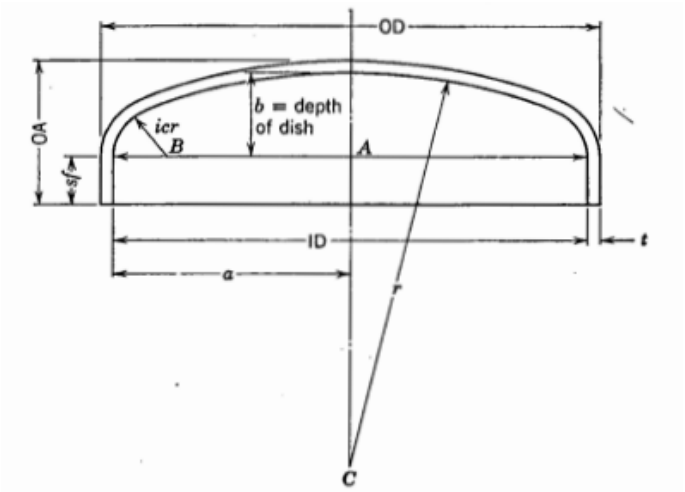
= 107,25 in

= 2,72 m

= 8,94 ft

5. Perancangan Dimensi *Head*

Dimensi perancangan *head* pada reaktor menurut Brownell & Young (1959) adalah sebagai berikut:



Gambar A. 2 Dimensi *head* reaktor

Keterangan:

ID = diameter dalam *head*

OD = diameter luar *head*

a = jari-jari dalam *head*

t = tebal *head*

r = jari-jari *head*

icr = jari- jari sudut dalam *head*

b = tinggi *head*

sf = *straight flange*

OA = tinggi *head* total

W = *stress intensification factor for torispherical dished heads*

Jenis *head*: *Flanged and Dished Head Torispherical*

Menghitung tebal *head* (th)

Menurut Brownell & Young (1959), tebal *head* dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$th = \frac{P\,.\,rc.\,W}{2\,f\,E - 0{,}2P} + Cth$$

Mencari nilai W

$$W = \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}}\right) \qquad (13)$$

$$W = \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{54\ in}{3{,}25\ in}}\right)$$

W = 1,77

Sehingga th adalah:

$$th = \frac{17{,}64\ psi\ x\ 54\ in\ x\ 1{,}77}{2\ x\ 18750\ psi\ x\ 0{,}08 - 0{,}2(17{,}64\ psi)} + 0{,}125$$

th = 0,1812 in

Berdasarkan standarisasi Brownell & Young (1959), maka dipilih tebal *head* standar 3/16 in dan nilai sf = 2 in.

Dimensi *head*

Menghitung nilai a

$$a = \frac{ID}{2} \quad (14)$$

$a = \frac{53{,}63}{2} = 26{,}81$ in

Menghitung nilai AB

$$AB = \frac{ID}{2} - icr = a - icr \quad (15)$$

AB = 23,56 in

Mengitung BC

$$BC = r - icr \quad (16)$$

$BC = 54\ in - 3{,}25\ in = 50{,}75\ in$

Menghitung AC

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} \quad (17)$$

$AC = \sqrt{(50{,}75)^2 - (23{,}56)^2}$ = 44,95 in

Menghitung b

$$b = r - Ac \quad (18)$$

b = 54 in − 44,95 in = 9,05 in

Menghitung OA (tinggi *head*)

$$OA = t\,head + b + sf \quad (19)$$

OA = 0,1875 + 9,05 + 2

OA = 11,24 in = 0,29 m

Menghitung tinggi reaktor

Tinggi reaktor = Hs + 2OA

= 107,25 in + 2 (11,24 in)

= 129,73 in

= 3,3 m

Volume *straight flange* (Sf)

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4}\, ID^2.\, sf \quad (20)$$

$V_{sf} = \frac{\pi}{4}\,(53{,}64\ in)^2.\ 2\ in\ =\ 3903{,}85\ in^3 = 0{,}064\ m^3$

Volume *Head* Total

$$V_{head} = 0{,}000049.\ ID^3$$

$V_{head} = 0{,}214\ m^3$

Volume *Head* Total

$V_{head\,total} = V_H + V_{sf}$

$V_{head\,total} = 0{,}278\ m^3$

Volume *Shell*

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4}\, ID^2.\, Hs$$

$V_{shell} = 121{,}15\ ft^3 = 3{,}43\ m^3$

Tinggi cairan di dalam *shell*

Vls = Volume cairan – volume *head*

= 86,33 ft^3

= 2,44 m^3

$$H_{cairan} = \frac{Vls}{\frac{\pi}{4}.ID^2} \quad (21)$$

$H_{cairan} = 5{,}51\,ft = 1{,}68\,m$

Volume Reaktor

V_R = volume shell + volume *head* total

V_R = 3,71 m^3

6. Perancangan Dimensi Pengaduk

Menurut Geankoplis (1993), jika dilihat dari nilai viskositas cairan maka pengaduk reaktor dapat dipilih jenis *blade turbine* dengan spesifikasi pengaduk *"flat six blade turbine with disk"* karena turbin ini dapat digunakan pada kecepatan tinggi pada cairan yang mempunyai viskositas sedang dan tidak terlalu kental.

Menentukan Jumlah Pengaduk

$$Jumlah\,pengaduk = \frac{H_{cairan}.SpGr}{ID} \quad (22)$$

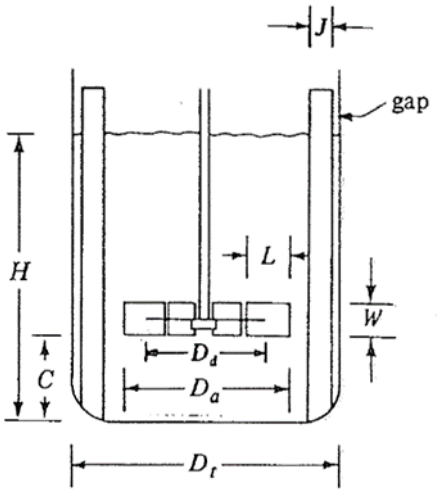
$$SpGr = \frac{\rho\ campuran}{\rho\ air} = \frac{1045{,}61\ \frac{kg}{m^3}}{908{,}45\ \frac{kg}{m^3}} = 1{,}151\ \frac{kg}{m^3}$$

$$Jumlah\,pengaduk = \frac{1{,}68\,m\ .\ 1{,}151\ \frac{kg}{m^3}}{1{,}36\,m} = 1{,}42 \approx 2$$

Jadi, jumlah pengaduk di dalam tangki adalah 2 buah.

Menghitung Dimensi Pengaduk

Dimensi perancangan pengaduk pada reaktor menurut Geankoplis (1993), yaitu:



Gambar A. 3 Dimensi pengaduk reaktor

Dimana:

Dt = diameter dalam tangki

Da = diameter pengaduk

Zi = jarak pengaduk dari dasar tangki

w = lebar *blade*

L_b = panjang *blade*

J = lebar *baffle*

Diameter pengaduk (Da)

$$Da = 0{,}3\ x\ Dt \tag{23}$$

$Da = 0{,}3\ x\ 53{,}63\ in = 16{,}62\ in = 0{,}42\ m$

Jarak antar *impeller* (L)

$L \approx D_a$

$L = 0{,}42\ m$

Lebar pengaduk (w)

$$w = 0{,}2\ x\ Da \tag{24}$$

$w = 0{,}2\ x\ 16{,}62\ in = 3{,}32\ in = 0{,}084\ m$

Panjang *blade* (L_b)

$$L = 0{,}25\ x\ Da \tag{25}$$

$L = 0{,}25\ x\ 16{,}62\ in = 4{,}16\ in = 0{,}11\ m$

Lebar *baffle* (J)

$$J = \frac{Da}{12} \tag{26}$$

$J = \dfrac{16{,}62\ in}{12} = 4{,}47\ in = 0{,}11\ m$

Jarak pengaduk dari dasar tangki (Zi)

$$Zi = 1{,}3\ x\ Dt \tag{27}$$

$Zi = 21{,}61\ in = 0{,}55\ m$

Menghitung diameter batang penyangga *impeller* (Dd)

$$Dd = \frac{2}{3} Da \tag{28}$$

$Dd = 18{,}08\ in = 0{,}28\ m$

Jarak *baffle* dari dasar tangki (*Offset* 1)

$$offset_1 = \frac{1}{2} Da \tag{29}$$

$offset_1 = 8{,}31\ in = 0{,}21\ m$

Jarak *baffle* dari pemukaan cairan (*Offset* 2)

$$offset_2 = \frac{1}{6} J \tag{30}$$

$offset_2 = 0{,}75\ in = 0{,}019\ m$

Jumlah *baffle* = 4

Panjang *baffle* = H *liquid* - (*Offset* 1 + *Offset* 2)

= 1,45 m

Menentukan Kecepatan Putar Pengaduk

Untuk menentukan kecepatan putar pengaduk digunakan persamaan dari Rase (1977), yaitu:

$$N = \frac{600}{\pi . Da}\sqrt{\frac{WELH}{2 . Da}} \quad (31)$$

Dimana:

WELH : *Water Equivalen Liquid High*

Da : diameter pengaduk (ft)

N : kecepatan putar pengaduk (rpm)

$$WELH = \frac{SpGr}{H_{liquid}} \quad (32)$$

$$WELH = \frac{1{,}151\ \frac{kg}{m^3}}{1{,}68\ m} = 1{,}932\ m = 6{,}338\ ft$$

$$N = \frac{600}{\pi .\ 1{,}385\ ft}\sqrt{\frac{6{,}338\ ft}{2\ x\ 1{,}385\ ft}} = 208{,}67\ rpm = 3{,}48\ rps$$

Menghitung Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{N . Da^2 . \rho}{\mu} \quad (33)$$

$Re = 195385{,}58$

Bilangan Re> 21000 maka aliran di dalam reaktor termasuk aliran turbulen.

Menghitung *Power* Pengaduk (P)

$$Np = \frac{P.gc}{N^3 . Da^5.\rho} \quad (34)$$

Berdasarkan Brown (1950) fig. 477 didapatkan nilai Np = 7, sehingga:

$$Np = \frac{N^3 . Da^5.\rho}{gc} \quad (35)$$

$$Np = \frac{7^3 . (3{,}48\ ft)^5 . 62{,}275\ \frac{lb}{ft^3}}{32{,}17\ \frac{lbm.ft}{lbf.s^2}}$$

$$= 3046{,}32\ \frac{ft.\ lb}{s} = 5{,}54\ hp\ = 4{,}13\ kW$$

Efisiensi Motor Penggerak (η)

Berdasarkan Peters & Timmerhaus (1991) pada grafik 14.38, didapatkan efisiensi motor penggerak yaitu 80%.

$$\eta = \frac{P}{\eta} \quad (36)$$

$$\eta = \frac{5{,}54\ hp}{80\%} = 6{,}92\ hp$$

Maka, digunakan motor *Power* pengaduk sebesar 7,5 hp yang diambil berdasarkan standar NEMA.

7. Neraca Energi Reaktor

Tabel A. 7 Entalpi pembentukan standar (T = 298 K)

Senyawa	$\Delta H°_f$ (kJ/mol)
Gliserol	-669,6
Asam laurat	-775,6
Gliserol Monolaurat	-971,87
Air	-285,83

Tabel A. 8 Neraca energi total reaktor

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH *in* (Kj/ jam)	**ΔH *out* (Kj/ jam)**
Asam Laurat	238.728,77	51.804,14
Gliserol	608.832,27	489.653,35
Gliserol Monolaurat	0,00	197.709,69
Air	0,00	33.418,88
ΔH Reaksi	187,50	0.00
$Q_{Pemanas}$	0,00	75.162,47
TOTAL	**847.748,53**	**847.748,53**

8. Perancangan Jaket Pemanas Reaktor

Fungsi : melepaskan panas untuk menjaga suhu reaksi di dalam reaktor

Media : *steam*

Menghitung ΔT LMTD

Suhu masuk reaktor (T_1) = 145 °C = 293 °F

Suhu keluar reaktor (T_2) = 145 °C = 293 °F

Suhu air masuk (T_3) = 160 °C = 320 °F

Suhu air keluar (T_4) = 150 °C = 302 °F

$$\Delta TLMTD = \frac{(T_1 - T_4) - (T_2 - T_3)}{\ln\left[\frac{(T_1 - T_4)}{(T_2 - T_3)}\right]} \quad (37)$$

$\Delta TLMTD = 16{,}38\,°F$

Menghitung Luas Transfer Panas

Untuk fluida dingin (viskositasnya >2 cP) dan *steam*, nilai Ud = 100 - 500 Btu/ft2.ºF.jam

Dipilih nilai U_D = 400 Btu/ft^2.ºF.jam

Q pemanas = 75.162,47 kJ/jam

= 71.240,27 Btu/jam

$$A = \frac{Q}{U_D . \Delta T_{LMTD}} \quad (38)$$

$$A = \frac{71.240{,}27\ \frac{kJ}{jam}}{400\ \frac{Btu}{ft^2 . {}^{o}F . jam} .\ 16{,}38°F}$$

$$= 10{,}87\ ft^2 = 1{,}0098\ m^2 = 1565{,}31\ in^2$$

Menghitung Luas Selubung

$$A = \pi .\ OD .\ Hs\ + \frac{\pi . OD^2}{4} \quad (39)$$

A = 142,18 ft^2 = 13,21 m^2

Luas transfer panas tersebut kurang dari luas selubung, maka perancangan pemanas reaktor menggunakan jaket pemanas.

Menghitung Kebutuhan *Steam*

Media pemanas yang digunakan berupa *steam* pada suhu 160°C dan tekanan 6 bar. Diketahui sifat fisis air pada suhu dan tekanan tersebut adalah:

ρ = 3,258 kg/m^3

Cp = 2,479 kJ/kg.K

ΔT = 10°C

Maka banyaknya *steam* yang dibutuhkan yaitu:

$$W = \frac{Q}{Cp\,.\Delta T} \quad (40)$$

$$W = \frac{75.162{,}47\frac{kJ}{jam}}{2{,}479\frac{kJ}{kg.K}.\ 10°C} = 3031{,}97\ \frac{kg}{jam}$$

$$laju\ alir\ volumetrik\ = \frac{W}{\rho} \quad (41)$$

$$laju\ alir\ volumetrik\ = 930{,}62\ \frac{m^3}{jam}$$

Perancangan Dimensi Jaket Pemanas

Diameter Dalam Jaket (Di)

Asumsi tinggi jaket = tinggi cairan

Tinggi cairan = 1,68 m

= 5,51 ft

= 66,08 in

Diameter dalam jaket (Di) = 2 x ts

= 54 in

= 1,37 m

Diameter Luar Jaket (Do)

Asumsi jarak jaket dengan dinding *shell* = 2 in

Do = Di + (2 x jarak jaket)

Do = 58 in

= 1,47 m

Berdasarkan Froment dkk (2008).

Menghitung Tebal Jaket (tj)

Digunakan bahan *Stainless Steel Type* 316 dengan spesifikasi:

Allowable stress (f) = 18750 psi

Sambungan yang dipilih = *Double Welded Butt Joint*

Efisiensi sambungan (E) = 80%

Corrosion Allowance (C) = 0,125

Jari-jari jaket (ri) = 27 in

Tekanan (P) = 87,023 Psi

$$tj = \frac{P.ri}{f.E\ +\ 0{,}6P} + C$$

$tj = 0{,}282\ in$

Diambil tebal jaket standar 5/16 in berdasarkan standarisasi Brownell & Young (1959), sehingga nilai ID dan OD terkoreksi yaitu:

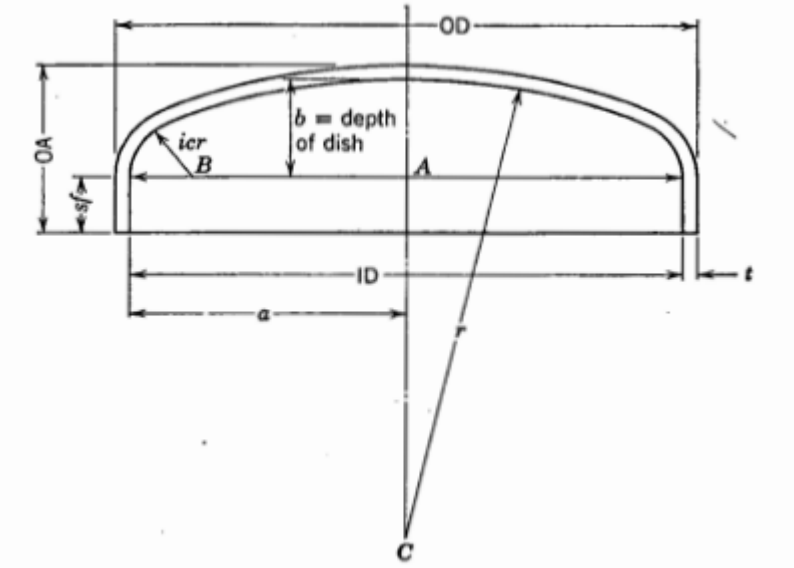
OD = 60 in

ID = 59,375 in

icr = 3,625 in

r = 60 in

Menghitung Tinggi Jaket Pemanas



Gambar A. 4 Dimensi *heat* jaket pemanas

Keterangan:

ID = diameter dalam *head*

OD = diameter luar *head*

a = jari-jari dalam *head*

t = tebal *head*

r = jari-jari *head*

icr = jari- jari sudut dalam *head*

b = tinggi *head*

sf = *straight flange*

OA = tinggi *head* total

W = *stress inttensification factor for torispherical dished heads*

Jenis *head* : *Flanged and Dished Head Torispherical*

Mencari nilai W

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

$$W = \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{60\ in}{3{,}625\ in}}\right) = 1{,}77$$

Maka, tebal *head* jaket pemanas yaitu:

$$th = \frac{P.ri}{f.E\ +\ 0{,}2P} + C$$

th = 0,433 in

= 0,011 m

Dipilih tebal *head* jaket pemanas standar yaitu 3/16 in berdasarkan Brownell & Young (1959) pada tabel 5.6.

Dari Brownell & Young (1959) tabel 5.6, diketahui bahwa nilai sf antara 1,5 – 2 in kemudian dipilih nilai sf yaitu 1,5 in.

Menghitung nilai a

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

$$a\ = \frac{59{,}375\ in}{2} =\ 29{,}69\ in$$

Menghitung nilai AB

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

AB = 26,06 in

Menghitung nilai BC

$$BC = r - icr$$

$BC = 60\ in - 3{,}625\ in\ = 56{,}38\ in$

Menghitung nilai AC

$$AC\ = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

$AC\ = \sqrt{(56{,}38)^2 - (26{,}06)^2} = 49{,}99\ in$

Menghitung b

$$b\ =\ r - AC$$

$b\ =\ 60\ in - 49{,}99\ in =\ 10{,}01\ in$

Menghitung OA

$$OA =\ t\ head\ + b\ + sf$$

$OA =\ 0{,}1875\ in\ + 10{,}01\ in\ + 1{,}5\ in\ = 12{,}44\ in\ = 0{,}32\ m$

Tinggi jaket

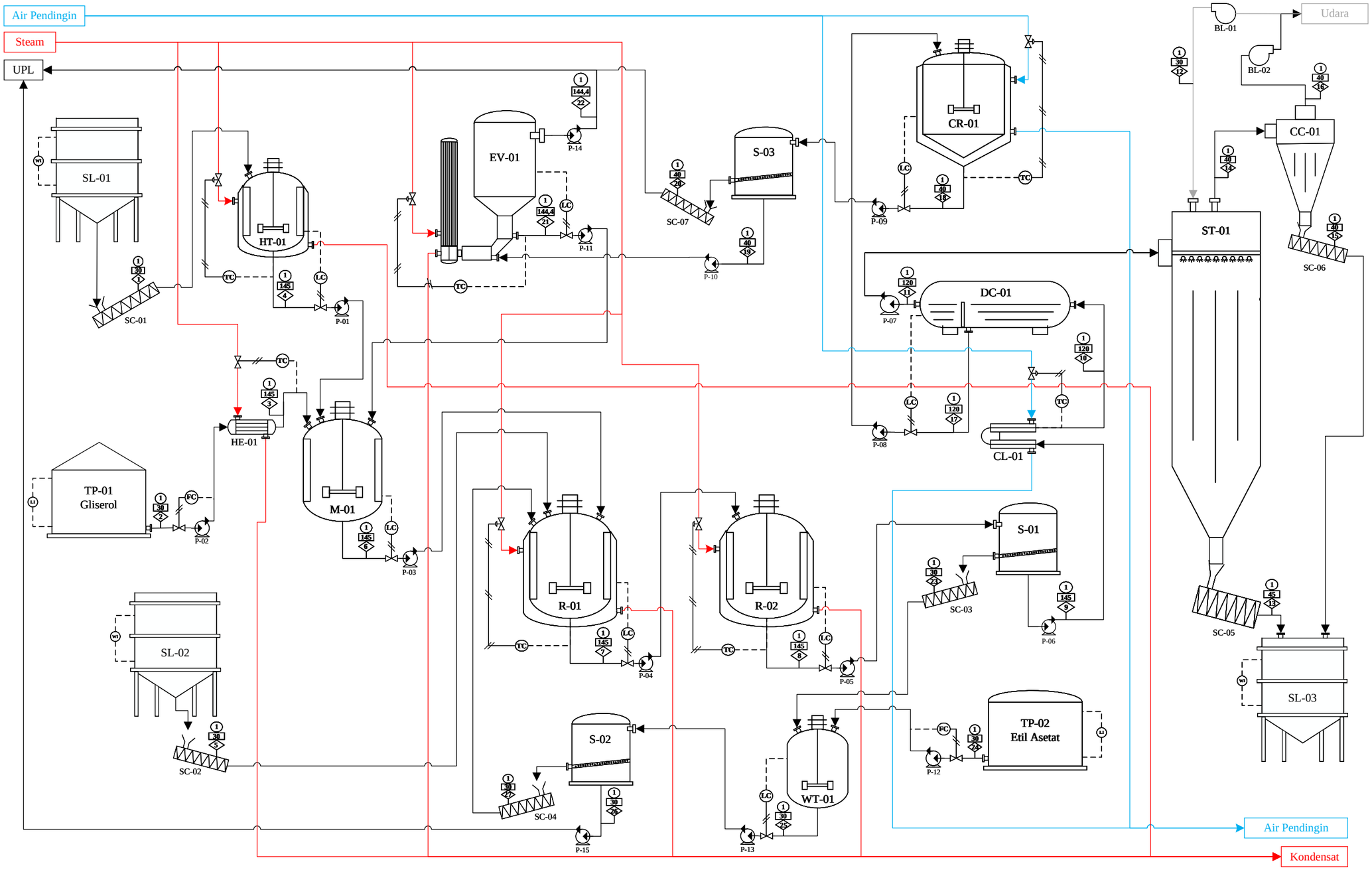
Tinggi jaket = tinggi *head* + tinggi dinding jaket

= 0,32 m + 1,68 m

= 1,99 m

LAMPIRAN B
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK GLISEROL MONOLAURAT DARI ASAM LAURAT DAN GLISEROL
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN



KETERANGAN SIMBOL	
	Tekanan (atm)
	Suhu (°C)
	Nomor Arus
	Control Valve
	Arus Sinyal *Pneumatic*
	Arus Sinyal Listrik
	Arus Proses
	Arus *Steam*
	Arus Air Pendingin
	Arus Udara Pendingin

KETERANGAN ALAT	
SL	Silo
TP	Tangki Penyimpanan
HT	*Heating Tank*
M	*Mixer*
R	Reaktor
S	*Screener*
DC	*Decanter*
ST	*Spray Cooling Chamber*
CC	*Cyclone*
CR	*Crystallizer*
EV	Evaporator
WT	*Washing Tank*
P	Pompa
HE	*Heater*
CL	*Cooler*
BL	*Blower*
SC	*Screw Conveyor*
UPL	Unit Pengolahan Limbah

KETERANGAN INSTRUMEN	
FC	*Flow Control*
LC	*Level Control*
TC	*Temperature Control*
LI	*Level Indicator*
WI	*Weight Indicator*

Komponen	Nomor Arus (Kg/Jam)																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
$C_{12}H_{24}O_2$	1.029,30	–	–	1.029,30	–	1.029,49	223,42	10,5	9,45	9,45	–	–	–	–	–	–	9,45	9,45	0,09	9,36	0,09	–	1,05	–	1,05	0,95	0,11
$C_{14}H_{28}O2$	11,51	–	–	11,51	–	11,74	11,86	11,86	10,67	10,67	–	–	–	–	–	–	10,67	10,67	0,11	10,56	0,11	–	1,19	–	1,19	1,07	0,12
$C_3H_8O_3$	–	713,43	713,43	–	–	1.893,47	1.537,02	1.439,07	1.295,17	1.295,17	–	–	–	–	–	–	1.295,17	1.295,17	1.165,65	129,52	1.165,65	–	143,91	–	143,91	129,52	14,39
$C_{15}H_{30}O_4$	–	–	–	–	–	–	1.104,46	1.396,17	1.256,55	1.256,55	1.256,55	–	1.243,98	12,57	12,44	0,13	–	–	–	–	–	–	139,62	–	139,62	125,65	13,96
H_2O	–	–	–	–	–	0,19	73,68	92,84	83,56	83,56	–	–	–	–	–	–	83,56	83,56	75,2	8,36	0,75	74,45	9,28	–	9,28	8,36	0,93
$C_4H_8O_2$	–	–	–	–	–	–	3,72	3,72	3,35	3,35	–	–	–	–	–	–	3,35	3,35	3,02	0,34	0,03	2,98	0,37	37,22	37,6	33,87	3,72
20% (DMBPSH) HSO_4/SG	–	–	–	–	18,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	18,8	–	18,8	–	18,8
Udara Pendingin	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	16.801,69	–	16.801,69	–	16.801,69	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
TOTAL	1040,81	713,43	713,43	1040,81	18,8	2934,89	2954,16	2954,16	2658,75	2658,75	1256,55	16801,69	1243,98	16814,26	12,44	16801,82	1402,2	1402,2	1244,07	158,14	1166,63	77,43	314,22	37,22	351,45	299,42	52,03

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2025

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK GLISEROL MONOLAURAT DARI ASAM LAURAT DAN GLISEROL KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Disusun oleh:

Khoirina Aulia Zahra (21521034)
Anisa Dwi Nugraheni (21521040)

Dosen Pembimbing:

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

LAMPIRAN C
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

1. Nama Mahasiswa : Khoirina Aulia Zahra

   NIM : 21521034

2. Nama Mahasiswa : Anisa Dwi Nugraheni

   NIM : 21521040

   Judul Prarancangan : Prarancangan Pabrik Gliserol Monolaurat dari Gliserol dan Asam Laurat Kapasitas 10.000 Ton/Tahun

   Mulai masa bimbingan : 12 September 2024

   Batas akhir bimbingan : 1 September 2025 (Perpanjang SK)

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	2 Oct 2024	Perkenalan dan pengarahan awal tahap prarancangan pabrik	
2	8 Oct 2024	Penentuan harga bahan baku dan harga produk	
3	15 Oct 2024	Penentuan kapasitas	
4	6 Nov 2024	Fiksasi kapasitas dan pemilihan reaksi	
5	6 Dec 2024	Konsultasi luaran 1 dan 2	
6	22 Jan 2025	Termodinamika dan kinetika, spesifikasi bahan produk	
7	5 Feb 2025	Fiksasi termodinamika, spesifikasi produk, urutan proses/diagram alir	
8	25 Feb 2025	Fiksasi diagram alir dan neraca massa	
9	13 Mar 2025	Penentuan alat, diagram alir, neraca massa, spesifikasi alat	
10	17 Mar 2025	Neraca massa, perancangan reaktor, dan penentuan alat	
11	2 Mei 2025	Perancangan reaktor, neraca massa	
12	8 Mei 2025	Perancangan dan optimasi reaktor, neraca massa	
13	24 Mei 2025	Perancangan reaktor dan decanter	
14	11 Juni 2025	Perancangan alat besar, neraca massa, diagram alir	

15	17 Juni 2025	Perancangan tangki penyimpanan dan alat pendukung	
16	23 Juni 2025	Perancangan alat transportasi	
17	7 Juli 2025	Neraca panas	
18	28 Juli 2025	PEFD, penentuan lokasi, tata letak, struktur organisasi, dan penyusunan naskah perancangan alat	
19	5 Agustus 2025	Perancangan utilitas dan evaluasi ekonomi	