PRARANCANGAN PABRIK ETIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN ETANOL DENGAN KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Oleh :

Nama : Alfina Rahmanda Wijaksono
NIM : 22521064

Nama : Annis Syarifatul Rhamdhini
NIM : 22521069

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2026

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRARANCANGAN PABRIK ETIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN ETANOL KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Alfina Rahmanda Wijaksono	**Nama : Annis Syarifatul Rhamdhini**
NIM : 22521064	**NIM : 22521069**

Yogyakarta, 28 April 2026

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti 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.



Alfina Rahmanda Wijaksono



Annis Syarifatul Rhamdhini

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK ETIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN ETANOL KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Alfina Rahmanda Wijaksono
NIM : 22521064

Nama : Annis Syarifatul Rhamdhini
NIM : 22521069

Yogyakarta, 28 April 2026

Pembimbing

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

NIK. 165210101

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK ETIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN ETANOL KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Alfina Rahmanda Wijaksono **Nama : Annis Syarifatul Rhamdhini**
NIM : 22521064 **NIM : 22521069**

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

Yogyakarta, 12 Mei 2026

Tim Penguji,

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

Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D
Anggota I

Dr. Diana, S.T., M.Sc
Anggota II

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

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis sampaikan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan lancar.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini disusun dengan judul: **"PRA RANCANGAN PABRIK ETIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN ETANOL KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN"**. Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Selain itu, penyusunan laporan ini juga menjadi bentuk penerapan ilmu teknik kimia yang telah dipelajari selama masa perkuliahan, sekaligus sebagai kontribusi dalam mendukung pengembangan industri kimia yang berkelanjutan.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa banyak bimbingan, bantuan, doa, serta dukungan yang diberikan oleh berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, khususnya kepada:

1. Allah SWT atas kehendak dan ridho-Nya sehingga penulis diberi kemampuan untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar.

2. Kedua orang tua penulis yang selalu senantiasa mendoakan dan mendukung kelancaran penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ifa Puspasari S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.
5. Ibu Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing yang telah dengan sabar memberikan arahan, dukungan, serta motivasi, juga berbagai masukan selama proses penyusunan dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat berbagai kekurangan dalam penulisan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna penyempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis maupun para pembaca.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 28 April 2026

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN



Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan kesehatan, kelancaran, dan kemudahan yang diberikan sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya. *Alhamdulillah*.

Perjalanan hingga sampai pada tahap ini tentu tidak lepas dari peran orang-orang luar biasa yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat dalam setiap proses yang saya jalani. Oleh karena itu, dengan penuh rasa syukur dan terima kasih, saya persembahkan lembar ini kepada:

1. Kepada kedua orang tua saya, Papa Rudy Wijaksono dan Mama Rosdah yang telah memberikan kasih sayang, perhatian, dan dukungan moril maupun materil tanpa henti bagi penulis serta menguatkan penulis dalam doa-doanya. Tugas akhir ini penulis persembahkan untuk Papa dan Mama, semoga dapat menjadi kebanggaan atas jerih payah yang diusahakan untuk penulis.
2. Kepada saudaraku tersayang, Shifa Ardhita Wijaksono dan kakak ipar Nazrul Bahtiar. Terima kasih karena selalu menjadi sosok pelindung dan *support system* sampai saat ini. Tanpa adanya sosok kalian, penulis mungkin tidak akan sekuat dan setegar ini dalam menghadapi setiap tantangan. Terima kasih selalu ada, memberikan dukungan, motivasi, dan semangat selama proses perkuliahan ini.

3. Kepada Ibu Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala dukungan, arahan, serta motivasi yang Ibu berikan selama proses penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih atas kesabaran Ibu dalam membimbing dan atas waktu yang telah Ibu luangkan di tengah berbagai kesibukan. Bimbingan dan perhatian Ibu menjadi bagian penting dalam perjalanan saya hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan keberkahan, kesehatan, kebahagiaan, serta kesuksesan kepada Ibu. *Aamiin*.
4. Kepada Annis Syarifatul Rhamdhini, teman sekaligus *partner* dalam Kerja Praktik, Penelitian, dan Tugas Akhir, serta sahabat dalam perjalanan selama masa perkuliahan. Saya ingin mengucapkan terima kasih atas segala kebaikan, kesabaran, dan kebersamaan yang telah kita alami selama ini. Saya ingin mengucapkan terima kasih karena telah bertahan dan tetap hadir bersama saya sampai saat ini. Banyak Pelajaran yang didapatkan darimu, dan untuk itu saya sangat bersyukur telah dipertemukan dengan teman sebaik dirimu dalam perjalanan perkuliahan yang penuh tantangan ini. Semoga Allah senantiasa menjaga dan mempererat tali pertemanan kita, Nis. *Aamiin*.
5. Kepada sahabat dari kecil, Mahaldika Nilan, Tafida Kayla, dan Amanda Febryana. Terima kasih sudah menjadi pendengar yang baik untuk penulis serta menjadi sahabat yang selalu memberikan semangat dan meyakinkan penulis bahwa segala masalah yang dihadapi selama proses penulisan Tugas

Akhir ini akan berakhir. Terima kasih untuk setiap canda tawa dan dukungan.

6. Teruntuk alumni yang memiliki NIM 20525138, seseorang yang tidak pernah disangka kehadirannya, namun mampu memberikan dorongan yang begitu berarti bagi saya untuk terus melangkah ke depan. Terima kasih atas segala dukungan, semangat, serta kesediaan menjadi tempat berbagi cerita dan keluh kesah. Terima kasih juga atas waktu dan semua kebaikan yang telah diberikan selama ini.
7. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Angkatan 2022, Kos WW, Pemantau Sungai Maroon, Wadonngalur dan Kontrakan Hanjay, yang telah menjadi teman penulis sejak awal perkuliahan, serta sebagian lainnya yang dipertemukan di tengah perjalanan masa perkuliahan. Segala canda tawa, suka, sedih, dan diskusi larut malam menjadi bagian dari perjuangan yang tidak terasa sendiri. Bersama kalian, masa-masa perkuliahan berubah menjadi cerita yang layak dikenang. Saya sangat bersyukur bisa mengenal dan menjadi bagian dari kalian. Semoga kebersamaan ini tetap terjaga dan sukses selalu untuk kalian semua.
8. Terakhir, untuk diri saya sendiri Alfina Rahmanda Wijaksono, Terima kasih atas segala kerja keras dan semangat yang telah mengantarkan diri ini mampu bertahan dan terus melangkah hingga sejauh ini. Tidak sedikit proses yang harus dilalui, dengan berbagai tantangan, keraguan, dan kelelahan yang menyertainya, namun semuanya dapat dilewati dengan penuh keteguhan. Terima kasih kepada raga dan jiwa yang tetap kuat, tegar,

dan ikhlas dalam menjalani setiap tahap perjalanan hingga saat ini. Kedepannya, untuk raga yang senantiasa kuat dan hati yang terus dikuatkan, mari terus berjalan beriringan, saling menjaga, dan terus belajar untuk berkembang menjadi pribadi yang lebih baik dari hari ke hari.

Yogyakarta, 28 April 2026

Alfina Rahmanda Wijaksono

LEMBAR PERSEMBAHAN



Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, kesehatan, serta kemudahan yang diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu. *Alhamdulillahirabbilalamin.*

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta motivasi, sehingga setiap tahapan dapat dilalui dengan lancar. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini kepada:

1. Kedua orang tua saya, Ibu Enik Sulistyawati dan Ayah Suyadi. Dengan penuh rasa bersyukur dan kasih sayang yang tak terhingga, saya ucapkan terima kasih. Terima kasih atas dukungan serta doa yang selalu mengiringi jalan saya untuk bisa sampai di titik sekarang ini. Segala proses yang saya lalui hingga sampai pada titik ini tidak lepas dari dukungan, nasihat, dan perhatian yang Ayah dan Ibu berikan. Setiap tetes keringat, setiap usaha, dan setiap harapan yang Ayah dan Ibu tanamkan menjadi motivasi bagi saya untuk terus berjuang dan menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya.
2. Kakak kandung saya, Annas Nur Rohman. Terima kasih sudah mendengar segala keluh kesah dan selalu menjadi salah satu sumber motivasi, penasihat serta pendengar yang baik dikala saya kehilangan arah dan banyak membutuhkan masukan. Saya menyadari bahwa perjalanan ini tidaklah mudah,

namun dengan adanya dorongan dan kepercayaan, saya mampu melewati setiap tahapnya hingga akhirnya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

3. Ibu Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Terima kasih atas segala dukungan, motivasi, ilmu, dan kebaikan Ibu dalam membimbing dengan kesabaran dan ketulusan untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga Allah selalu memberikan Ibu kesehatan, kesuksesan, serta kebahagiaan.
4. Alfina Rahmanda Wijaksono, teman sekaligus *partner* Kerja Praktik, Penelitian, hingga Tugas akhir. Seseorang yang selalu menemani saya dari awal saya menginjakkan kaki di Yogyakarta hingga yang menemani saya dalam menggapai impian saya. Begitu banyak cerita yang kita lalui, bukan sekedar bahagia, namun kesedihan, perdebatan kecil, haru, bahkan perasaan lainnya yang menjadikan kita saling memberikan kekuatan. Terima kasih atas segala perjuangan yang telah diberikan untuk kita bisa mencapai titik ini bersama. Terima kasih untuk tetap kuat dan memberikan saya dorongan serta motivasi ketika saya sedang kehilangan tekad ataupun ingin menyerah.
5. Sahabat saya, Najla Ratu Ramadhana Morshal. Seseorang yang sudah menjadi bagian hidup saya selama 10 tahun. Sahabat yang membuat saya mempunyai tekad untuk kuliah di kota Yogyakarta. Terima kasih atas motivasi, semangat, serta tenaga yang diberikan kepada saya. Terima kasih sudah menemani saya hingga saat ini, walaupun banyak perbedaan pendapat didalamnya, namun kita masih ada untuk satu sama lain. Persahabatan yang telah kita bangun selama ini

menjadi salah satu hal berharga yang saya syukuri. Mari kita wujudkan impian-impian yang sudah kita bangun bersama.

6. Rial Azfa Dila, selaku sahabat saya selalu hadir dalam perjalanan saya, dari masa-masa sekolah hingga saat ini. Terima kasih karena selalu ada untuk mendengarkan, memberi semangat, dan mengingatkan saya untuk terus berjuang ketika keadaan terasa sulit. Dukungan sederhana yang kamu berikan, baik melalui kata-kata maupun kehadiranmu, sangat berarti dan membantu saya melewati berbagai tantangan, termasuk dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Kepada seseorang yang tidak kalah penting kehadirannya, Moriko Harits Haryanto. Terima kasih telah menjadi bagian dalam proses perjalanan hidup saya. Begitu banyak kontribusi yang dikeluarkan, baik waktu maupun tenaga kepada saya. Di setiap rasa lelah, ragu, dan hampir menyerah, kamu selalu hadir memberikan semangat, menguatkan, dan meyakinkan saya untuk tetap melangkah maju. Terima kasih atas dukungan, hiburan, serta mendengar keluh kesah, hingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Kepada anggota grup “Kos WW”. Teman-teman perjuangan saya yang selalu hadir di setiap langkah saya sedari mahasiswa baru hingga kita akan melangkahkan kaki dari kota ini. Terima kasih atas banyak cerita suka maupun duka, perdebatan kecil, nasihat, dan dorongan semangat kepada satu sama lain yang tidak ada hentinya. Terima kasih sudah selalu menjadi garda terdepan untuk saya. Mari tetap saling bersama hingga tua nanti.
9. Teman-teman seperjuangan saya di Teknik Kimia, yaitu anggota “Wadon Ngalur” dan “Kontrakan Hanjay”. Terima kasih atas waktu kebersamaan yang

kita lalui bersama. Terima kasih untuk begitu banyak cerita serta *support* satu sama lain yang membuat kita bertumbuh dan berkembang bersama di dunia perkuliahan ini.

10. Anggota "Inti Bumi" selaku teman seperjuangan *slayer* merah saat berada di Lapangan JAMTEK. Terima kasih atas banyak hal-hal yang tidak akan saya lupakan. Pengalaman yang menyenangkan serta kebersamaan yang akan menjadi cerita di masa depan nanti.
11. Terakhir, kepada diri saya sendiri. Terima kasih sudah melewati begitu banyak emosi baik kebahagiaan ataupun tangisan yang mewarnai dalam perjalanan perkuliahan ini. Terima kasih telah bertahan sejauh ini, melewati berbagai proses yang tidak selalu mudah, menghadapi rasa lelah, ragu, bahkan keinginan untuk menyerah. Terima kasih karena tetap memilih untuk bangkit, berusaha, dan melanjutkan langkah, meskipun terkadang terasa berat. Semoga ini menjadi awal dari langkah-langkah besar berikutnya. Semoga saya selalu diberikan kekuatan, keberanian, dan semangat untuk terus berkembang, menghadapi tantangan baru, dan meraih impian yang lebih tinggi.

Yogyakarta, 28 April 2026

Annis Syarifatul Rhamdhini

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN i

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING ii

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI iii

KATA PENGANTAR iv

LEMBAR PERSEMBAHAN vi

LEMBAR PERSEMBAHAN x

DAFTAR ISI xiv

DAFTAR GAMBAR xix

DAFTAR TABEL xx

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xxvi

ABSTRAK xxviii

ABSTRACT xxix

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik 2

1.3 Tinjauan Pustaka 5

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika 10

BAB II PERANCANGAN PRODUK 17

2.1 Spesifikasi Produk 17
2.2 Spesifikasi Bahan Baku 17
2.3 Spesifikasi Bahan Pembantu 19
2.4 Pengendalian Kualitas 20
BAB III PERANCANGAN PROSES 23
3.1 Diagram Alir Proses dan Material 23
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif 23
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif 24
3.2 Uraian Proses 25
3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku 25
3.2.2 Tahap Pembentukan Produk 26
3.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian 26
3.3 Spesifikasi Alat 28
3.3.1 Spesifikasi Alat Proses 28
3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung 30
3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan dan Produk 38
3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi 41
3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas 49
3.4 Neraca Massa 56
3.4.1 Neraca Massa Reaktor (R-01) 57

3.4.2 Neraca Massa *Netralizer* (N-01) 58
3.4.3 Neraca Massa *Decanter* (DC-01) 58
3.4.4 Neraca Massa Menara Distilasi 1 (MD-01) 59
3.4.5 Neraca Massa Menara Distilasi 2 (MD-02) 59
3.4.6 Neraca Massa Filtrasi *Centrifudge* (CF-01) 60
3.4.7 Neraca Massa Total 60
3.5 Neraca Panas 61
3.5.1 Neraca Panas Total 61
3.5.2 Neraca Panas Reaktor (R-01) 61
3.5.3 Neraca Panas *Netralizer* (N-01) 62
3.5.4 Neraca Panas *Decanter* (DC-01) 62
3.5.5 Neraca Panas Menara Distilasi 1 (MD-01) 63
3.5.6 Neraca Panas Menara Distilasi 2 (MD-02) 63
3.5.7 Neraca Panas Filtrasi *Centrifudge* (CF-01) 64
BAB IV PERANCANGAN PABRIK 65
4.1 Lokasi Pabrik 65
4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*) 68
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (*Machines Layout*) 71
4.4 Organisasi Perusahaan 75
BAB V UTILITAS 98

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*) 101
5.1.1 Unit Penyediaan Air 101
5.1.2 Unit Pengolahan Air 105
5.2 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*) 109
5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*) 110
5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*) 114
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar (*Fuel Supply Unit)* 115
5.6 Unit Pengolahan Limbah (*Waste Processing Unit)* 115
5.7 Spesifikasi Alat Utilitas 117
BAB VI EVALUASI EKONOMI 128
6.1 Penaksiran Harga Alat 129
6.2 Dasar Perhitungan 136
6.3 Komponen Biaya 136
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN 150
7.1 Kesimpulan 150
7.2 Saran 151
DAFTAR PUSTAKA 152
LAMPIRAN A PERANCANGAN REAKTOR 154
PERANCANGAN REAKTOR 155
LAMPIRAN B *PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM* (PEFD) 165

LAMPIRAN C KARTU KONSULTASI BIMBINGAN 167

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Data Impor Etil Akrilat di Indonesia 4

Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik Etil Akrilat 65

Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout) 71

Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses (Machines Layout) 74

Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan Pabrik Etil Akrilat 81

Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif 23

Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif 24

Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik Etil Akrilat 65

Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout) 71

Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses (Machines Layout) 74

Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan Pabrik Etil Akrilat 81

Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas 99

Gambar 6. 1 Grafik Indeks harga 131

Gambar 6. 2 Grafik Kelayakan 148

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data produksi etil akrilat di Indonesia 3

Tabel 1. 2 Kapasitas Pabrik Etil Akrilat yang Telah Berproduksi 5

Tabel 1.3 Ketersediaan Bahan Baku 5

Tabel 1. 4 Pemilihan Proses 10

Tabel 1. 5 Enthalpi pembentukan standar senyawa 11

Tabel 1. 6 Energi Gibbs senyawa 12

Tabel 1. 7 Nilai konstanta kecepatan reaksi berbagai variasi suhu 15

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor 28

Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor (lanjutan) 29

Tabel 3. 3 Spesifikasi *Netralizer* 29

Tabel 3. 4 Spesifikasi *Decanter* 30

Tabel 3. 5 Spesifikasi Menara Distilasi 1 30

Tabel 3. 6 Spesifikasi Menara Distilasi 1 (lanjutan) 31

Tabel 3. 7 Spesifikasi Menara Distilasi 2 31

Tabel 3. 8 Spesifikasi Filtrasi *Centrifudge* 32

Tabel 3. 9 Spesifikasi *Condensor Double Pipe* 32

Tabel 3. 10 Spesifikasi *Condensor Double Pipe* (lanjutan) 33

Tabel 3. 11 Spesifikasi *Condensor Shell and Tube* 33

Tabel 3. 12 Spesifikasi *Condensor Shell and Tube* (lanjutan) 34

Tabel 3. 13 Spesifikasi *Reboiler Double Pipe* 34

Tabel 3. 14 Spesifikasi *Reboiler Double Pipe* (lanjutan) 35

Tabel 3. 15 Spesifikasi *Reboiler Shell and Tube* 35
Tabel 3. 16 Spesifikasi *Reboiler Shell and Tube* (lanjutan)..... 36
Tabel 3. 17 Spesifikasi *Accumulator* 1 36
Tabel 3. 18 Spesifikasi *Accumulator* 1 (lanjutan)..... 37
Tabel 3. 19 Spesifikasi *Accumulator* 2 37
Tabel 3. 20 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Etanol 38
Tabel 3. 21 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Akrilat 38
Tabel 3. 22 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Akrilat (lanjutan)..... 39
Tabel 3. 23 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Sulfat..... 39
Tabel 3. 24 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Natrium Hidroksida..... 40
Tabel 3. 25 Tangki Penyimpanan Etil Akrilat 40
Tabel 3. 26 Tangki Penyimpanan Etil Akrilat (lanjutan)..... 41
Tabel 3. 27 Spesifikasi Pompa 1..... 41
Tabel 3. 28 Spesifikasi Pompa 2..... 41
Tabel 3. 29 Spesifikasi Pompa 2 (lanjutan) 42
Tabel 3. 30 Spesifikasi Pompa 3..... 42
Tabel 3. 31 Spesifikasi Pompa 4..... 42
Tabel 3. 32 Spesifikasi Pompa 5..... 43
Tabel 3. 33 Spesifikasi Pompa 6..... 43
Tabel 3. 34 Spesifikasi Pompa 7..... 43
Tabel 3. 35 Spesifikasi Pompa 7 (lanjutan) 44
Tabel 3. 36 Spesifikasi Pompa 8..... 44
Tabel 3. 37 Spesifikasi Pompa 9..... 44

Tabel 3. 38 Spesifikasi Pompa 10 45
Tabel 3. 39 Spesifikasi Pompa 11 45
Tabel 3. 40 Spesifikasi Pompa 12 46
Tabel 3. 41 Spesifikasi Pompa 13 46
Tabel 3. 42 Spesifikasi Pompa 14 46
Tabel 3. 43 Spesifikasi Pompa 14 (lanjutan) 47
Tabel 3. 44 Spesifikasi Pompa 15 47
Tabel 3. 45 Spesifikasi Pompa 16 47
Tabel 3. 46 Spesifikasi Pompa 17 48
Tabel 3. 47 Spesifikasi Pompa 18 48
Tabel 3. 48 Spesifikasi *Heat Exchanger Shell and Tube* 49
Tabel 3. 49 Spesifikasi *Heat Exchanger Shell and Tube* (lanjutan) 50
Tabel 3. 50 Spesifikasi *Heat Exchanger Double Pipe* 51
Tabel 3. 51 Spesifikasi *Heat Exchanger Double Pipe* (lanjutan) 52
Tabel 3. 52 Spesifikasi *Cooler Shell and Tube* 53
Tabel 3. 53 Spesifikasi *Cooler Shell and Tube* (lanjutan) 54
Tabel 3. 54 Spesifikasi *Cooler Double Pipe* 55
Tabel 3. 55 Neraca Massa Reaktor 57
Tabel 3. 56 Neraca Massa *Netralizer* 58
Tabel 3. 57 Neraca Massa *Decanter* 58
Tabel 3. 58 Neraca Massa Menara Distilasi 1 59
Tabel 3. 59 Neraca Massa Menara Distilasi 2 59
Tabel 3. 60 Neraca Massa Filtrasi *Centrifudge* 60

Tabel 3. 61 Neraca Massa Total 60
Tabel 3. 62 Neraca Panas Total 61
Tabel 3. 63 Neraca Panas Reaktor 61
Tabel 3. 64 Neraca Panas *Netralizer* 62
Tabel 3. 65 Neraca Panas *Decanter* 62
Tabel 3. 66 Neraca Panas Menara Distilasi 1 63
Tabel 3. 67 Neraca Panas Menara Distilasi 2 63
Tabel 3. 68 Neraca Panas Filtrasi *Centrifudge* 64
Tabel 4. 1 Daftar Tata Letak Pabrik 70
Tabel 4. 2 Jadwal Kerja Karyawan *non-shift* 89
Tabel 4. 3 Jadwal Kerja Karyawan Shift 90
Tabel 4. 4 Jadwal Kerja Setiap Kelompok 91
Tabel 4. 5 Jadwal Kerja Setiap Kelompok (Lanjutan) 91
Tabel 4. 6 Rincian Gaji Setiap Karyawan 92
Tabel 4. 7 Rincian Gaji Setiap Karyawan (lanjutan) 93
Tabel 4. 8 Rincian Gaji Setiap Karyawan (lanjutan) 94
Tabel 5. 6 Spesifikasi pompa utilitas 117
Tabel 5. 7 Spesifikasi pompa utilitas (lanjutan) 118
Tabel 5. 8 Spesifikasi pompa utilitas (lanjutan) 119
Tabel 5. 9 Spesifikasi pompa utilitas (lanjutan) 120
Tabel 5. 10 Spesifikasi bak utilitas 121
Tabel 5. 11 Spesifikasi tangki utilitas 122
Tabel 5. 12 Spesifikasi tangki utilitas (lanjutan) 123

Tabel 5.13 Spesifikasi *flokulator* 124

Tabel 5.14 Spesifikasi *clarifier* 124

Tabel 5.15 Spesifikasi *saringan pasir* 125

Tabel 5.16 Spesifikasi *cooling tower* 125

Tabel 5. 17 Spesifikasi *kation exchanger* 126

Tabel 5. 18 Spesifikasi *anion exchanger* 126

Tabel 5. 19 Spesifikasi Deaerator 127

Tabel 6. 1 Data Indeks harga alat 129

Tabel 6. 2 Data Indeks harga alat (lanjutan) 130

Tabel 6. 3 Harga Alat Proses 132

Tabel 6. 4 Harga Alat Proses (lanjutan) 133

Tabel 6. 5 Harga alat utilitas 134

Tabel 6. 6 Harga alat utilitas (lanjutan) 135

Tabel 6. 7 *Physical Plant Cost* (PPC) 137

Tabel 6. 8 *Direct Plan Cost* (DPC) 137

Tabel 6. 9 *Fixed Capital Investment* (FCI) 137

Tabel 6. 10 *Working Capital Investment* (WCI) 138

Tabel 6. 11 *Direct Manufacturing Cost* (DMC) 139

Tabel 6. 12 *Indirect Manufacturing Cost* (IMC) 139

Tabel 6. 13 *Fixed Manufacturing Cost* (FMC) 140

Tabel 6. 14 *Manufacturing Cost* (MC) 140

Tabel 6. 15 *General Expense* (GE) 140

Tabel 6. 16 *Total Production Cost* (TPC) 140

Tabel 6. 17 *Annual Fixed Manufacturing Cost* (Fa) 144

Tabel 6. 18 *Annual Regulated Expenses* (Ra) 144

Tabel 6. 19 *Annual Variable Value* (Va) 144

Tabel 6. 20 *Annual Sales Value* (Sa) 144

Tabel 6.21 Analisa Risiko Pabrik 146

Tabel 6. 22 Hasil Analisa Kelayakan 148

DAFTAR

NOTASI DAN SINGKATAN

T : *Temperature*, ℃

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

r : Jari- jari, in

P : *Power motor*, Hp

ts : Tebal *shell*, in

ΔP : *Presure drop*, psia

ID : *Inside* diameter, in

OD : *Outside* diameter, in

th : Tebal *Head*, in

Re : Bilangan Reynold

f : *Allowable stress*, psia

icr : Jari-jari sudut dalam, in

L : Lebar pengaduk, m

N : Kecepatan putaran, rpm

UD : Koefisien perpindahan panas *overall* HE, Btu/jam ft^2 ^oF

UC : Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada awal HE dipakai, Btu/jam ft^2 ^oF

P : Panjang, m

l : Lebar, m

x : Konversi, %

E : Efisiensi sambungan

K : Konduktivitas termal, Btu/jam ft^2 ^oF

k : Konstanta kinetika reaksi

R : Tatapan konstan gas

Fv : Laju alir, m^3/jam

Sg : *Specific gravity*

LMTD : *Long Mean Temperature Different*, ^oF

ABSTRAK

Etil akrilat adalah senyawa ester tak jenuh yang banyak digunakan sebagai bahan baku dalam industri polimer, seperti cat, perekat, tekstil, dan pelapis. Kebutuhan etil akrilat di Indonesia yang terus meningkat belum sepenuhnya dapat dipenuhi oleh produksi dalam negeri, sehingga masih bergantung pada impor. Oleh karena itu, diperlukan perancangan pabrik etil akrilat untuk mendukung kemandirian industri kimia nasional. Pra rancangan pabrik ini dirancang dengan kapasitas 45.000 ton/tahun menggunakan bahan baku asam akrilat dan etanol melalui reaksi esterifikasi dengan katalis asam sulfat. Reaksi berlangsung dalam reaktor alir tangki berpengaduk (CSTR) pada suhu sekitar 70°C dan tekanan 1 atm. Reaksi bersifat eksotermis dan reversibel, sehingga kondisi operasi diatur untuk memperoleh konversi yang optimal. Proses produksi terdiri dari tahap persiapan bahan baku, pembentukan produk di reaktor, serta pemisahan dan pemurnian menggunakan dekanter, menara distilasi, dan evaporator. Pendirian pabrik etil akrilat direncanakan akan didirikan di daerah Cilegon, Banten pada tahun 2030 dengan luas tanah 17,424 m^2. Kebutuhan utilitas diambil dari Sungai Cidanau meliputi kebutuhan air pendingin (1623,9911 kg/jam) dan *steam* (1145,6718 kg/jam). Sedangkan kebutuhan listrik disuplai oleh PT PLN sebesar 52,6649 kW. Berdasarkan hasil Analisa risiko, pabrik etil akrilat termasuk *low risk*. Sehingga didapatkan hasil evaluasi ekonomi menggunakan model ROI, BEP, dan DCFR bahwa pabrik menguntungkan dengan biaya produksi sebesar Rp740.561.426.016 dan total biaya penjualan Rp990.931.500.000. Nilai *Return on Invesment* (ROI) sesudah pajak untuk pabrik ini sebesar 25,53%, *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak yaitu 2,7 tahun, sedangkan *Break Even Point* (BEP) sebesar 56,39%, dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 24,35%. Nilai-nilai tersebut menunjukan bahwa pabrik ini layak untuk dipertimbangkan pendiriannya dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.

Kata kunci: Etil akrilat, Esterifikasi, Asam akrilat, Etanol, Perancangan Pabrik.

ABSTRACT

Ethyl acrylate is an unsaturated ester compound widely used as a raw material in the polymer industry, such as paints, adhesives, textiles, and coatings. The increasing demand for ethyl acrylate in Indonesia cannot be fully met by domestic production, so it still relies on imports. Therefore, the design of an ethyl acrylate factory is needed to support the independence of the national chemical industry. The pre-designed factory is designed with a capacity of 45,000 tons/year using acrylic acid and ethanol as raw materials through an esterification reaction with a sulfuric acid catalyst. The reaction takes place in a stirred tank flow reactor (CSTR) at a temperature of around 70°C and a pressure of 1 atm. The reaction is exothermic and reversible, so operating conditions are adjusted to obtain optimal conversion. The production process consists of raw material preparation, product formation in the reactor, and separation and purification using a decanter, distillation tower, and evaporator. The ethyl acrylate factory is planned to be established in the Cilegon area, Banten, in 2030 with a land area of 17,424 m2. Utility needs are taken from the Cidanau River including cooling water needs (1623,9911 kg/hour) and steam (1145,6718 kg/hour). While electricity needs are supplied by PT PLN amounting to 52,6649 kW. Based on the results of the risk analysis, the ethyl acrylate factory is low risk. So the results of the economic evaluation using the ROI, BEP, and DCFR models show that the factory is profitable with a production cost of Rp740.561.426.016 and a total selling cost of Rp990,931,500,000. The Return on Investment (ROI) after tax for this factory is 25,53%, Pay Out Time (POT) after tax is 2.2 years, while the Break Even Point (BEP) is 56,39%, and the Shut Down Point (SDP) is 24,35%. These values indicate that this factory is worthy of consideration for its establishment and can be continued to the factory planning stage.

***Keywords**: Ethyl acrylate, Esterification, Acrylic acid, Ethanol, Plant design.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang sedang melakukan berbagai pembangunan dan pengembangan, khususnya dibidang industri kimia. Sebagian besar produk kimia masih diimpor dari luar negeri, terutama yang akan digunakan sebagai bahan baku untuk produk yang lebih umum dan berguna, sehingga pengembangan pabrik industri kimia di Indonesia yang memproduksi produk-produk ini sangat penting karena dapat mengurangi ketergantungan Indonesia pada industri asing. Salah satu produk yang dibutuhkan, yakni Ester akrilat, termasuk etil akrilat yang merupakan produk antara yang paling diminati di Indonesia.

Etil akrilat adalah bahan baku pembuatan *emulsion* dan *solution polymer*. *Emulsion polymer* dari akrilat banyak dipakai sebagai cat (*coatings*), tekstil, kertas, pengkilap lantai, bahan perekat (*adhesive*), industri kulit, keramik dan sebagai kopolimer dari *acrylic fiber*. Sedangkan *solution polymer* dari akrilat terutama dipakai dalam industri cat (*coatings*). Konsumsi etil akrilat akan terus meningkat dari tahun ke tahun baik pasar dalam negeri maupun luar negeri (Corp., 1984).

Produk polimerisasi etil akrilat dapat memiliki sifat fisik yang bervariasi dengan mengendalikan rasio monomer yang digunakan. Produk polimerisasi akhir biasanya sangat kuat, transparan, dan tahan terhadap bahan

kimia serta lingkungan. Pembangunan pabrik etil akrilat berpotensi akan menguntungkan perusahaan yang menggunakannya dalam proses kimia karena berbagai keunggulannya, yang akan membuatnya lebih mudah diperoleh di dalam negeri. Memenuhi kebutuhan bahan baku industri sangat penting untuk menopang laju perkembangan industri yang terus meningkat.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

1.2.1 Kebutuhan Pasar Global Etil Akrilat

Kebutuhan pasar etil akrilat global diperkirakan mencapai USD 4.284,0 juta pada tahun 2025 dan diproyeksikan mencapai USD 7.019,2 juta pada tahun 2033, tumbuh dengan CAGR sebesar 6,41% selama periode perkiraan 2026-2033 (Thota, 2026).

Selain itu, harga etil akrilat di Asia Tenggara per Mei 2026 adalah US$2.05/kg atau setara dengan US$2.050/ton (Mike, 2026). Berdasarkan data tersebut, kebutuhan etil akrilat dapat diperkirakan denfan membagi nilai pasar terhadap harga produk. Adapun perkiraan kebutuhan etil akrilat global pada tahun 2025, yaitu:

$$\frac{4.284.000.000}{2050} = 2.089.756 \text{ ton/tahun}$$

Sehingga kebutuhan etil akrilat global tahun 2025 diperkirakan sekitar 2,09 juta ton/tahun.

Sedangkan pada tahun 2033, kebutuhan etil akrilat diperkirakan menjadi:

$$\frac{7.019.200.000}{2050} = 3.424.000 \text{ ton/tahun}$$

Dengan demikiran, kebutuhan etil akrilat secara global pada tahun 2033 diperkirakan mencapai sekitar 3,42 juta ton/tahun. Data tersebut menunjukan bahwa kebutuhan etil akrilat mengalami peningkatan yang cukup signifikan seiring dengan pertumbuhan pasar global selama periode 2025-2033.

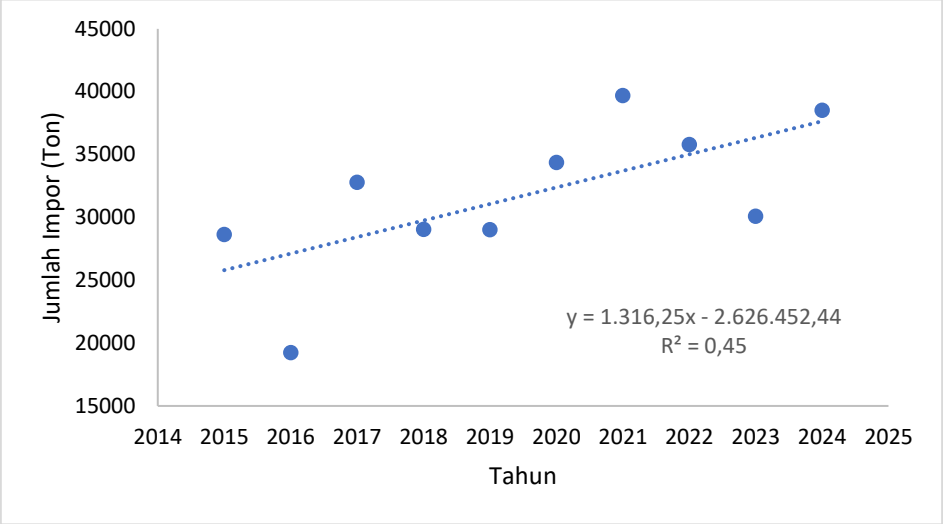
1.2.2 Impor

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), impor etil akrilat dari tahun 2015-2024 yang disajikan pada Tabel 1.1 maka didapatkan Grafik Impor etil akrilat sebagai berikut:

Tabel 1.1 Data produksi etil akrilat di Indonesia

Tahun	Kapasitas (Ton/Tahun)
2015	28.646,76
2016	19.250,73
2017	32.784,45
2018	29.059,98
2019	29.016,97
2020	34.371,95
2021	39.686,25
2022	35.787,82
2023	30.104,54
2024	38.530,62

(Badan Pusat Statistik, 2025)



Gambar 1.1 Grafik Data Impor Etil Akrilat di Indonesia

Dari hasil regresi *polynomial* dapat diperkirakan kebutuhan Etil Akrilat pada tahun 2030:

$$y = 1.316{,}25x - 2.626.452{,}44$$

$$y = 1.316{,}25(2030) - 2.626.452{,}44$$

$$= 45.535 \text{ Ton/Tahun}$$

1.2.3 Kapasitas Pabrik yang Telah Berproduksi

Kebutuhan etil akrilat di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat, namun hanya ada satu perusahaan yang memproduksi, yaitu PT. Nippon Shokubai (NSI) dengan kapasitas produksi 20.000 Ton/Tahun. Dan Indonesia juga masih mengimpor dari luar negeri seperti, China, Korea, Jepang, dan Singapura untuk mencukupi kebutuhan. Hal ini dapat dilihat dari tabel 1.1 dibawah ini.

Tabel 1. 2 Kapasitas Pabrik Etil Akrilat yang Telah Berproduksi

Pabrik	Negara	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Nippon Shokubai Indonesia	Indonesia	20.000
Shanghai Huayi Group Co.	China	30.000
Sasol Dia Acrylates	Afrika Selatan	35.000
LG Chemical Ltd.	Korea Selatan	30.000
Singapore Acrylic Ester Pte. Ltd	Singapura	60.000

1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku

Tabel 1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik	Bahan Baku	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Nippon Shokubai Indonesia	Asam Akrilat	140,000
PT. Molindo Raya Industrial	Etanol	80,000

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Asam Akrilat

Asam akrilat adalah senyawa organik dengan rumus kimia $C_3H_4O_2$. Nama IUPAC-nya adalah asam propenoat, dan senyawa ini juga dikenal dengan beberapa sebutan lain seperti asam 2-propenoat, asam vinilformat, serta ethylenecarboxylic acid. Termasuk dalam golongan asam karboksilat, asam akrilat memiliki karakteristik umum seperti kemampuannya larut dalam berbagai pelarut, misalnya air, alkohol, eter, dan kloroform. Dalam keadaan murni,

senyawa ini berbentuk cairan bening dengan bau yang khas, cukup tajam, dan menyengat.

Perkembangan sektor industri di Indonesia yang semakin pesat turut mendorong meningkatnya kebutuhan akan asam akrilat. Senyawa ini banyak digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan berbagai turunan ester akrilik, seperti metil akrilat, alkil akrilat, dan poliakrilat. Selain itu, asam akrilat juga berperan sebagai komonomer dalam produksi poliakrilamida anionik yang banyak dimanfaatkan pada industri pelapis (*coating*) serta pembuatan SAP (*Super Absorbent Polymer*).

Asam akrilat merupakan salah satu bahan kimia industri yang cukup penting karena berperan sebagai senyawa antara (intermediate) dalam berbagai proses produksi, baik untuk kebutuhan industri maupun produk konsumen. Pemanfaatan utamanya adalah sebagai bahan baku dalam pembuatan ester akrilat dan resin. Jenis ester akrilat yang dihasilkan antara lain etil akrilat, butil akrilat, metil akrilat, dan 2-etilheksil akrilat. Senyawa-senyawa tersebut selanjutnya dapat dipolimerisasi dan digunakan sebagai bahan dalam pembuatan cat, pelapis, tekstil (baik tenun maupun *non-woven*), perekat, bahan poles, serta plastik. Selain itu, metil akrilat juga dimanfaatkan dalam proses pembuatan vitamin B1.

1.3.2 Etanol

Etanol atau sering disebut sebagai etil alkohol, merupakan senyawa organik golongan alkohol primer yang memiliki karakteristik fisik berupa cairan jernih, tidak berwarna, mudah terbakar, dan memiliki aroma yang khas. Dalam industri kimia, etanol merupakan salah satu pelarut dan bahan baku yang sangat vital, termasuk dalam sintesis ester seperti etil akrilat. Senyawa ini memiliki titik didih sebesar 78,3°C pada tekanan atmosferik dan massa molekul relatif sebesar 46,07 g/mol. Sifatnya yang polar memungkinkan etanol bercampur sempurna dengan air dalam berbagai proporsi, serta dengan banyak pelarut organik lainnya (Smith, 2021).

Secara komersial, etanol diproduksi melalui dua jalur utama: fermentasi gula/pati menggunakan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) atau melalui hidrasi katalitik etilena yang berasal dari fraksi minyak bumi. Dalam reaksi pembentukan etil akrilat, etanol bertindak sebagai agen alkilasi yang menyerang gugus karboksil pada asam akrilat dengan bantuan katalis asam (seperti H_2SO_4 atau resin penukar ion). Penggunaan etanol berlebih sering dilakukan dalam rancangan pabrik untuk menggeser kesetimbangan reaksi ke arah produk, mengingat reaksi esterifikasi bersifat *reversibel* (Brown, 2022).

1.3.3 Etil Akrilat

Etil akrilat adalah senyawa organik golongan ester tak jenuh yang merupakan hasil reaksi antara asam akrilat dan etanol. Senyawa ini berbentuk cairan bening, tidak berwarna, dan memiliki bau tajam yang sangat menyengat bahkan pada konsentrasi rendah. Secara fisik, etil akrilat memiliki titik didih sekitar 99,4°C dan massa molekul 100,12 g/mol. Sifat kimia yang paling menonjol dari etil akrilat adalah reaktivitasnya yang tinggi, terutama kemampuannya untuk berpolimerisasi dengan sendirinya (autopolimerisasi) jika terpapar panas, cahaya, atau tanpa adanya inhibitor seperti *hydroquinone monomethyl ether* (MEHQ) (Miller, 2022).

Dalam dunia industri, etil akrilat merupakan intermediat kimia yang sangat penting. Kegunaan utamanya adalah sebagai monomer dalam produksi berbagai macam polimer, termasuk resin akrilik, plastik, dan emulsi lateks. Produk turunan etil akrilat diaplikasikan secara luas pada industri cat (sebagai zat pengikat), bahan perekat (*adhesives*), pelapis tekstil, hingga industri kulit. Karena memiliki ikatan rangkap dua (C=C) pada struktur akrilatnya, senyawa ini sangat mudah mengalami reaksi adisi dan kopolimerisasi dengan monomer lain seperti metil metakrilat atau stirena untuk menghasilkan material dengan fleksibilitas dan ketahanan cuaca yang baik (Patel, 2021). Dari aspek keselamatan kerja, etil akrilat dikategorikan sebagai cairan yang mudah terbakar

(*flammable liquid*) dan bersifat iritan terhadap kulit, mata, serta saluran pernapasan, sehingga memerlukan penanganan khusus dalam desain sistem penyimpanan dan perpipaan di pabrik (Safety, 2023).

1.3.4 Esterifikasi

Dalam proses ini, etanol dan asam akrilat mengalami reaksi esterifikasi dengan asam sulfat sebagai katalis untuk menghasilkan etil akrilat. Reaksi berlangsung pada tekanan udara 1 atm pada suhu antara 85°C dan 105°C. Asam sulfat digunakan sebesar 4–8% dari total massa umpan, dan rasio molar asam akrilat terhadap etanol bervariasi antara 1:1,1 hingga 1:1,5. Dengan rendemen sekitar 90% dari etil akrilat yang dihasilkan, reaksi dilakukan dalam reaktor tangki berpengaduk (CSTR). Kolom distilasi digunakan untuk memurnikan lebih lanjut keluaran reaktor. Berikut ini reaksi proses esterifikasi yang berlangsung di dalam reaktor (B. Lee, 2005)

$$C_3H_4O_2 + C_2H_5OH \rightarrow C_5H_8O_2 + H_2O$$

1.3.5 Pemilihan Proses

Tabel 1. 4 Pemilihan Proses

Parameter	Proses Esterifikasi	Proses Etilena	Proses Ethyl 3-Ethoxypropionate	Proses Asetilena
Bahan Baku	Etanol dan Asam akrilat	Etilen dan Asam akrilat	Ethyl 3-Ethoxypropionate	Asetilen dan Alkohol
Fase Bahan Baku	Cair - Cair	Gas - Cair	Gas – Cair	Gas – Cair
Kondisi Operasi	T= 95°C	T= 130°C	T= 150°C	T= 40°C
	P= 1 atm	P= 14 atm	P= 1 atm	P= 1 atm
Katalis	Asam Sulfat	Asam Sulfat	*Mercury* (II)	Nikel karbonil
Konversi	90%	80%	95%	80%
Keuntungan Proses	14,235,558	759,152	–151,22918	14,454,924
	$.kmol^{-1}	$.kmol^{-1}	$.kmol^{-1}	$.kmol^{-1}

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.3.6 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika bertujuan untuk menentukan sifat reaksi (eksotermis atau endotermis) dan arah reaksi (*reversible* atau *irreversible*). Tinjauan ini dapat dilakukan dengan mengamati nilai entalpi selama reaksi. Reaksi esterifikasi pembentukan etil akrilat adalah sebagai berikut:

$$C_3H_4O_{2(I)} + C_2H_5OH_{(I)} \rightarrow C_5H_8O_{2\,(I)} + H_2O_{(I)}$$

Menghitung panas reaksi dapat digunakan untuk menentukan sifat reaksi yang dipilih. Sementara itu, arah reaksi

dapat ditentukan melalui perhitungan energi *Gibbs* pada kondisi operasi yang telah ditentukan.

a. Enthalpi Reaksi (ΔHr)

Entalpi reaksi merupakan salah satu parameter yang paling umum digunakan karena menggambarkan jumlah panas yang terlibat selama berlangsungnya reaksi kimia. Untuk menentukan nilai ΔHr, diperlukan data entalpi pembentukan standar (ΔH°f) pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 1 bar dan suhu 25 °C (298,15 K), untuk setiap komponen yang terlibat dalam reaksi tersebut.

Tabel 1. 5 Enthalpi pembentukan standar senyawa

Komponen	**$\Delta H°_{f\,(298)}$ (kJ/mol)**
$C_3H_4O_2$	-336,23
C_2H_5OH	-234,81
$C_5H_8O_2$	-349,53
H_2O	-241,8

Berdasarkan data tersebut, perhitungan entalpi reaksi pembentukan etil akrilat dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\Delta H°_{r\,(298)} = \Sigma\Delta H°_f \text{ produk} - \Sigma\Delta H°_f \text{ reaktan}$$

Sehingga, enthalpi reaksi standar etil akrilat yaitu:

$\Delta H°_{r\,(298)}$ = ($\Sigma\Delta H°_f$ $C_5H_8O_2$ + $\Sigma\Delta H°_f$ H_2O) – ($\Sigma\Delta H°_f$ $C_3H_4O_2$ + $\Sigma\Delta H°_f$ C_2H_5OH)

= ((-349,53)+(-241,8)) – ((-336,23)+ (-234,81))

= -20,29 kJ/mol

= -20.290 J/mol

Berdasarkan Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai enthalpi reaksi standar pembentukan etil akrilat adalah -20,29 kJ/mol atau -20.290 J/mol dengan nilai negatif, yang menunjukkan bahwa reaksi tersebut bersifat eksotermis, yang berarti melepaskan panas.

Dari perhitungan diatas didapatkan hasil bahwa reaksi esterifikasi antara asam akrilat dan etanol untuk menghasilkan Etil Akrilat dengan bernilai negatif, maka reaksi tersebut adalah reaksi eksotermis (reaksi membutuhkan dingin).

b. Energi *Gibbs* (ΔG°r)

Energi *Gibbs* merupakan besaran yang menunjukkan kerja maksimum selain kerja ekspansi volume yang dapat dihasilkan oleh suatu sistem tertutup pada kondisi suhu dan tekanan tetap. Dalam menentukan nilai ΔGr, digunakan data pada kondisi standar, yaitu tekanan 1 bar dan suhu 25 °C (298,15 K), untuk setiap komponen yang terlibat dalam reaksi tersebut.

Tabel 1. 6 Energi *Gibbs* senyawa

Komponen	**$\Delta G°_{r\,(298)}$ (kJ/mol)**
$C_3H_4O_2$	-286,06
C_2H_5OH	-168,28
$C_5H_8O_2$	-245,45
H_2O	-228,6

Untuk menentukan nilai ΔG°r reaksi dapat menggunakan data pada Tabel 1. 12 menggunakan rumus:

$$\Delta G°_{r\,(298K)} = \Sigma\Delta G°_r \text{ produk} - \Sigma\Delta G°_r \text{ reaktan}$$

Sehingga, besar energi *Gibbs* dalam pembentukan etil akrilat yaitu:

$$\Delta G°_{r\,(298K)} = (\Sigma\Delta G°_r\ C_5H_8O_2 + \Sigma\Delta G°_r\ H_2O) - (\Sigma\Delta G°_r\ C_3H_4O_2 + \Sigma\Delta G°_r\ C_2H_5OH)$$

$$= ((-245{,}45) + (-228{,}6)) - (-286{,}06 + -168{,}28)$$

$$= -19{,}71 \text{ kJ/mol}$$

$$= -19.710 \text{ J/mol}$$

Pada perhitungan Energi *Gibbs* dihasilkan nilai negatif (ΔG°< 0), maka reaksi tersebut dapat dikatakan sebagai reaksi spontan.

Konstanta kesetimbangan (K) adalah parameter termodinamika yang berperan penting dalam menunjukkan sejauh mana suatu reaksi kimia berlangsung ke arah pembentukan produk. Pada reaksi esterifikasi antara asam akrilat dan etanol yang menghasilkan etil akrilat dan air, nilai K dapat ditentukan dari perubahan energi bebas *Gibbs* standar melalui persamaan berikut:

$$\Delta G = -R.T.\ln.K$$

$$\ln K = \frac{\Delta G}{-RT}$$

$$\ln K = \frac{-19710\ J/mol}{-8{,}314\ \frac{J}{mol}K \times 298{,}15\ K}$$

$$\ln K = 7{,}9513$$

$$K_{298} = \exp(7{,}955)$$

$$K_{298} = 2.839{,}26$$

Menghitung nilai konstanta kesetimbangan pada suhu reaksi (K_2) yaitu 95 °C atau 368,15 K menggunakan rumus berikut:

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

$$-ln\left(\frac{K_2}{2.839{,}26}\right) = \frac{-20290\ J/mol}{8{,}314\ \frac{J}{mol.K}}\left(\frac{1}{298{,}15\ K} - \frac{1}{368{,}15\ K}\right)$$

$$-ln\left(\frac{K_2}{2.839{,}26}\right) = -1{,}5563$$

$$\left(\frac{K_2}{2.839{,}26}\right) = e^{-1{,}5563}$$

$$\left(\frac{K_2}{2.839{,}26}\right) = 0{,}2109$$

$$K_2 = 7{,}43 \times 10^{-5}$$

Nilai konstanta kesetimbangan pada kondisi reaksi (K) yang lebih besar dari 1 menunjukkan bahwa reaksi esterifikasi antara asam akrilat dan etanol cenderung berlangsung ke arah pembentukan produk, yaitu etil akrilat dan air. Kondisi ini menandakan bahwa secara termodinamika reaksi berpotensi mencapai konversi yang tinggi. Dengan demikian, pada perancangan reaktor CSTR di pabrik, kondisi operasi dapat diatur sedekat mungkin dengan keadaan kesetimbangan agar produksi etil akrilat dapat dioptimalkan tanpa memerlukan tahap pemurnian lanjutan yang terlalu besar.

1.3.7 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika dilakukan untuk menentukan konstanta laju reaksi (k), yang menggambarkan hubungan antara kecepatan reaksi dan perubahan konsentrasi reaktan. Laju reaksi sangat dipengaruhi oleh suhu reaksi. Hubungan ini dijelaskan melalui persamaan Arrhenius, yaitu:

$$k = Ae^{\frac{-\mathrm{Ea}}{\mathrm{RT}}}$$

Berdasarkan persamaan tersebut, peningkatan suhu reaksi akan menyebabkan nilai konstanta laju reaksi semakin besar, sehingga reaksi berlangsung lebih cepat.

Berdasarkan percobaan (Jyoti, 2016), reaksi esterifikasi antara asam akrilat dan etanol menjadi etil akrilat pada berbagai variasi suhu menghasilkan nilai konstanta laju reaksi yang berbeda. Tabel dibawah ini menunjukkan nilai konstanta laju reaksi pada berbagai suhu dengan rasio asam akrilat terhadap etanol 1:1 serta penggunaan katalis H_2SO_4 sebesar 3%.

Tabel 1. 7 Nilai konstanta kecepatan reaksi berbagai variasi suhu

Suhu (°C)	**k**
50	2,926
55	5,903
60	7,843
65	11,549
70	18,441

Dilihat dari data pada Tabel 1.7, reaksi esterifikasi dalam pembentukan etil akrilat menunjukkan kondisi paling optimal pada suhu operasi 70°C, karena menghasilkan nilai konstanta laju reaksi tertinggi, yaitu sebesar 18,441 $(m^3)^2$/ $kmol^2$.min.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1 Etil Akrilat

Rumus molekul : $C_5H_8O_2$

Berat molekul : 100 g/mol

Titik lebur : -71,2°C

Titik didih : 99,4°C

Densitas : 0,9234 g/ml (20°C)

Wujud : Cairan tidak berwarna

Komposisi : 99,5% $C_5H_8O_2$ (0,5 H_2O)

Kelarutan : 1,5 g/100 g H_2O

Hazard Diamond :



2.2 Spesifikasi Bahan Baku

2.2.1 Asam Akrilat

Rumus molekul : $C_3H_4O_2$ ($CH_2CHCOOH$)

Berat molekul : 72 g/mol

Titik beku : 13,2°C

Titik didih : 141°C

Densitas : 1,050 g/ml (20°C)

Wujud : Cairan tidak berwarna

Hazard Statements :



2.2.2 Etanol

Rumus molekul : C_2H_5OH

Berat molekul : 46 g/mol

Titik beku : 273,2°K

Titik didih : 78°C

Berat jenis : 0,998 g/cm^3 (293°K)

Wujud : Cairan tidak berwarna

Hazard Statement :



2.2.3 Air

Rumus molekul : H_2O

Berat molekul : 18 g/mol

Titik beku : 273,2 °K, 0 °C

Titik didih : 100 °C

Densitas : 0,998 g/cm^3 (20°C)

Wujud : Cairan tidak berwarna

Hazard Diamond :



2.3 Spesifikasi Bahan Pembantu

2.4.1 Asam Sulfat

Rumus molekul : H_2SO_4

Berat molekul : 98 g/mol

Titik lebur : 10,49°C

Titik didih : 340°C

Densitas : 1,834 g/ml

Wujud : Cair

Hazard Statement :



2.4.2 Natrium Hidroksida

Rumus molekul : NaOH

Berat molekul : 40 g/mol

Titik lebur : 318°C

Titik didih : 1388°C

Densitas : 2,13 g/cm^3

Wujud : Padat

Hazard Statement :



2.4 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik etil akrilat mencakup pengawasan kualitas terhadap bahan baku, kualitas produksi, dan kualitas proses produk.

2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku bertujuan untuk memastikan bahwa bahan yang digunakan dalam proses produksi berada dalam kondisi baik dan tidak mengalami kerusakan yang dapat menurunkan mutu produk. Selain itu, bahan baku yang digunakan harus memenuhi spesifikasi kualitas yang telah

ditetapkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu terhadap bahan baku sebelum digunakan dalam proses produksi.

2.4.2 Pengendalian Kualitas Produk

Untuk mempertahankan mutu produk hasil proses produksi, diperlukan pengendalian kualitas agar produk yang dihasilkan tetap memenuhi standar yang berlaku di pasaran. Produk yang sesuai standar dapat diperoleh dengan menggunakan bahan baku berkualitas yang telah melalui tahap pengujian dan pengawasan. Selain itu, pengendalian proses yang baik juga diperlukan agar produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan layak untuk dipasarkan.

2.4.3 Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Pengendalian proses produksi meliputi pengaturan aliran serta peralatan yang berfungsi sebagai sistem kendali. Pemantauan dan pengawasan jalannya operasi dapat dilakukan melalui perangkat kontrol yang terdapat di ruang kendali (*control room*) maupun melalui sistem kendali otomatis yang bekerja berdasarkan indikator pada peralatan. Setiap alat indikator ditetapkan nilai acuan (*set point*). Apabila terjadi kesalahan, baik pada laju alir bahan baku dan produk, ketinggian (*level*), maupun suhu, maka sistem akan

memberikan peringatan berupa lampu indikator dan alarm. Jika terjadi kesalahan tersebut, pengaturan harus segera dikembalikan ke kondisi semula, baik secara manual maupun otomatis, agar proses kembali pada kondisi yang diinginkan.

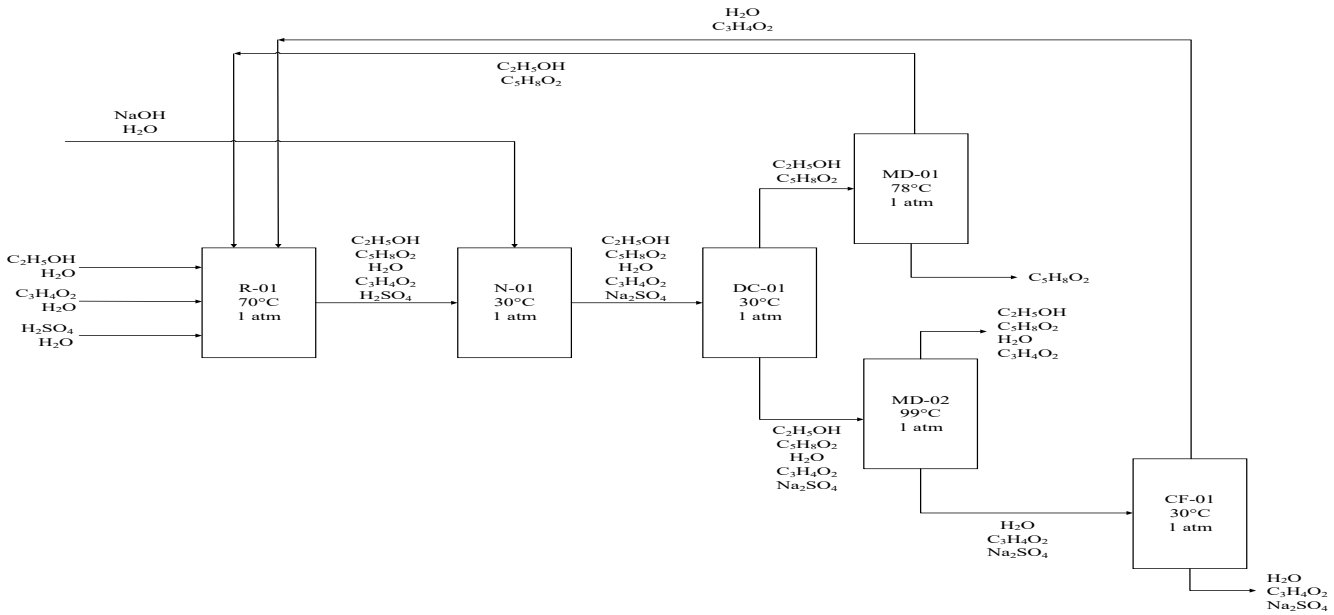
a. Level *Control*, berfungsi untuk mengatur ketinggian cairan di dalam tangki. Sistem pengendali level akan memberikan sinyal berupa bunyi alarm dan indikator lampu apabila ketinggian cairan tidak sesuai dengan kondisi yang telah ditetapkan.
b. *Flow rate*, Berfungsi untuk mengendalikan aliran bahan baku, baik pada aliran masuk (*inlet*) maupun aliran keluar (*outlet*) selama proses berlangsung.
c. *Temperature control*, berfungsi untuk mengatur suhu pada suatu aliran atau suatu alat proses. Suhu yang terukur akan dibandingkan dengan nilai acuan (*set point*). Jika belum sesuai, maka suhu akan dikoreksi hingga mencapai kondisi yang diinginkan.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

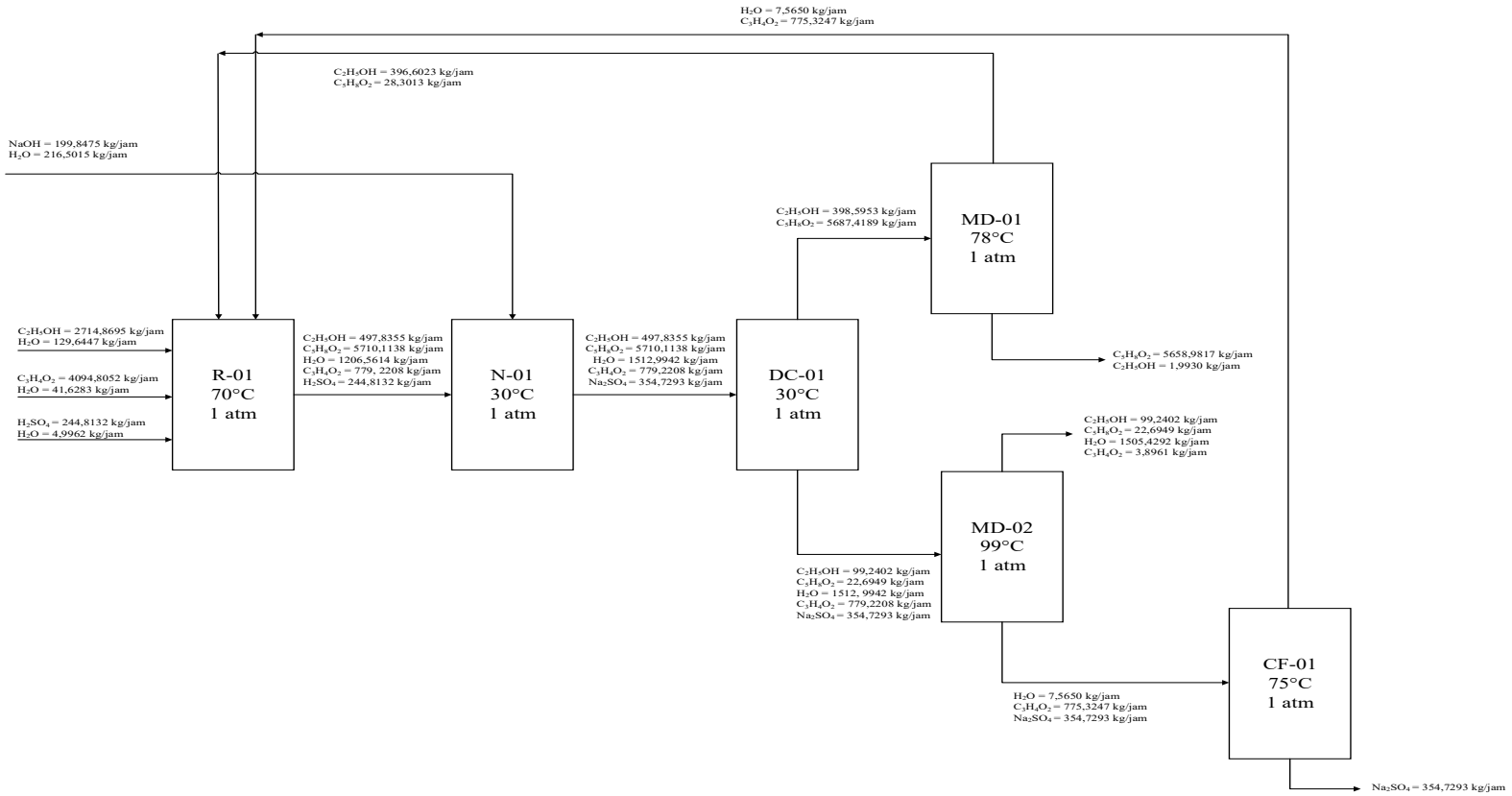
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Pembentukan etil akrilat dilakukan melalui reaksi esterifikasi dengan bahan baku etanol dan asam akrilat pada perbandingan mol 1:1, menggunakan katalis homogen berupa asam sulfat (H_2SO_4). Proses produksinya terbagi menjadi tiga tahap utama, yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap pembentukan produk, serta tahap pemisahan dan pemurnian.

3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap persiapan bahan baku terdiri dari tangki penyimpanan bahan baku dan pemanas. Bahan baku etanol dengan kemurnian 96% disimpan di dalam tangki penyimpanan etanol (T-01) pada temperatur 30^oC dan tekanan 1 atm. Sementara itu, bahan baku asam akrilat dengan kemurnian 99% disimpan dalam tangki penyimpanan asam akrilat (T-02) pada temperatur 30^oC dan tekanan 1 atm. Katalis asam sulfat dengan kemurnian 98% dalam bentuk cair disimpan didalam tangki penyimpanan asam sulfat (T-03) pada temperatur 30^oC dan tekanan 1 atm. Sedangkan bahan baku tambahan berupa *sodium hydroxide* dengan kemurnian 48% disimpan didalam tangki NaOH (T-04) pada temperatur 30^oC dan tekanan 1 atm.

Bahan baku etanol dan asam akrilat serta langsung dialirkan menuju Reaktor (R-01) untuk dilakukan pembentukan produk, namun di panaskan terlebih dahulu secara bersamaan beserta *recycle* hasil dari menara distilasi 1 (MD-01) dan filtrasi *centrifudge* (CF-01) di *heater* (HE-01).

Sedangkan H_2SO_4 sebagai katalisator sebanyak 3% dari berat bahan baku juga di alirkan ke reaktor (R-01).

3.2.2 Tahap Pembentukan Produk

Pada tahap ini, Reaktor beroperasi secara *isothermal* pada kondisi operasi temperatur 70^{o}C dan tekanan 1 atm. Reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Adapun reaksi yang terjadi didalam reaktor adalah sebagai berikut:

$$C_3H_4O_2 + C_2H_5OH \leftrightarrow C_5H_8O_2 + H_2O$$

Reaksi didalam reaktor berjalan secara eksotermis, sehingga diperlukan adanya pendingin sebagai penghilang panas yang dihasilkan oleh reaksi untuk menjaga kondisi *isothermal*. Cara yang dapat dilakukan yaitu dengan mengalirkan air pendingin melalui jaket pendingin yang digunakan untuk melapisi permukaan luar reaktor (Hershberger, Kammerzell, & VanArdale, 2005).

Setelah itu, produk keluaran reaktor (R-01) didinginkan menggunakan *Cooler* (CL-01) hingga temperatur 30^{o}C, kemudian dialirkan menuju *netralizer* (N-01). Di dalam *netralizer*, asam sulfat dinetralisasi menggunakan sodium hidroksida (NaOH).

3.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian

Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan produk etil akrilat dengan kemurnian 99,9%. Keluaran dari *netralizer* (N-01) dialirkan menuju

dekanter (DC-01). Alat ini beroperasi pada temperatur 30ºC dan tekanan 1 atm. Penggunaan dekanter berfungsi untuk memisahkan etil akrilat dan etanol dengan komponen lainnya. Dekanter (DC-01) memisahkan senyawa berdasarkan kelarutannya. Hasil bawah dekanter berupa etanol, asam akrilat, etil akrilat, air dan natrium sulfat (Na_2SO_4), sedangkan hasil atas dekanter berupa etil akrilat dan etanol.

Hasil atas dekanter (DC-01) dialirkan menuju *heater* (HE-03) masuk ke menara distilasi 1 (MD-01) untuk dipisahkan etanol dan etil akrilatnya. Hasil atas menara distilasi 1 (MD-01) berupa etanol yang masih bisa digunakan di *recycle* menuju reaktor (R-01). Hasil bawah menara distilasi 1 (MD-01) merupakan produk utama yaitu etil akrilat yang dialirkan ke tangki penyimpanan etil akrilat (T-05) yang didinginkan terlebih dahulu menggunakan *Cooler* (CL-02).

Sedangkan hasil bawah dekanter dialirkan menuju ke menara distilasi 2 (MD-02), namun melewati *heater* (HE-04) terlebih dahulu dengan tujuan untuk meningkatkan temperatur menjadi 70ºC. Hasil atas menara distilasi 2 (MD-02) dialirkan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL), sedangkan hasil bawahnya dialirkan ke filtrasi *centrifudge* (CF-01) untuk dipisahkan asam akrilat dan air dengan natrium sulfat. Hasil atas filtrasi *centrifudge* (CF-01) akan di *recycle* ke reaktor (R-01). Dan hasil bawah filtrasi *centrifudge* (CF-01) dialirkan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL).

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Alat Proses

a. Reaktor

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor

Kode	R-01			
Fungsi	Mereaksikan asam akrilat dan etanol menjadi etil akrilat			
Jenis	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk			
Kondisi Operasi				
Tekanan Operasi	1	atm	14,7	psi
Suhu Operasi	70	°C	343,5	K
Spesifikasi				
Bahan Reaktor	Stainless Steel tipe 316			
Diameter *shell*	1,062	m		
Tinggi *shell*	1,062	m		
Volume *shell* (cairan)	0,940	m^3		
Volume *Head*	0,0001	m^3		
Volume Reaktor	0,940	m^3		
Tinggi Reaktor	1,432	m		
Tinggi *Head* (OA)	0,185	m		
Tebal *shell*	0,188	in		
Tebal *Head*	0,189	in		
***Impeller* s**				
Jenis *Impeller*	*Turbine with 6 flat blades*			
Diameter pengaduk	0,356	m		
Jarak / panjang pengaduk	0,356	m		
Lebar pengaduk	0,089	m		
Lebar *baffle*	0,089	m		
Jumlah Pengaduk	1	buah		
Kecepatan Pengadukan (N)	435	rpm		
Power Pengadukan (P)	3	Hp		
Harga	$76.200			

Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor (lanjutan)

Jaket Pendingin				
Tinggi	1,4267	m		
Diameter	1,1684	m		
Luas Selimut	41,1676	ft^2		

b. *Netralizer*

Tabel 3. 3 Spesifikasi *Netralizer*

Kode	N-01
Fungsi	Menetralkan H_2SO_4 sebagai katalis dengan menggunakan NaOH sehingga diperoleh larutan garam atau Na_2SO_4
Jenis	Tangki silinder tegak
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
a. Tekanan	1 atm
b. Suhu	30ºC
Bahan kontruksi	*Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304*
Dimensi *Netralizer*	
a. Volume	5,4270 m^3
b. Diameter	1,9047 m
c. Tinggi	1,9047 m
d. Tebal *shell*	0,1875 in
e. Tebal *Head*	0,1875 in
f. Tinggi cairan	1,9042 m
Pengaduk *Netralizer*	
a. Jenis	*Turbine with 6 flat blades*
b. Diameter pengaduk	0,6349 m
c. Jumlah pengaduk	6 buah
d. Lebar *baffle*	0,1079 m
e. Kecepatan putaran	111,0054 rpm
f. *Power*	0,18 Hp
Harga,$	556.800

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung

a. *Decanter*

Tabel 3. 4 Spesifikasi *Decanter*

Kode	D-01
Fungsi	Memisahkan fase terlarut dalam air dengan yang tidak terlarut dalam air dari cairan hasil *Netralizer*
Jenis	*Horizontal Cylinder Vessel*
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
a. Tekanan	1 atm
b. Suhu	30ºC
Bahan kontruksi	*Stainless Steel (316)*
Dimensi *Decanter*	
a. Diameter	0,92 m
b. Panjang	3,15 m
c. Tebal *shell*	0,19 in
d. Tebal *Head*	0,19 in
e. Waktu tinggal	10 menit
Harga	$147.800

b. Menara Distilasi 1

Tabel 3. 5 Spesifikasi Menara Distilasi 1

Kode	MD-01
Fungsi	Untuk memisahkan etanol dan etil akrilat berdasarkan perbedaan titik didih
Jenis	*Sieve tray*
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
a. Tekanan	1 atm
b. Suhu	78ºC
Bahan kontruksi	*Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304*
Dimensi Distilasi	
a. Tinggi	14,6807 m
b. Diameter kolom	1,016 m

Tabel 3. 6 Spesifikasi Menara Distilasi 1 (lanjutan)

c. Tebal *shell*	0,0048 m
d. Tebal *Head*	0,0048 m
e. Jumlah *plate*	14 buah
f. Tebal *tray*	0,003 m
g. Diameter *hole*	0,0127 m
h. Jumlah *hole*	103,002 buah
i. *Tray spacing*	0,6096 m
j. Panjang *weir*	0,6044 m
k. Tinggi *weir*	0,0508 m
Harga, $	191.700

c. Menara Distilasi 2

Tabel 3. 7 Spesifikasi Menara Distilasi 2

Kode	MD-02
Fungsi	Untuk memisahkan air dan asam akrilat berdasarkan perbedaan titik didih
Jenis	*Sieve tray*
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
a. Tekanan	1 atm
b. Suhu	99ºC
Bahan kontruksi	*Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304*
Dimensi Distilasi	
a. Tinggi	27,7271 m
b. Diameter kolom	1,2192 m
c. Tebal *shell*	0,0048 m
d. Tebal *Head*	0,0048 m
e. Jumlah *plate*	34 buah
f. Tebal *tray*	0,003 m
g. Diameter *hole*	0,0127 m
h. Jumlah *hole*	169,864 buah
i. *Tray spacing*	0,6096 m
j. Panjang *weir*	0,7761 m
k. Tinggi *weir*	0,0508 m
Harga, $	376.100

d. Filtrasi *Centrifudge* (CF-01)

Tabel 3. 8 Spesifikasi Filtrasi Centrifudge

Kode	CF-01
Fungsi	Untuk memisahkan Na_2SO_4 dengan asam akrilat
Bahan Kontruksi	*Carbon Steel*
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
a. Tekanan	1 atm
b. Suhu	30ºC
Mechanical Design	
Ukuran Mangkok	0,1524 m
Kecepatan Putar	3000 rpm
Gaya Sentrifugal	53900 kg.m/s^2
Jari-jari Bowl	3 in
Daya	5 Hp
Power Conveyor	0,08 Hp
Harga	$309.900

e. *Condensor*

Tabel 3. 9 Spesifikasi *Condensor Double Pipe*

Nama Alat	***Condensor* 1**
Kode	CD-01
Fungsi	Untuk mengembunkan hasil atas Menara Distilasi 1
Jenis	*Double Pipe Heat Exchanger*
Bahan kontruksi	*Carbon Steel A-283-54 Grade C*
Kondisi Operasi	
Hot Fluid Temperature (in)	78 ºC
Hot Fluid Temperature (out)	78ºC
Cold Fluid Temperature (in)	30ºC
Cold Fluid Temperature (out)	40ºC
Pressure	1 atm

Tabel 3. 10 Spesifikasi *Condensor Double Pipe* (lanjutan)

Spesifikasi	
Luas transfer	14,8454 ft^2
Jumlah *hairpin*	4 buah
Uc	13,1187 Btu/hr.ft^2.˚F
Ud	12,6220 Btu/hr.ft^2.˚F
Rdmin	0,003
Rdcal	0,0043
Mechanical Design	
Annulus	
IPS	3 in
OD	3,5 in
ID	3 in
Schedule. No	40
Flow area	2,93 in^2
Surface area	0,917 ft^2/ft
Inner Pipe	
IPS	2 in
OD	2,375 in
ID	2 in
Schedule. No	40
Flow area	3,35 in^2
Surface area	0,622 ft^2/ft
Harga	$1.100

Tabel 3. 11 Spesifikasi *Condensor Shell and Tube*

***Condensor* 2**	
Kode	CD-02
Fungsi	Untuk mengembunkan hasil atas Menara Distilasi 2
Jenis	*Shell and Tube Heat Exchanger*
Jumlah	1 buah
Bahan kontruksi	*Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304*

Tabel 3. 12 Spesifikasi *Condensor Shell and Tube* (lanjutan)

Kondisi Operasi			
	In	*Out*	
Hot Fluid Temperature, ºC	99	99	
Cold Fluid Temperature, ºC	30	40	
Pressure, atm	1	1	
Mechanical Design			
Shell (Cold fluid)		*Tube (Hot fluid)*	
Length, ft	12	*Length, ft*	12
Passes	2	*Passes*	2
ID, in	17,25	OD, in	1
Baffle spaces	19,2	*Number tube*	118
		A, ft²	349,3639
		BWG	14
ΔP terhitung, psi	0,0005	*Pitch*	1,25
ΔP Diijinkan, psi	10	ΔP terhitung, psi	0
Rdmin, Btu/hr.ft².°F	0,003	ΔP Diijinkan, psi	10
Rdcal Btu/hr.ft².°F	0,0101	Rdmin, Btu/hr.ft².°F	0,003
		Rdcal Btu/hr.ft².°F	0,0101
Harga,$	45.800		

f. *Reboiler*

Tabel 3. 13 Spesifikasi *Reboiler Double Pipe*

Nama Alat	***Reboiler* 1**
Kode	RB-01
Fungsi	Untuk menguapkan hasil bawah Menara Distilasi 1
Jenis	*Double Pipe Heat Exchanger*
Bahan kontruksi	*Carbon Steel A-283-54 Grade C*
Kondisi Operasi	
Hot Fluid Temperature (in)	150 ºC
Hot Fluid Temperature (out)	150ºC
Cold Fluid Temperature (in)	68ºC
Cold Fluid Temperature (out)	99ºC

Tabel 3. 14 Spesifikasi *Reboiler Double Pipe* (lanjutan)

Pressure	1 atm
Spesifikasi	
Luas transfer	19,7010 ft^2
Jumlah *hairpin*	4 buah
Uc	13,7826 Btu/hr.ft^2.˚F
Ud	13,2353 Btu/hr.ft^2.˚F
Rdmin	0,003
Rdcal	0,0168
Mechanical Design	
Annulus	
IPS	4 in
OD	4,5 in
ID	4 in
Schedule. No	40
Flow area	3,14 in^2
Surface area	1,178 ft^2/ft
Inner Pipe	
IPS	3 in
OD	3,5 in
ID	3 in
Schedule. No	40
Flow area	7,38 in^2
Surface area	0,917 ft^2/ft
Harga	$1.200

Tabel 3. 15 Spesifikasi *Reboiler Shell and Tube*

***Reboiler* 2**	
Kode	RB-02
Fungsi	Untuk menguapkan hasil bawah Menara Distilasi 2
Jenis	*Shell and Tube Heat Exchanger*
Jumlah	1 buah
Bahan kontruksi	*Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304*

Tabel 3. 16 Spesifikasi *Reboiler Shell and Tube* (lanjutan)

Kondisi Operasi			
		In	*Out*
Hot Fluid Temperature, ºC		150	150
Cold Fluid Temperature, ºC		70	128
Pressure, atm		1	1
Mechanical Design			
Shell (Cold fluid)		*Tube (Hot fluid)*	
Length, ft	20	*Length, ft*	20
Passes	4	*Passes*	4
ID, in	23,25	OD, in	1
Baffle spaces, in	25,8	*Number tube*	212
		A, ft²	1109,2702
		BWG	14
ΔP terhitung, psi	0,0006	*Pitch*	1,25
ΔP Diijinkan, psi	10	ΔP terhitung, psi	0
Rdmin, Btu/hr.ft².°F	0,003	ΔP Diijinkan, psi	10
Rdcal Btu/hr.ft².°F	0,0109	Rdmin, Btu/hr.ft².°F	0,003
		Rdcal Btu/hr.ft².°F	0,0109
Harga,$	141.800		

g. *Accumulator* 1

Tabel 3. 17 Spesifikasi *Accumulator* 1

Kode	ACC-01
Fungsi	Untuk mengembunkan hasil atas Menara Distilasi 1
Jenis	*Horizontal cylinder*
Bahan kontruksi	*Carbon Steel A-283-54 Grade C*
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
Suhu, ˚C	78
Tekanan, atm	1
Kapasitas tangka, m^3	1,69

Tabel 3. 18 Spesifikasi *Accumulator 1* (lanjutan)

Diameter *Shell*	
Diameter, m	0,6978
Panjang, m	4,1867
Tebal *shell*, in	0,1875
Diameter *Head*	
Diameter, m	0,7112
Panjang, m	0,1805
Tebal *Head*, in	0,1875
Panjang total, m	4,5478
Harga,$	12.400

h. *Accumulator* 2

Tabel 3. 19 Spesifikasi *Accumulator* 2

Kode	ACC-02
Fungsi	Untuk mengembunkan hasil atas Menara Distilasi 2
Jenis	*Horizontal cylinder*
Bahan kontruksi	*Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304*
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
Suhu, ˚C	99
Tekanan, atm	1
Kapasitas tangka, m^3	0,83
Diameter *Shell*	
Diameter, m	0,5515
Panjang, m	3,3087
Tebal *shell*, in	0,1875
Diameter *Head*	
Diameter, m	0,5588
Panjang, m	0,1525
Tebal *Head*, in	0,1875
Panjang total, m	3,6138
Harga,$	12.300

3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan dan Produk

a. Tangki Penyimpanan Etanol (C_2H_5OH)

Tabel 3. 20 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Etanol

Kode	T-01
Fungsi	Menyimpan bahan baku C_2H_5OH untuk kebutuhan produksi selama 14 hari
Jenis	Tangki silinder tegak dengan dasar datar (*flat bottom*) dan bagian atas berbentuk lengkung (*torispherical)*
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
c. Tekanan	1 atm
d. Suhu	30ºC
Bahan kontruksi	*Carbon steel SA-283 Grade C*
Dimensi Tangki	
f. Volume	1667 m^3
g. Diameter	15,24 m
h. Tebal *bottom*	0,75 in
i. Jumlah *course*	5
j. Tinggi *Head*	1,6 m
k. Tebal *Head*	0,500 in
l. Tinggi total	10,8 m
Harga	$249.900

b. Tangki Penyimpanan Asam Akrilat ($C_3H_4O_2$)

Tabel 3. 21 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Akrilat

Kode	T-02
Fungsi	Menyimpan bahan baku $C_3H_4O_2$ untuk kebutuhan produksi selama 7 hari
Jenis	Tangki silinder tegak dengan dasar datar (*flat bottom*) dan bagian atas berbentuk kerucut (*conical)*
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
a. Tekanan	1 atm

Tabel 3. 22 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Akrilat (lanjutan)

b. Suhu	30ºC
Bahan kontruksi	*Stainless Steel SA-167 (316)*
Dimensi Tangki	
a. Volume	960 m^3
b. Diameter	18,288 m
c. Tebal *bottom*	0,75 in
d. Jumlah *course*	2
e. Tinggi *Head*	2 m
f. Tebal *Head*	0,625 in
g. Tinggi total	5,6 m
Harga	$593.500

c. Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (H_2SO_4)

Tabel 3. 23 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Sulfat

Kode	T-03
Fungsi	Menyimpan bahan baku H_2SO_4 untuk kebutuhan produksi selama 7 hari
Jenis	Tangki silinder tegak dengan dasar datar (*flat bottom*) dan bagian atas berbentuk kerucut (*conical)*
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
a. Tekanan	1 atm
b. Suhu	30ºC
Bahan kontruksi	*Stainless Steel SA-167 (316)*
Dimensi Tangki	
a. Volume	60 m^3
b. Diameter	4,572 m
c. Tebal *bottom*	0,01 m
d. Jumlah *course*	2
e. Tinggi *Head*	0,5 m
f. Tebal *Head*	0,1875 in
g. Tinggi total	4,2 m
Harga	$97.900

d. Tangki Penyimpanan Natrium Hidroksida (NaOH)

Tabel 3. 24 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Natrium Hidroksida

Kode	T-04
Fungsi	Menyimpan bahan baku NaOH untuk kebutuhan produksi selama 7 hari
Jenis	Tangki silinder tegak dengan dasar datar (*flat bottom*) dan bagian atas berbentuk lengkung (*torispherical)*
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
a. Tekanan	1 atm
b. Suhu	30ºC
Bahan kontruksi	*Stainless Steel SA-167 (304)*
Dimensi Tangki	
a. Volume	60 m^3
b. Diameter	4,572 m
c. Tebal *bottom*	0,31 in
d. Jumlah *course*	2
e. Tinggi *Head*	0,5 m
f. Tebal *Head*	0,1875 in
g. Tinggi total	4,2 m
Harga	$77.700

e. Tangki Penyimpanan Etil Akrilat ($C_5H_8O_2$)

Tabel 3. 25 Tangki Penyimpanan Etil Akrilat

Kode	T-05
Fungsi	Menyimpan bahan baku $C_5H_8O_2$ untuk kebutuhan produksi selama 7 hari
Jenis	Tangki silinder tegak dengan dasar datar (*flat bottom*) dan bagian atas berbentuk lengkung (*torispherical)*
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
a. Tekanan	1 atm
b. Suhu	30ºC
Bahan kontruksi	*Stainless Steel SA-167 (316)*

Tabel 3. 26 Tangki Penyimpanan Etil Akrilat (lanjutan)

Dimensi Tangki	
a. Volume	1350 m^3
b. Diameter	13,716 m
c. Tebal *bottom*	0,63 in
d. Jumlah *course*	5
e. Tinggi *Head*	1,5 m
f. Tebal *Head*	0,438 in
g. Tinggi total	10,6 m
Harga	$237.700

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi

Tabel 3. 27 Spesifikasi Pompa 1

Nama Alat	Pompa 1
Kode	P-01
Fungsi	Mengalirkan C_2H_5OH dari Tangki Penyimpanan (T-01) menuju *Heat Exchanger* (HE-01)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1
Bahan kontruksi	*Commercial Steel*
Kapasitas	19,1059 gpm
Daya pompa	0,1389 Hp
Daya motor	0,3333 Hp
Kecepatan putar	1.872 rpm
Harga	$ 10.100

Tabel 3. 28 Spesifikasi Pompa 2

Nama Alat	Pompa 2
Kode	P-02
Fungsi	Mengalirkan $C_3H_4O_2$ dari Tangki Penyimpanan (T-02) menuju *Heat Exchanger* (HE-02)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1
Bahan kontruksi	*Stainles Steel SA-167 Tipe 316*

Tabel 3. 29 Spesifikasi Pompa 2 (lanjutan)

Kapasitas	21,8215 gpm
Daya pompa	0,1541 Hp
Daya motor	0,3333 Hp
Kecepatan putar	2.553 rpm
Harga	$ 10.900

Tabel 3. 30 Spesifikasi Pompa 3

Nama Alat	Pompa 3
Kode	P-03
Fungsi	Mengalirkan H_2SO_4 dari Tangki Penyimpanan (T-03) menuju *Heat Exchanger* (HE-03)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1
Bahan kontruksi	*Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
Kapasitas	0,7303 gpm
Daya pompa	0,0641 Hp
Daya motor	0,1250 Hp
Kecepatan putar	126,8691 rpm
Harga	$ 4.700

Tabel 3. 31 Spesifikasi Pompa 4

Nama Alat	Pompa 4
Kode	P-04
Fungsi	Mengalirkan NaOH dari Tangki (T-04) menuju *Netralizer* (N-01)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1
Bahan kontruksi	*Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
Kapasitas	1,5343 gpm
Daya pompa	0,1253 Hp
Daya motor	0,1667 Hp
Kecepatan putar	3.157,7887 rpm
Harga	$ 5.400

Tabel 3. 32 Spesifikasi Pompa 5

Nama Alat	Pompa 5
Kode	P-05
Fungsi	Mengalirkan komponen dari Reaktor (R-01) menuju *Cooler* (CL-01)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1
Bahan kontruksi	*Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
Kapasitas	48,6135 gpm
Daya pompa	0,2895 Hp
Daya motor	0,5000 Hp
Kecepatan putar	3.041 rpm
Harga	$ 12.400

Tabel 3. 33 Spesifikasi Pompa 6

Nama Alat	Pompa 6
Kode	P-06
Fungsi	Mengalirkan komponen dari *Cooler* (CL-01) menuju *Netralizer* (N-01)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1
Bahan kontruksi	*Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
Kapasitas	46,5920 gpm
Daya pompa	0,3366 Hp
Daya motor	0,5000 Hp
Kecepatan putar	2.691 rpm
Harga	$ 12.400

Tabel 3. 34 Spesifikasi Pompa 7

Nama Alat	Pompa 7
Kode	P-07
Fungsi	Mengalirkan komponen dari Netralizer (N-01) menuju Decanter (DC-01)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1

Tabel 3. 35 Spesifikasi Pompa 7 (lanjutan)

Bahan kontruksi	*Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
Kapasitas	46,9629 gpm
Daya pompa	0,4428 Hp
Daya motor	0,7500 Hp
Kecepatan putar	2.281 rpm
Harga	$ 12.400

Tabel 3. 36 Spesifikasi Pompa 8

Nama Alat	Pompa 8
Kode	P-08
Fungsi	Mengalirkan komponen dari Decanter (DC-01) menuju *Heat Exchanger* (HE-04)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1
Bahan kontruksi	*Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
Kapasitas	35,4570 gpm
Daya pompa	0,1449 Hp
Daya motor	0,2500 Hp
Kecepatan putar	3.683 rpm
Harga	$ 12.400

Tabel 3. 37 Spesifikasi Pompa 9

Nama Alat	Pompa 9
Kode	P-09
Fungsi	Mengalirkan komponen dari *Heat Exchanger* (HE-04) menuju Menara Distilasi (MD-01)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1
Bahan kontruksi	*Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
Kapasitas	37,1396 gpm
Daya pompa	0,8526 Hp
Daya motor	1,500 Hp
Kecepatan putar	997,966 rpm
Harga	$ 12.400

Tabel 3. 38 Spesifikasi Pompa 10

Nama Alat	Pompa 10
Kode	P-10
Fungsi	Mengalirkan komponen dari Menara Distilasi (MD-01) menuju *Cooler* (CL-05)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1
Bahan kontruksi	*Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
Kapasitas	2,7393 gpm
Daya pompa	0,0670 Hp
Daya motor	0,1250 Hp
Kecepatan putar	326,638 rpm
Harga	$ 6.100

Tabel 3. 39 Spesifikasi Pompa 11

Nama Alat	Pompa 11
Kode	P-11
Fungsi	Mengalirkan komponen dari *Cooler* (CL-05) menuju Reaktor (R-01)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1
Bahan kontruksi	*Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
Kapasitas	2,5807 gpm
Daya pompa	0,0649 Hp
Daya motor	0,0833 Hp
Kecepatan putar	325,022 rpm
Harga	$ 6.100

Tabel 3. 40 Spesifikasi Pompa 12

Nama Alat	Pompa 12
Kode	P-12
Fungsi	Mengalirkan komponen dari Menara Distilasi (RB-01) menuju *Cooler* (CL-02)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1
Bahan kontruksi	*Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
Kapasitas	35,6974 gpm
Daya pompa	0,1435 Hp
Daya motor	0,2500 Hp
Kecepatan putar	3.573 rpm
Harga	$ 12.400

Tabel 3. 41 Spesifikasi Pompa 13

Nama Alat	Pompa 13
Kode	P-13
Fungsi	Mengalirkan komponen dari *Cooler* (CL-02) menuju Tangki (T-05)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1
Bahan kontruksi	*Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
Kapasitas	32,6627 gpm
Daya pompa	0,8422 Hp
Daya motor	1,500 Hp
Kecepatan putar	906,625 rpm
Harga	$ 10.900

Tabel 3. 42 Spesifikasi Pompa 14

Nama Alat	Pompa 14
Kode	P-14
Fungsi	Mengalirkan komponen dari *Bottom Decanter* (DC-01) menuju *Heat Exchanger* (HE-05)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1

Tabel 3. 43 Spesifikasi Pompa 14 (lanjutan)

Bahan kontruksi	*Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
Kapasitas	12,2855 gpm
Daya pompa	0,2047 Hp
Daya motor	0,3333 Hp
Kecepatan putar	1.096 rpm
Harga	$ 8.900

Tabel 3. 44 Spesifikasi Pompa 15

Nama Alat	Pompa 15
Kode	P-15
Fungsi	Mengalirkan komponen dari *Heat Exchanger* (HE-05) menuju Menara Distilasi (MD-02)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1
Bahan kontruksi	*Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
Kapasitas	12,9565 gpm
Daya pompa	1,2129 Hp
Daya motor	2,0000 Hp
Kecepatan putar	296,3527 rpm
Harga	$ 8.900

Tabel 3. 45 Spesifikasi Pompa 16

Nama Alat	Pompa 16
Kode	P-16
Fungsi	Mengalirkan komponen dari Menara Distilasi (RB-02) menuju *Cooler* (CL-03)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1
Bahan kontruksi	*Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
Kapasitas	4,1213 gpm
Daya pompa	0,1550 Hp
Daya motor	0,2500 Hp
Kecepatan putar	484,6674 rpm
Harga	$ 6.900

Tabel 3. 46 Spesifikasi Pompa 17

Nama Alat	Pompa 17
Kode	P-17
Fungsi	Mengalirkan komponen dari *Cooler* (CL-03) menuju Filtrasi *Centrifudge* (CF-01)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1
Bahan kontruksi	*Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
Kapasitas	4,0991 gpm
Daya pompa	0,2074 Hp
Daya motor	0,3333 Hp
Kecepatan putar	388,4777 rpm
Harga	$ 6.900

Tabel 3. 47 Spesifikasi Pompa 18

Nama Alat	Pompa 18
Kode	P-18
Fungsi	Mengalirkan komponen dari Filtrasi *Centrifudge* (CF-01) menuju Reaktor (R-01)
Jenis	*Centrifugal pump*
Jumlah	1
Bahan kontruksi	*Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
Kapasitas	3,1835 gpm
Daya pompa	0,0788 Hp
Daya motor	0,1250 Hp
Kecepatan putar	452,0415 rpm
Harga	$ 6.900

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. *Heat Exchanger*

Tabel 3. 48 Spesifikasi *Heat Exchanger Shell and Tube*

Nama Alat	***Heat Exchanger* 1**	***Heat Exchanger* 4**
Kode	HE-01	HE-04
Fungsi	Menaikkan Suhu keluaran Tangki (T-01), Tangki (T-02) dan Recycle untuk diumpankan ke Reaktor (R-01) dari suhu 30ºC ke 70ºC	Menaikkan Suhu keluaran hasil bawah *Decanter* (D-01) untuk diumpankan ke Menara Distilasi (MD-02) dari suhu 30ºC ke 70ºC
Jumlah, buah	1	1
Bahan kontruksi	*Carbon steel*	*Stainless Steel Steinless Steel SA 167 Type 316*
	Spesifikasi	
Length, ft	16	20
Passes	2	2
A, ft²	337,6032	525,9760
Uc, Btu/hr.ft².°F	72	282
Ud, Btu/hr.ft².°F	48,9965	58,3065
Rdmin, Btu/hr.ft².°F	0,002	0,002
Rdcal, Btu/hr.ft².°F	0,0065	0,0136
	Shell (Hot fluid)	

Tabel 3. 49 Spesifikasi *Heat Exchanger Shell and Tube* (lanjutan)

IDs, in	15,25	17,25
ΔP terhitung, psi	0,028	0,0024
ΔP Diijinkan, psi	10	10
	Tube (Cold fluid)	
OD, in	0,75	0,75
ID, in	0,584	0,584
Number tube	135	167
BWG	14	14
Pitch	1	1
ΔP terhitung, psi	0,0005	0,0070
ΔP Diijinkan, psi	10	10
Harga, $	$20.000	$88.400,00

Tabel 3. 50 Spesifikasi *Heat Exchanger Double Pipe*

Nama Alat	***Heat Exchanger* 2**	***Heat Exchanger* 3**
Kode	HE-02	HE-03
Fungsi	Menaikkan Suhu keluaran Tangki (T-03) untuk diumpankan ke Reaktor (R-01) dari suhu 30ºC ke 70ºC	Menaikkan Suhu keluaran Distilat Decanter (D-01) untuk diumpankan ke Menara Distilasi (MD-01) dari suhu 30ºC ke 78ºC
Bahan kontruksi	*Stainless Steel SA 167 grade 3 type 316*	*Stainless Steel SA 167 grade 3 type 316*
Spesifikasi		
Annulus		
A, ft^2	13,05	26,10
Jumlah hairpin	1 buah	2 buah
Rdmin, Btu/hr.ft².°F	0,001	0,001
Rdcal Btu/hr.ft².°F	0,0428	0,0068
Fluida	*Steam*	*Steam*
Jenis fluida	*Hot fluida*	*Hot fluida*
IPS	1,25 in	1,25 in
OD	1,66 in	1,66 in
ID	1,38 in	1,38 in
Schedule. No	40	40
Flow area	1,19 in^2	1,19 in^2
Surface area	0,44 ft^2/ft	0,44 ft^2/ft
ΔP_{cal}	0,0051 psi	3,5729 psi
ΔP_{allow}	10 psi	10 psi

Tabel 3. 51 Spesifikasi *Heat Exchanger Double Pipe* (lanjutan)

	Inner Pipe	
Fluida	Asam Sulfat (H_2SO_4)	Etanol (C_2H_5OH) dan Etil Akrilat ($C_5H_8O_2$)
Jenis fluida	*Cold fluid*	*Cold fluid*
Laju alir massa	249,8094 kg/jam	6.086,0142 kg/jam
IPS	2 in	2 in
OD	2,38 in	2,38 in
ID	2,07 in	2,07 in
Schedule. No	40	40
Flow area	1,5 in^2	1,5 in^2
Surface area	0,62 ft^2/ft	0,62 ft^2/ft
ΔP_{cal}	0,0009 psi	1,4574 psi
ΔP_{allow}	10 psi	10 psi
Harga	$1.900	$2.400

b. *Cooler*

Tabel 3. 52 Spesifikasi *Cooler Shell and Tube*

Nama Alat	***Cooler* 1**	***Cooler* 2**	***Cooler* 3**
Kode	CL-01	CL-02	CL-03
Fungsi	Menurunkan suhu hasil keluaran Reaktor (R-01) yang akan masuk ke *Netralizer* (N-01) dari suhu 70ºC ke 30ºC	Menurunkan suhu hasil bawah Menara Distilasi 1 (MD-01) yang akan masuk ke Tangki Penyimpanan (T-015) dari 99ºC ke 30ºC	Menurunkan suhu hasil bawah Menara Distilasi 2 (MD-02) yang akan masuk ke Filtrasi *Centrifudge* (CF-01) dari suhu 128ºC ke 30ºC
Jenis	*Shell and Tube Heat Exchanger*		
Jumlah	1 buah		
Bahan kontruksi	*Stainless Steel SA 167 grade 3 type 316*		
	Spesifikasi		
Length, ft	16	20	20
Passes	8	6	2
A, ft²	3377,173	2711,914	5509,5806
Uc, Btu/hr.ft².°F	189	263	629
Ud, Btu/hr.ft².°F	100	75	75
Rdmin, Btu/hr.ft².°F	0,003	0,003	0,003
Rdcal, Btu/hr.ft².°F	0,0048	0,0096	0,0127
	Shell (Hot fluid)		
IDs, in	15,25	12	27
ΔP terhitung, psi	0,0540	0,0429	0,0002
ΔP Diijinkan, psi	10	10	10

Tabel 3. 53 Spesifikasi *Cooler Shell and Tube* (lanjutan)

	Tube (Cold fluid)		
OD, in	0,75	0,75	0,75
ID, in	0,634	0,634	0,652
Number tube	128	82	600
BWG	17	17	18
Pitch	0,9375	0,9375	0,9375
ΔP terhitung, psi	0,0146	0,0190	0
ΔP Diijinkan, psi	10	10	10
Harga, $	$52.100	$40.000	$249.700

Tabel 3. 54 Spesifikasi Cooler Double Pipe

Nama Alat	***Cooler* 4**
Kode	CL-04
Fungsi	Menurunkan suhu hasil atas Menara Distilasi 1 (MD-01) yang akan masuk ke Reaktor (R-01) dari 78ºC ke 30ºC
Jenis	*Double Pipe Heat Exchanger*
Bahan kontruksi	*Carbon Steel A-283-54 Grade C*
Spesifikasi	
Luas transfer	20,8244 ft^2
Jumlah *hairpin*	4 buah
Uc	24,9479 Btu/hr.ft^2.˚F
Ud	23,2108 Btu/hr.ft^2.˚F
Rdmin	0,003
Rdcal	0,0414
Mechanical Design	
Annulus	
IPS	3 in
OD	3,5 in
ID	3 in
Schedule. No	40
Flow area	2,93 in^2
Surface area	0,917 ft^2/ft
Inner Pipe	
IPS	2 in
OD	2,375 in
ID	2 in
Schedule. No	40
Flow area	3,35 in^2
Surface area	0,622 ft^2/ft
Harga	$3.800

3.4 Neraca Massa

Basis perhitungan neraca massa:

Kapasitas pabrik = 45.000 Ton/tahun

Durasi operasi dalam 1 tahun = 330 hari

Basis operasi = 1 jam

$$= \frac{45.000\ \text{ton}}{1\ \text{tahun}} x \frac{1000\ \text{kg}}{1\ \text{ton}} x \frac{1\ \text{tahun}}{330\ \text{hari}}\ x\ \frac{1\ \text{hari}}{24\ \text{jam}}$$

= 5681, 8182 Kg/jam

3.4.1 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Tabel 3. 55 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Masuk *(Input)*										Keluar *(Output)*	
	Aliran 1		Aliran 2		Aliran 3		Aliran 9 (Recycle)		Aliran 14 (Recycle)		Aliran 4	
	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam
C_2H_5OH	2714.8695	59.0189	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	396.6023	8.6218	0.0000	0.0000	497.8355	10.8225
H_2SO_4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	244.8132	2.4981	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	244.8132	2.4981
$C_3H_4O_2$	0.0000	0.0000	4094,8052	56,8723	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	775,3247	10,7684	779.2208	10.8225
H_2O	129.6447	7.2025	41,6283	2,3127	4.9962	0.2776	0.0000	0.0000	7,5650	0,4203	1206.5614	67.0312
C_5H8O_2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	28.3013	0.2830	0.0000	0.0000	5710.1138	57.1011
TOTAL	**2844.5142**	**66.2214**	**4136,4335**	**59,1850**	**249.8094**	**2.7757**	**424.9036**	**8.9047**	**782,8896**	**11,1887**	**8438.5446**	**148.2754**
	8438.5446										**8438.5446**	

3.4.2 Neraca Massa *Netralizer* (N-01)

Tabel 3. 56 Neraca Massa *Netralizer*

Komponen	Masuk *(Input)*				Keluar *(Output)*	
	Aliran 4		Aliran 5		Aliran 6	
	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam
C_2H_5OH	497.8355	10.8225	0	0	497.8355	10.8225
H_2SO_4	244.8132	2.4981	0	0	0.0000	0.0000
$C_3H_4O_2$	779.2208	10.8225	0	0	779.2208	10.8225
H_2O	1206.5614	67.0312	216.5015	12.0279	1512.9942	84.0552
$C_5H_8O_2$	5710.1138	57.1011	0	0	5710.1138	57.1011
NaOH	0.0000	0.0000	199.8475	4.9962	0.0000	0.0000
Na_2SO_4	0	0	0.0000	0.0000	354.7293	2.4981
TOTAL	**8438.5446**	**148.0038**	**416.3490**	**17.0240**	**8854.8936**	**165.2995**
	8854.8936				**8854.8936**	

3.4.3 Neraca Massa *Decanter* (DC-01)

Tabel 3. 57 Neraca Massa *Decanter*

Komponen	Masuk *(Input)*		Keluar *(Output)*			
	Aliran 6		Aliran 8 *(Distilat)*		Aliran 7 *(Bottom)*	
	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam
C_2H_5OH	497.8355	10.8225	398.5953	8.6651	99.2402	2.1574
$C_3H_4O_2$	779.2208	10.8225	0.0000	0.0000	779.2208	10.8225
H_2O	1512.9942	84.0552	0.0000	0.0000	1512.9942	84.0552
$C_5H_8O_2$	5710.1138	57.1011	5687.4189	56.8742	22.6949	0.2269
Na_2SO_4	354.7293	2.4981	0.0000	0.0000	354.7293	2.4981
TOTAL	**8854.8936**	**165.2995**	**6086.0142**	**65.5393**	**2768.8794**	**99.7602**
	8854.8936		**8854.8936**			

3.4.4 Neraca Massa Menara Distilasi 1 (MD-01)

Tabel 3. 58 Neraca Massa Menara Distilasi 1

Komponen	Masuk *(Input)*		Keluar *(Output)*			
	Aliran 8		Aliran 9 *(Distilat)*		Aliran 10 *(Bottom)*	
	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam
C_2H_5OH	398.5953	8.6651	396.6023	8.6218	1.9930	0.0433
$C_5H_8O_2$	5687.4189	56.8742	28.4371	0.2844	5658.9817	56.5898
TOTAL	**6086.0142**	**65.5393**	**425.0394**	**8.9048**	**5660.9748**	**56.6331**
	6086.0142		**6086.0142**			

3.4.5 Neraca Massa Menara Distilasi 2 (MD-02)

Tabel 3. 59 Neraca Massa Menara Distilasi 2

Komponen	Masuk *(Input)*		Keluar *(Output)*			
	Aliran 7		Aliran 11 *(Distilat)*		Aliran 12 *(Bottom)*	
	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam
C_2H_5OH	99.2402	2.1574	99.2402	2.1574	0.0000	0.0000
C_5H8O_2	22.6949	0.2269	22.6949	0.2269	0.0000	0.0000
H_2O	1512.9942	84.0552	1505.4292	83.6350	7.5650	0.4203
$C_3H_4O_2$	779.2208	10.8225	3.8961	0.0541	775.3247	10.7684
Na_2SO_4	354.7293	2.4981	0.0000	0.0000	354.7293	2.4981
TOTAL	**2768.8794**	**99.7602**	**1631.2604**	**86.0734**	**1137.6190**	**13.6868**
	2768.8794		**2768.8794**			

3.4.6 Neraca Massa Filtrasi *Centrifudge* (CF-01)

Tabel 3. 60 Neraca Massa Filtrasi *Centrifudge*

Komponen	Masuk *(Input)*		Keluar *(Output)*			
	Aliran 12		Aliran 13 *(Distilat)*		Aliran 14 *(Bottom)*	
	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam
H_2O	7.5650	0.4203	7.5650	0.4203	0.0000	0.0000
$C_3H_4O_2$	775.3247	10.7684	775.3247	10.7684	0.0000	0.0000
Na2SO4	354.7293	2.4981	0.0000	0.0000	354.7293	2.4981
TOTAL	**1137.6190**	**13.6868**	**782.8896**	**11.1887**	**354.7293**	**2.4981**
	1137.6190		**1137.6190**			

3.4.7 Neraca Massa Total

Tabel 3. 61 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)
C_2H_5OH	3111.4719	497.8355
H_2SO_4	244.8132	0.0000
$C_3H_4O_2$	4870.1299	779.2208
H_2O	400.3355	1512.9942
NaOH	199.8475	0.0000
$C_5H_8O_2$	28.3013	5710.1138
Na_2SO_4	0.0000	354.7293
TOTAL	**8854.89**	**8854.89**

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas Total

Tabel 3. 62 Neraca Panas Total

Alat	*Input* (Kj/jam)	Output (Kj/jam)
Reaktor	4881797,654	4881797,654
Netralizer	13748481,63	13748481,63
Decanter	100156,4699	100156,4699
Menara Distilasi 1	839719,6427	839719,6427
Menara Distilasi 2	5741959,154	5741959,154
Filtrasi *Centrifudge*	488881	488881
Total	**25800995,12**	**25800995,12**

3.5.2 Neraca Panas Reaktor (R-01)

Tabel 3. 63 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in (kJ/jam)	**ΔH out (kJ/jam)**
C_2H_5OH	407556.8182	65209.09091
H_2SO_4	20025.81876	20025.8188
$C_3H_4O_2$	410002.7056	65600.4329
H_2O	33452.49169	219559.3099
C_5H8O_2	871037.8343	426603.1447
H Reaksi	-	4084799.857
Q Pemanas	3139721.986	-
TOTAL	**4881797.654**	**4881797.654**

3.5.3 Neraca Panas *Netralizer* (N-01)

Tabel 3. 64 Neraca Panas *Netralizer*

Komponen	Masuk	Keluar
	Q (Kj/ jam)	Q (Kj/ jam)
C_2H_5OH	53,0844	53,0844
H_2SO_4	257,2912	0,0000
$C_3H_4O_2$	54,0043	54,0043
H_2O	324,1421	344,6265
C_5H8O_2	145,7677	145,7677
NaOH	6521,9732	0
Na2SO4	0	1.918.402,4863
ΔH Reaksi	13.741.125,3643	0
Q terserap	0	11.829.481,6580
Total	**13.748.481,6272**	**13.748.481,6272**

3.5.4 Neraca Panas *Decanter* (DC-01)

Tabel 3. 65 Neraca Panas *Decanter*

Komponen	Masuk	Keluar	
	ΔH in (Kj/ jam)	ΔH atas (Kj/ jam)	ΔH bawah (Kj/ jam)
C_2H_5OH	7.637,770563	6.115,2316	1.522,5390
$C_3H_4O_2$	7.807,792208	0	7.807,7922
H_2O	34.244,94232	0	34.244,9423
C_5H8O_2	48.855,46876	48.660,3640	195,1048
Na2SO4	1.610,496068	0	1.610,4961
Total	**100.156,4699**	**54.775,5956**	**45.380,8743**
		100.156,4699	

3.5.5 Neraca Panas Menara Distilasi 1 (MD-01)

Tabel 3. 66 Neraca Panas Menara Distilasi 1

Komponen	***Input***	***Output***
	ΔHin	**ΔHout**
	kJ/jam	**kJ/jam**
ΔH umpan	505.200,4357	0
ΔH distilat	0	35.806,28316
ΔH condensor	90.450,7937	0
ΔH bottom	0	803.913,3595
ΔH re*boiler*	244.068,4133	0
Total	**839.719,6427**	**839.719,6427**

3.5.6 Neraca Panas Menara Distilasi 2 (MD-02)

Tabel 3. 67 Neraca Panas Menara Distilasi 2

Komponen	***Input***	***Output***
	ΔH in	**ΔH out**
	kJ/jam	**kJ/jam**
ΔH umpan	359.655,5300	0
ΔH distilat	0	225.683,004
ΔH condensor	0	2.952.106,632
ΔH bottom	0	2.564.169,518
ΔH re*boiler*	5.382.303,624	0
Total	**5.741.959,154**	**5.741.959,154**

3.5.7 Neraca Panas Filtrasi *Centrifudge* (CF-01)

Tabel 3. 68 Neraca Panas Filtrasi *Centrifudge*

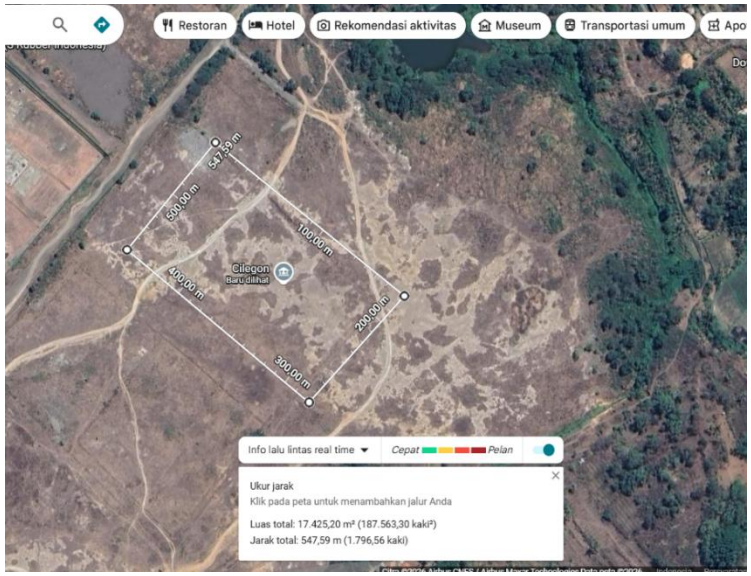
Komponen	***Input***	***Output***
Q *in*	488881	0
Q *out* filtrat	0	299987,20
Q *out cake*	0	188893,37
Total	**488881**	**488881**

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan serta penentuan lokasi pabrik dalam perencanaan pabrik sangat memengaruhi kemajuan dan kelangsungan industri, sebab hal ini berkaitan dengan faktor produksi, tingkat keuntungan yang diperoleh, serta potensi ekspansi di masa depan. Ada beberapa faktor penting yang harus diperhatikan dalam menentukan lokasi pabrik yang tepat, karena memberikan kontribusi besar baik secara teknis maupun ekonomis. Berdasarkan dari beberapa pertimbangan tersebut, pabrik Etil Akrilat dengan kapasitas 45.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di daerah Cilegon, Banten.



Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik Etil Akrilat

Ada beberapa faktor yang menjadi dasar pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik, yaitu:

a. Ketersediaan Bahan Baku

Kemudahan akses untuk mendapatkan bahan baku harus dipertimbangan saat memilih lokasi pabrik karena hal itu memengaruhi aspek keuangan dari biaya yang terkait dengan perolehan bahan baku tersebut. Asam akrilat, bahan baku untuk memproduksi etil akrilat diperoleh dari PT Nippon Shokubai yang berada di Cilegon, Banten. Sedangkan untuk bahan pendukung lainnya seperti H_2SO_4 dan NaOH juga diperoleh dari PT Cahaya Wangsa dan PT Asahimas yang berada di daerah Banten. Oleh karena itu, dipilih lokasi di Cilegon, Banten karena dekat dengan lokasi pabrik bahan baku.

b. Pemasaran dan Distribusi Produk

Etil akrilat masih sangat terbatas di Indonesia hingga memerlukan impor untuk memenuhi kebutuhannya, maka dari itu tujuan didirikannya pabrik etil akrilat untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia. Cilegon terletak di ujung barat Pulau Jawa dan memiliki akses langsung ke Jalan Tol Tangerang-Merak, distribusi produk ke konsumen utama di kawasan menjadi sangat efisien. Selain itu, kedekatan dengan pelabuhan internasional seperti Ciwandan dan Merak memfasilitasi potensi ekspspor ke pasar mancanegara dengan biaya logistik yang kompetitif.

c. Ketersediaan Lahan

Ketersediaan lahan yang cukup luas sangat diperlukan untuk pembangunan fasilitas produksi, unit utilitas, penyimpanan bahan baku, serta area pengolahan limbah. Kawasan industri di Cilegon masih memiliki lahan yang dapat dimanfaatkan untuk pembangunan pabrik baru. Selain itu, ketersediaan lahan juga memberikan peluang untuk ekspansi kapasitas produksi di masa mendatang apabila permintaan produk meningkat.

d. Utilitas

Industri kimia membutuhkan utilitas dalam jumlah besar seperti air proses, listrik, bahan bakar, dan *steam*. Kawasan industri di Cilegon telah dilengkapi dengan fasilitas utilitas yang memadai untuk menunjang kegiatan industri. Ketersediaan sumber air industri serta jaringan listrik yang stabil menjadi keuntungan bagi operasional pabrik. Selain itu, keberadaan perusahaan energi dan industri petrokimia di kawasan ini memungkinkan penyediaan utilitas yang lebih mudah dan ekonomis.

e. Ketersediaan Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan faktor penting dalam pengoperasian pabrik. Daerah Cilegon dan wilayah sekitarnya memiliki ketersediaan tenaga kerja yang cukup, baik tenaga kerja terampil maupun tenaga kerja non-terampil. Selain itu, kedekatan dengan berbagai perguruan tinggi di wilayah Jakarta dan Serang juga

memberikan kemudahan dalam memperoleh tenaga kerja dengan latar belakang pendidikan teknik yang sesuai dengan kebutuhan industri kimia.

f. Kondisi Lingkungan dan Pengolahan Limbah

Pertimbangan lingkungan menjadi aspek penting dalam pembangunan pabrik kimia. Lokasi pabrik harus memungkinkan dilakukannya pengolahan limbah secara efektif serta meminimalkan dampak terhadap lingkungan sekitar. Kawasan industri di Cilegon telah dirancang sebagai wilayah industri sehingga memiliki sistem pengelolaan limbah dan infrastruktur yang mendukung kegiatan industri kimia. Dengan demikian, pengendalian limbah cair, padat, maupun gas dapat dilakukan dengan lebih terintegrasi.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik merupakan perencanaan dalam pengaturan fasilitas fisik serta tenaga kerja secara efektif dan efisien guna menunjang kelancaran proses produksi. Penempatan peralatan produksi harus mempertimbangkan aspek keamanan, keselamatan, serta kenyamanan bagi pekerja. Selain itu, fasilitas penunjang seperti kantor, gudang, laboratorium, dan bengkel perlu diatur secara tepat agar aliran material, kegiatan pengawasan, serta penggunaan biaya operasional dapat berlangsung secara optimal.

Secara keseluruhan, tata letak pabrik mencakup perencanaan pemanfaatan ruang secara menyeluruh untuk membantu seluruh proses produksi, termasuk area proses, perkantoran, penyimpanan, serta fasilitas pendukung lainnya. Perancangan tata letak yang baik akan memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi proses produksi, keselamatan kerja, dan pengendalian biaya pembangunan pabrik. Oleh karena itu, setiap area di dalam pabrik harus dirancang secara sistematis agar penggunaan lahan menjadi lebih efektif serta alur produksi dan distribusi dapat berjalan dengan lancar tanpa hambatan. Perencanaan yang matang juga berperan penting dalam meminimalkan potensi permasalahan operasional di masa mendatang.

Berikut beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam merancang tata letak pabrik anatara lain:

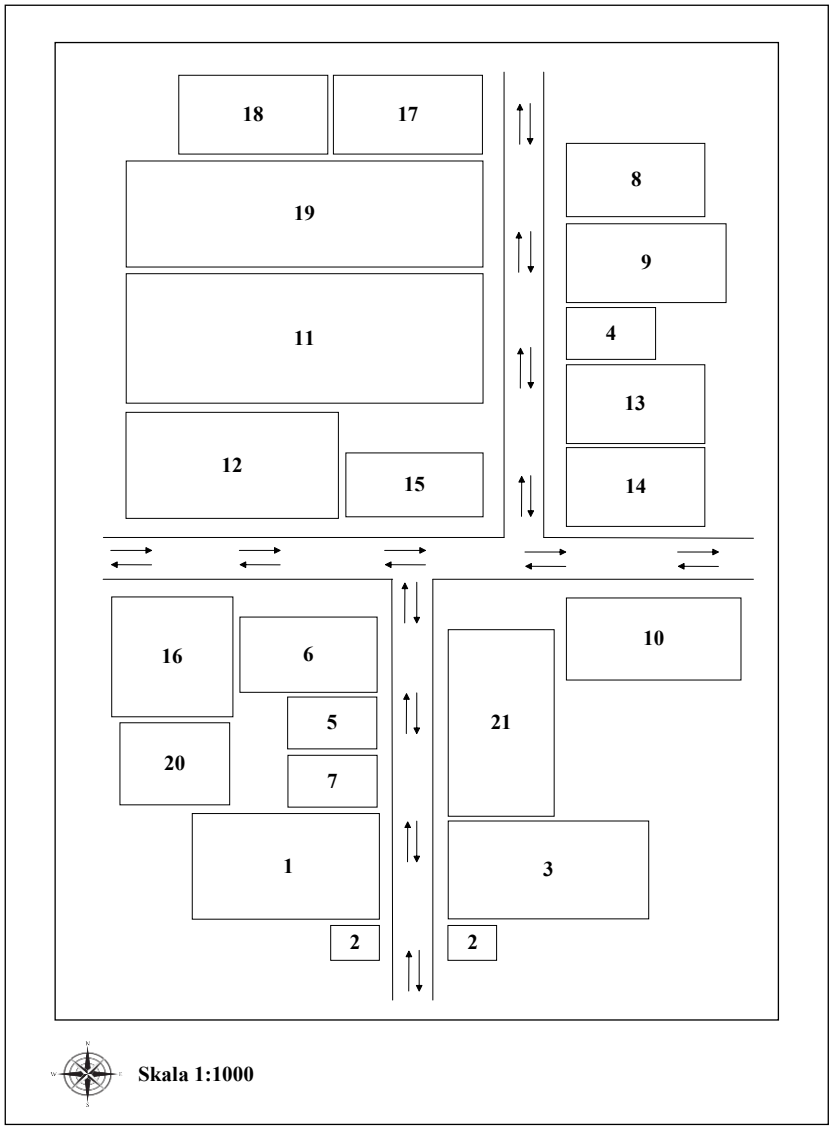
a. Keselamatan dan keamanan kerja harus diperhatikan, seperti jarak antar unit dan area yang berpotensi menimbulkan bahaya.
b. Alur proses produksi harus disesuaikan dengan urutan proses produksi sehingga aliran bahan baku, bahan pembantu, dan produk dapat berlangsung secara lancar.
c. Kemudahan pemeliharaan dan aksesibilitas.
d. Rancangan tata letak harus mempertimbangkan kemungkinan pengembangan kapasitas pabrik di masa depan.

e. Efisiensi penggunaan lahan dengan memanfaatkan lahan secara optimal dengan tetap mempertimbangkan kebutuhan ruang yang akan membantu menekan biaya pembangunan pabrik.

Pabrik etil akrilat direncanakan akan dibangun diatas lahan seluas 17.424 m^2. Tata letak pabrik serta rincian luas lahannya dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.2.

Tabel 4. 1 Daftar Tata Letak Pabrik

No	Lokasi	Lebar (m)	Panjang (m)	Luas (m2)
1	Kantor Utama	25	30	750
2	Pos Keamanan 1	3	4	12
	Pos Keamanan 2	3	4	12
3	Parkiran Utama	20	26	520
4	Poliklinik	10	13	130
5	Masjid	10	15	150
6	Kantin dan Koperasi	20	20	400
7	Perpustakaan	10	15	150
8	Bengkel	17	23	391
9	Unit Pemadam Kebakaran	15	25	375
10	Gudang	15	25	375
11	Area Proses	50	70	3500
12	Area Utilitas	42	50	2100
13	Laboratorium	15	20	300
14	Control room	15	20	300
15	Ruang kontrol utilitas	13	18	234
16	Taman	25	21	525
17	Parkir Truk	30	25	750
18	UPL	20	25	500
19	Perluasan pabrik	60	80	4800
20	Area Istirahat Karyawan	20	20	400
21	Gedung Serbaguna	30	25	750
Total Luas Lahan				**17424**



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

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

Tata letak mesin adalah pengaturan optimal peralatan proses di dalam sebuah pabrik. Tujuan dari tata letak yang tepat adalah untuk memberikan fleksibilitas bagi pengembangan manufaktur di masa depan, menjamin keselamatan kerja, dan memaksimalkan efisiensi operasional.

Selain menurunkan biaya konstruksi dan operasional, tata letak mesin yang dirancang dengan baik dapat meningkatkan kenyamanan dan keselamatan pekerja selama proses produksi.

Adapun hal-haal yang menjadi pertimbangan dalam pengaturan tata letak alat proses, yaitu:

a. Aliran Bahan Baku dan Produk

Alur bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan manfaat ekonomi yang signifikan dan mendukung produksi yang lancar dan aman. Selain itu, ketinggian pipa perlu diperhatikan. Pipa bawah tanah harus diposisikan untuk menghindari gangguan terhadap lalu lintas pekerja, sedangkan pipa di atas tanah harus didirikan pada ketinggian tiga meter atau lebih.

b. Aliran Udara

Aliran udara di dalam dan di sekitar area proses harus dipastikan untuk menjamin kelancaran operasi. Hal ini untuk menghindari stagnasi udara di lokasi tertentu, yang dapat menyebabkan penumpukan zat berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja. Selain itu, sangat penting untuk mempertimbangkan arah angin.

c. Pencahayaan

Sesuai dengan persyaratan pabrik, pabrik harus memiliki penerangan yang cukup, terutama di area proses berisiko tinggi di

mana pencahayaan lebih dibutuhkan. Hal ini untuk mengurangi kemungkinan kecelakaan saat bekerja di pabrik.

d. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Saat merencanakan tata letak peralatan, sangat penting untuk memastikan bahwa pekerja dapat dengan cepat dan mudah mengakses semua peralatan proses sehingga setiap masalah dapat diperbaiki segera. Selain itu, sangat penting untuk memprioritaskan keselamatan pekerja saat mereka bekerja.

e. Pertimbangan Ekonomi

Agar sebuah pabrik dapat menghasilkan keuntungan secara ekonomi, berbagai upaya dilakukan untuk menurunkan biaya operasional dan menjamin pengoperasian produksi pabrik yang aman dan efisien.

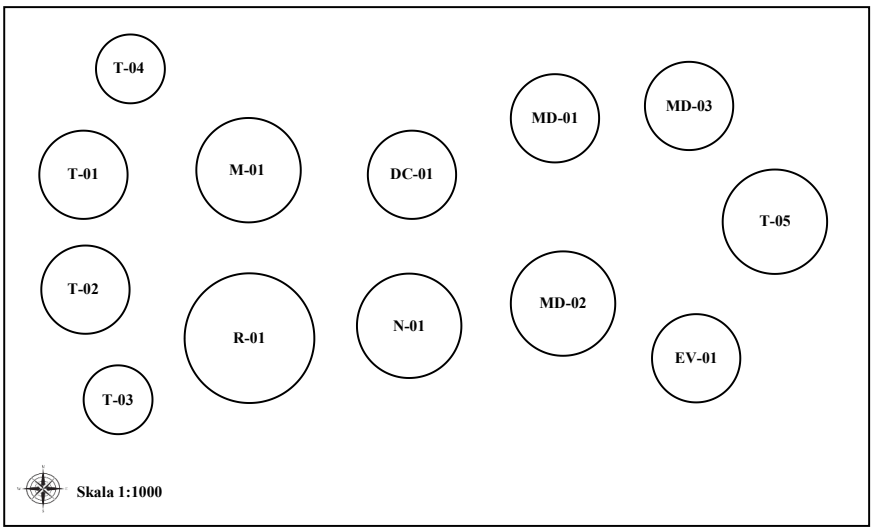
f. Jarak Antar Alat Proses

Sangat penting untuk menjauhkan peralatan proses dengan suhu dan tekanan operasi tinggi dari peralatan proses lainnya agar tidak terancam ledakan atau kebakaran.

g. Perawatan (*Maintenance*)

Kinerja peralatan dan kebersihan lingkungan kerja harus perawatan rutin. Sementara pemeliharaan berkala dilakukan sesuai jadwal yang tercantum dalam buku panduan, pemeliharaan harian berfungsi sebagai preventif. Agar spesifikasi produk tetap sesuai

dengan yang diharapkan, kegiatan perawatan sangat penting untuk mencapai target produksi.



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses (*Machines Layout*)

Keterangan gambar:

T : Tangki

M : *Mixer*

R : Reaktor

N : *Netralizer*

DC : *Decanter*

MD : Menara Distilasi

EV : *Evaporator*

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Organisasi

Pabrik etil akrilat yang akan didirikan direncanakan menggunakan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan suatu bentuk perusahaan yang memperoleh modal melalui penjualan saham kepada para pemegang saham, dimana setiap pemegang saham memiliki satu atau lebih saham dalam perusahaan tersebut. Dalam sistem Perseroan Terbatas, tanggung jawab pemegang saham terbatas pada jumlah modal yang disetorkan sesuai dengan nilai saham yang dimiliki.

Bentuk badan usaha Perseroan Terbatas umumnya digunakan untuk perusahaan berskala besar karena memiliki struktur organisasi yang jelas serta kemampuan dalam menghimpun modal dalam jumlah besar. Secara hukum, Perseroan Terbatas merupakan suatu persekutuan pemegang saham yang didirikan berdasarkan peraturan perundang-undangan dan diakui sebagai badan hukum yang terpisah dari para pemiliknya.

Faktor-faktor yang menjadi dasar pertimbangan dalam pemilihan sistem perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) adalah sebagai berikut:

a. Perusahaan lebih mudah memperoleh modal, baik melalui penjualan saham kepada masyarakat maupun melalui pinjaman dari lembaga keuangan seperti bank.

b. Dari segi hukum, kekayaan perusahaan terpisah secara jelas dari kekayaan pribadi para pemegang saham sehingga memberikan perlindungan terhadap aset pribadi pemilik perusahaan.
c. Tanggung jawab pemegang saham bersifat terbatas pada modal yang ditanamkan dalam bentuk saham, sehingga risiko kerugian yang ditanggung tidak melebihi nilai investasi yang dimiliki.
d. Terdapat pemisahan yang jelas antara pemilik dan pengelola perusahaan. Pemilik perusahaan merupakan para pemegang saham, sedangkan pengelolaan operasional perusahaan dijalankan oleh direksi beserta stafnya yang berada di bawah pengawasan dewan komisaris.
e. Sistem manajemen perusahaan dapat berjalan lebih efisien karena para pemegang saham memiliki kewenangan untuk menunjuk dewan komisaris dan direksi yang memiliki kemampuan, pengalaman, dan keahlian dalam mengelola perusahaan.
f. Perusahaan memiliki peluang yang lebih besar untuk memperoleh kredit dari bank dengan jaminan berupa aset perusahaan.
g. Ruang lingkup usaha dapat berkembang lebih luas karena Perseroan Terbatas mampu menghimpun modal dalam jumlah besar dari masyarakat melalui penjualan saham.

h. Pemisahan antara pemilik dan pengelola perusahaan memungkinkan kegiatan operasional dijalankan secara profesional oleh manajemen tanpa campur tangan langsung dari pemegang saham.
i. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena perubahan kepemilikan saham tidak mempengaruhi struktur manajemen maupun operasional perusahaan.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas yaitu antara lain:

a. Didirikan melalui akta notaris sesuai dengan ketentuan dalam Kitab Undang-Undang Hukum Dagang.
b. Besaran modal ditetapkan dalam akta pendirian dan terbagi atas saham-saham.
c. Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham.
d. Pengelolaan personalia sepenuhnya menjadi tanggung jawab Direktur dengan tetap mengacu pada peraturan ketenagakerjaan.Perusahaan dipimpin oleh seorang Direktur yang dipilih oleh para pemegang saham.

4.4.2 Struktur Organisasi

Dalam menjalankan suatu perusahaan diperlukan sumber daya manusia yang memadai serta sistem manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang jelas. Struktur organisasi perusahaan dapat disesuaikan dengan bentuk, skala, serta kebutuhan operasional masing-masing

perusahaan. Struktur organisasi yang baik umumnya terbentuk dari sistem manajemen yang terencana dan terorganisasi dengan baik.

Melalui struktur organisasi, perusahaan dapat mengatur serta membagi fungsi kerja, kedudukan, tugas, wewenang, dan tanggung jawab dari setiap bagian atau divisi yang ada di dalam perusahaan. Dengan adanya pembagian tersebut, kegiatan operasional perusahaan dapat berjalan lebih terarah dan terkoordinasi. Pembentukan bagian atau jabatan dalam perusahaan dimulai dari tingkat jabatan tertinggi hingga tingkat operasional. Secara umum terdapat dua sistem struktur organisasi yang sering digunakan dalam perusahaan, yaitu sistem *line* dan *staff*.

Dalam struktur organisasi garis dan *staff* (*line and staff*) terdapat dua kelompok utama yang berperan dalam menjalankan kegiatan organisasi, yaitu sebagai berikut:

a. Garis (*line*) merupakan kelompok individu yang secara langsung menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan perusahaan. Pihak yang termasuk dalam kelompok ini memiliki wewenang dalam pengambilan keputusan serta bertanggung jawab terhadap pelaksanaan kegiatan operasional perusahaan.
b. Staf (*staff*) merupakan kelompok individu yang menjalankan tugas berdasarkan keahlian atau bidang tertentu yang dimilikinya. Kelompok staf tidak terlibat secara langsung dalam

pelaksanaan kegiatan operasional, namun berperan dalam memberikan saran, pertimbangan, serta dukungan kepada unit operasional guna membantu pengambilan keputusan yang lebih efektif.

Struktur organisasi perusahaan menempatkan Dewan Komisaris sebagai representasi pemegang saham dalam fungsi pengawasan, sementara operasional menyeluruh dijalankan oleh Direktur Utama dengan dukungan dua direktur fungsional. Direktur Produksi bertanggung jawab penuh atas aspek teknis yang mencakup bidang produksi, proses, pengendalian, utilitas, serta pemeliharaan, sedangkan Direktur Administrasi, Keuangan, dan Umum mengoordinasi fungsi pendukung seperti pengadaan, pemasaran, administrasi keuangan, personalia, humas, keamanan, hingga penelitian dan pengembangan. Alur pendelegasian wewenang dilakukan secara hierarkis mulai dari Direktur kepada Kepala Bagian, yang kemudian diteruskan kepada Kepala Seksi untuk mengawasi kinerja karyawan di setiap bidang. Pada level operasional, tenaga kerja dibagi ke dalam kelompok-kelompok regu di bawah kepemimpinan Kepala Regu, yang secara struktural bertanggung jawab langsung kepada pengawas di masing-masing seksi untuk menjamin efektivitas kerja di lapangan.

Namun, untuk memastikan proses produksi berjalan dengan lancar, diperlukan pembentukan tenaga kerja ahli yang terdiri dari spesialis di bidang mereka. Staf ahli akan membantu tingkat pengawas dengan pemikiran dan saran. Adanya struktur organisasi ini memiliki keuntungan berikut:

a. Menjelaskan batas tugas, tanggung jawab, dan wewenang setiap bagian.
b. Sebagai materi pengantar untuk pejabat.
c. Penempatan pegawai yang sesuai dengan kompetensinya.
d. Penyusunan rencana pengembangan manajemen.

   Penataan ulang langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar dan tidak memenuhi syarat.



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan Pabrik Etil Akrilat

4.4.3 Tugas dan Wewenang

a. Pemegang Saham

Otoritas tertinggi dalam struktur organisasi tipe garis dan staf dipegang oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Forum ini, yang dihadiri oleh jajaran pemegang saham serta Dewan Komisaris, diselenggarakan sekurang-kurangnya satu kali dalam setahun sebagai instrumen evaluasi komprehensif dan pengawasan terhadap kinerja manajerial perusahaan. Selain agenda rutin tahunan, RUPS juga dapat dilaksanakan sewaktu-waktu dalam kondisi mendesak atau bersifat luar biasa, dengan tetap mengacu pada ketentuan dan regulasi yang berlaku mengenai prosedur penyelenggaraan forum.

Rapat Umum Pemegang Saham memiliki otoritas tertinggi dalam pengambilan keputusan strategis perusahaan, yang meliputi:

1) Evaluasi Manajerial

   Meminta dan meninjau laporan pertanggungjawaban dari Dewan Komisaris terkait fungsi pengawasan yang telah dijalankan selama periode berjalan.

2) Manajemen Struktur Organisasi

   Memiliki wewenang penuh dalam pengangkatan maupun pemberhentian anggota Dewan Komisaris dan Direksi, serta melakukan pengesahan atas perubahan

komposisi pemegang saham melalui mekanisme musyawarah yang legal.

3) Audit dan Validasi Keuangan

Melakukan pengesahan terhadap laporan kinerja tahunan, termasuk neraca keuangan serta perhitungan laba-rugi perusahaan sebagai bentuk transparansi fiskal.

4) Kebijakan Alokasi Laba

Menetapkan proporsi penggunaan keuntungan tahunan, baik untuk didistribusikan sebagai dividen kepada pemegang saham, dialokasikan sebagai cadangan kas, maupun diputar kembali sebagai investasi pengembangan usaha (*reinvestment*).

b. Dewan komisaris

Dewan Komisaris merupakan organ perusahaan yang dipilih melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) dan bertanggung jawab untuk mewakili kepentingan pemegang saham, Dewan Komisaris bertanggung jawab terhadap pemegang saham dalam melaksanakan fungsi pengawasan atas operasi perusahaan. Salah satu tanggung jawab Dewan Komisaris adalah sebagai berikut:

1) Menelaah serta memberikan persetujuan terhadap rencana yang diajukan oleh direksi terkait kebijakan umum

perusahaan, penetapan target perusahaan, alokasi sumber daya, serta strategi pemasaran.

2) Melakukan pengawasan terhadap seluruh kegiatan perusahaan serta pelaksanaan tugas yang dilakukan oleh direksi.
3) Memberikan pertimbangan dan dukungan kepada direktur utama dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan kegiatan penting perusahaan.

c. Direktur Utama

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggung jawab penuh terhadap keberhasilan perusahaan dalam mencapai tujuan yang telah ditetapkan oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Dalam menjalankan tugasnya, Direktur Utama memiliki tanggung jawab atas seluruh kebijakan dan keputusan perusahaan serta mempertanggungjawabkannya kepada Dewan Komisaris.

Adapun tugas-tugas Direktur Utama antara lain sebagai berikut:

1) Memimpin serta mengembangkan perusahaan agar dapat beroperasi secara efektif dan efisien.
2) Menyusun dan melaksanakan kebijakan umum perusahaan sesuai dengan keputusan yang telah ditetapkan dalam RUPS.

3) Mengajukan dan menjalin kerja sama dengan pihak eksternal yang dapat memberikan manfaat bagi perkembangan perusahaan.
4) Mewakili perusahaan dalam menjalin hubungan kerja maupun membuat perjanjian dengan pihak ketiga.

   Merencanakan, mengkoordinasikan, serta mengawasi pelaksanaan tugas seluruh karyawan yang bekerja di dalam perusahaan.

d. Sekretaris

Direktur Utama menunjuk sekretaris untuk mengelola korespondensi perusahaan, pengarsipan, dan tugas-tugas administratif lainnya.

e. Direktur Administrasi dan Umum

Direktur Administrasi dan Umum memiliki tugas dan wewenang yang berkaitan dengan administrasi, kepegawaian, hubungan masyarakat, keamanan, dan keselamatan kerja. Beberapa Kepala Bagian berada di bawah arahan Direktur Adminitrasi dan Umum, yaitu:

1) Kepala Bagian Sumber Daya Manusia

   Kepala Bagian SDM memiliki tugas dan tanggung jawab dalam melaksanakan kebijakan sumber daya manusia yang telah ditetapkan. Selain itu, Kepala Bagian SDM juga bertanggung jawab dalam mengelola proses rekrutmen,

pelatihan, serta pengembangan karyawan guna meningkatkan kualitas tenaga kerja di perusahaan. Tugas lainnya meliputi pengelolaan administrasi kepegawaian dan pelaksanaan penilaian kinerja karyawan.

2) Kepala Bagian Umum dan Kemanan

Kegiatan yang berkaitan dengan publik dan menjaga keamanan perusahaan berada di bawah wewenang kepala bagian umum dan keamanan yang dibantu oleh Kepala Seksi Keamanan dan Kepala Seksi Hubungan Masyarakat.

3) Kepala Bagian K3

Kepala bagian K3 bertanggung jawab atas perencanaan dan pengawasan semua operasi bisnis yang berkaitan dengan K3. Kepala seksi K3 membantu Kepala Bagian K3 dalam menjalankan tugasnya.

f. Direktur Keuangan dan Pemasaran

Direktur Keuangan dan Pemasaran melapor langsung kepada Direktur Utama. Seluruh operasional bisnis yang berkaitan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, hubungan masyarakat, keamanan, dan keselamatan kerja berada di bawah wewenang Direktur Keuangan dan Pemasaran. Dua kepala bagian membantu Direktur Keuangan dan Pemasaran, antara lain:

1) Kepala Bagian Keuangan

Kepala Bagian Keuangan bertugas mengatur serta mengawasi seluruh kegiatan perusahaan yang berkaitan dengan pengelolaan keuangan, termasuk pencatatan dan pembukuan transaksi keuangan. Selain itu, bagian ini juga bertanggung jawab dalam mengelola sistem penggajian karyawan agar berjalan secara tertib, akurat, dan sesuai dengan ketentuan yang berlaku di perusahaan.

2) Kepala Bagian Pemasaran

Kepala Bagian Pemasaran bertanggung jawab untuk mengatur dan mengawasi semua operasi perusahaan yang berkaitan dengan pemasaran produk dan pembelian bahan baku. Kepala Seksi Pembelian dan Pemasaran membantu Kepala Bagian Pemasaran dalam menjalankan tugasnya.

g. Direktur Operasi dan Produksi

Salah satu tanggung jawab Direktur Operasi dan Produksi adalah memimpin dan mengoordinasikan semua kegiatan yang terkait dengan produksi, operasi, utilitas, pengembangan, pemeliharaan, pengadaan, dan laboratorium. Direktur dibantu oleh tiga kepala bagian, masing-masing dengan tanggung jawab sesuai dengan bidang kerjanya.

1) Kepala Bagian Teknik

Kepala Bagian Teknik memiliki tugas meliputi pengorganisasian dan pengawasan semua kegiatan perusahaan yang berkaitan dengan teknik dan pemeliharaan. Tiga Kepala Seksi bagian pemeliharaan, bagian instrumentasi dan kelistrikan, dan bagian permesinan membantu Kepala Bagian Teknik dalam melaksanakan tugas-tugasnya.

2) Kepala Bagian Produksi

Kepala Bagian Produksi memiliki tanggung jawab untuk mengatur dan mengawasi semua aktivitas perusahaan yang berkaitan dengan produksi, proses, pengendalian, utilitas, dan laboratorium. Kepala Seksi Utilitas, Kepala Seksi Laboratorium, dan Kepala Seksi Proses dan Pengendalian membantu Kepala Bagian Produksi dalam dalam menjalankan pekerjaanya.

4.4.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik etil akrilat dari asam akrilat dan etanol ini direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun dengan waktu operasi 24 jam setiap hari. Sisa hari yang tidak digunakan, seperti hari libur, digunakan untuk perbaikan, perawatan (*maintenance*), dan penghentian operasi (*shut down*). Oleh karena

itu, jam kerja harus diatur secara efisien dan efektif untuk menjaga proses produksi dan kegiatan administrasi dan pemasaran berjalan lancar. Pekerja di perusahaan ini terbagi menjadi dua kelompok berdasarkan jumlah jam kerja mereka, yaitu

a. Karyawan *non-shift*

Karyawan *non-shift* bekerja selama lima hari dalam satu minggu, dengan hari Sabtu, Minggu, dan hari libur nasional sebagai waktu libur. Proses produksi tidak dilakukan oleh kelompok karyawan ini secara langsung. Yang termasuk dalam karyawan *non-shift* antara lain Direktur Utama, Direktur Operasi dan Produksi, Direktur Keuangan dan Pemasaran, Direktur Administrasi dan Umum, kepala bagian, serta staf yang bekerja di kantor. Tabel berikut menunjukkan ketentuan jam kerja karyawan *non-shift*:

Tabel 4. 2 Jadwal Kerja Karyawan *non-shift*

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin – Kamis	08.00 – 16.00	12.00 – 13.00
Jum'at	08.00 – 16.00	12.00 – 13.00

b. Karyawan *Shift*

Karyawan *Shift* adalah karyawan yang terlibat langsung dalam proses produksi atau bertanggung jawab pada bagian tertentu yang berkaitan dengan keamanan serta kegiatan operasional pabrik. Beberapa bagian seperti teknik, gudang, dan

bagian lainnya harus selalu siaga demi menjaga keselamatan dan keamanan pabrik. Karyawan *Shift* bekerja secara bergantian selama 24 jam dengan pembagian waktu kerja sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Jadwal Kerja Karyawan *Shift*

Kelompok Kerja	Jam Kerja	Jam Istirahat
Shift 1	08.00 – 16.00	12.00 – 13.00
Shift 2	16.00 – 00.00	19.00 – 20.00
Shift 3	00.00 – 08.00	04.00 – 05.00

Karyawan *Shift* dibagi menjadi empat kelompok, dengan setiap *Shift* berlangsung selama 8 jam per hari. Pergantian kerja dilakukan dengan sistem tiga hari kerja dan satu hari libur. Pada hari Minggu dan hari libur nasional, karyawan *Shift* tetap bekerja, namun setiap karyawan memperoleh jatah cuti sebanyak 12 hari dalam satu tahun. Dari keempat kelompok tersebut, tiga kelompok bekerja secara bergantian sesuai jadwal *Shift* , sementara satu kelompok lainnya menjalani waktu libur. Jadwal kerja karyawan *Shift* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 4 Jadwal Kerja Setiap Kelompok

Kelompok	Tanggal														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
B	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
C	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
D	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M

Tabel 4. 5 Jadwal Kerja Setiap Kelompok (Lanjutan)

Kelompok	Tanggal														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
B	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
C	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
D	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S

Keterangan :

P = *Shift* Pagi

S = *Shift* Siang

M = *Shift* Malam

L = Libur

4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Sistem gaji karyawan pada pabrik ini disesuaikan dengan status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Rincian Gaji Setiap Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (/orang/bulan)	Gaji (/bulan)	Gaji (/tahun)
1	Direktur Utama	1	Rp61,000,000	Rp61,000,000	Rp732,000,000
2	Direktur Operasi dan Produksi	1	Rp45,750,000	Rp45,750,000	Rp549,000,000
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	Rp45,750,000	Rp45,750,000	Rp549,000,000
4	Direktur Adminnistrasi dan Umum	1	Rp45,750,000	Rp45,750,000	Rp549,000,000
5	Kepala Bagian Produksi	1	Rp24,400,000	Rp24,400,000	Rp292,800,000
6	Kepala Bagian Teknik	1	Rp24,400,000	Rp24,400,000	Rp292,800,000
7	Kepala Bagian Keuangan	1	Rp15,250,000	Rp15,250,000	Rp183,000,000
8	Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp15,250,000	Rp15,250,000	Rp183,000,000
9	Kepala Bagian Pengembangan SDM	1	Rp15,250,000	Rp15,250,000	Rp183,000,000
10	Kepala Bagian Umum dan Keamanan	1	Rp15,250,000	Rp15,250,000	Rp183,000,000
11	Kepala Bagian K3	1	Rp15,250,000	Rp15,250,000	Rp183,000,000

Tabel 4. 7 Rincian Gaji Setiap Karyawan (lanjutan)

12	Kepala Seksi Proses dan Pengendalian	1	Rp9,150,000	Rp9,150,000	Rp109,800,000
13	Kepala Seksi Utilitas	1	Rp9,150,000	Rp9,150,000	Rp109,800,000
14	Kepala Seksi Laboratorium	1	Rp9,150,000	Rp9,150,000	Rp109,800,000
15	Kepala Seksi Pemeliharan	1	Rp9,150,000	Rp9,150,000	Rp109,800,000
16	Kepala Seksi Mesin	1	Rp9,150,000	Rp9,150,000	Rp109,800,000
17	Kepala Seksi Instrumentasi dan Listrik	1	Rp9,150,000	Rp9,150,000	Rp109,800,000
18	Kepala Seksi Pemasaran	1	Rp9,150,000	Rp9,150,000	Rp109,800,000
19	Kepala Seksi Pembelian	1	Rp9,150,000	Rp9,150,000	Rp109,800,000
20	Kepala Seksi Hubungan Masyarakat	1	Rp9,150,000	Rp9,150,000	Rp109,800,000
21	Kepala Seksi Keamanan	1	Rp9,150,000	Rp9,150,000	Rp109,800,000
22	Karyawan Proses dan Pengendalian	10	Rp9,150,000	Rp91,500,000	Rp1,098,000,000
23	Karyawan Utilitas	6	Rp9,150,000	Rp54,900,000	Rp658,800,000
24	Karyawan Laboratorium	5	Rp7,625,000	Rp38,125,000	Rp457,500,000
25	Karyawan Pemeliharaan	3	Rp7,625,000	Rp22,875,000	Rp274,500,000
26	Karyawan Mesin	4	Rp7,625,000	Rp30,500,000	Rp366,000,000
27	Karyawan Instrumen dan Listrik	4	Rp7,625,000	Rp30,500,000	Rp366,000,000
28	Karyawan Keuangan	5	Rp7,625,000	Rp38,125,000	Rp457,500,000

Tabel 4. 8 Rincian Gaji Setiap Karyawan (lanjutan)

29	Karyawan Pemasaran	3	Rp7,625,000	Rp22,875,000	Rp274,500,000
30	Karyawan Pembelian	3	Rp7,625,000	Rp22,875,000	Rp274,500,000
31	Karyawan Hubungan Masyarakat	3	Rp7,625,000	Rp22,875,000	Rp274,500,000
32	Karyawan Keamanan	2	Rp7,625,000	Rp15,250,000	Rp183,000,000
33	Karyawan K3	3	Rp7,625,000	Rp22,875,000	Rp274,500,000
34	Operator Proses dan Utilitas	42	Rp7,320,000	Rp307,440,000	Rp3,689,280,000
35	Perawat	4	Rp6,100,000	Rp24,400,000	Rp292,800,000
36	*Security*	6	Rp6,100,000	Rp36,600,000	Rp439,200,000
37	*Cleaning Service*	6	Rp6,100,000	Rp36,600,000	Rp439,200,000
38	Supir	6	Rp6,100,000	Rp36,600,000	Rp439,200,000
39	Dokter	2	Rp7,320,000	Rp14,640,000	Rp175,680,000
40	Sekertaris	4	Rp6,100,000	Rp24,400,000	Rp292,800,000
Total		**142**	**Rp554,490,000**	**Rp1,308,755,000**	**Rp15,705,060,000**

4.4.1 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Perusahaan ini memberikan kesejahteraan sosial kepada karyawannya, yang mencakup:

a. Kerja Lembur

Jika ada pekerjaan mendesak yang harus diselesaikan segera, lembur dapat dilakukan dengan persetujuan kepala bagian.

b. Pakaian Kerja

Perusahaan memberikan dua pasang pakaian kepada karyawan tetap setiap tahun untuk mengurangi perbedaan karyawan dan membuat mereka merasa lebih nyaman dan aman saat bekerja.

c. Tunjangan Karyawan

Tunjangan karyawan terdiri dari beberapa tunjangan yang diberikan yaitu:

1) Gaji pokok diberikan sebagai tunjangan yang disesuaikan dengan golongan karyawan.
2) Tunjangan jabatan diberikan sesuai dengan posisi yang dipegang oleh karyawan.
3) Karyawan yang bekerja di luar jam kerja menerima tunjangan lembur, yang dihitung berdasarkan jumlah jam lembur yang dikerjakan.

4) ebelum Hari Raya Idul Fitri, karyawan menerima satu kali gaji bulanan sebagai Tunjangan Hari Raya (THR) setiap tahun.

d. Jamsostek

Jamsostek adalah jenis asuransi sosial yang memberikan rasa aman kepada karyawan saat bekerja. Ini mencakup asuransi jiwa dan kecelakaan.

4.4.2 Fasilitas dan Hak Karyawan

Berikut adalah beberapa fasilitas dan hak yang diberikan perusahaan kepada karyawannya untuk mendukung aktivitas kerja mereka. Fasilitas dan hak ini dirancang untuk meningkatkan kenyamanan dan produktivitas karyawan di tempat kerja mereka. Di antaranya adalah:

a. Hak Cuti

Hak cuti karyawan terdiri dari:

1) Cuti tahunan

Setiap karyawan memiliki hak cuti tahunan selama 12 hari kerja selama satu tahun. Jika hak ini tidak digunakan, hak tersebut akan hangus pada tahun yang bersangkutan.

2) Cuti sakit

Jika karyawan sakit, termasuk karyawan wanita yang menjalani persalinan, cuti sakit diberikan kepada mereka.

b. Fasilitas Karyawan

Perusahaan memberikan berbagai fasilitas untuk meningkatkan produktivitas karyawan dan mencegah mereka merasa jenuh saat menjalankan pekerjaan sehari-hari mereka, yang memungkinkan aktivitas perusahaan berjalan lancar. Fasilitas yang disediakan meliputi:

1) Poliklinik

Poliklinik ditangani oleh dokter dan perawat, dan menjaga kesehatan karyawan merupakan bagian penting dari efisiensi produksi pabrik.

2) Tempat ibadah

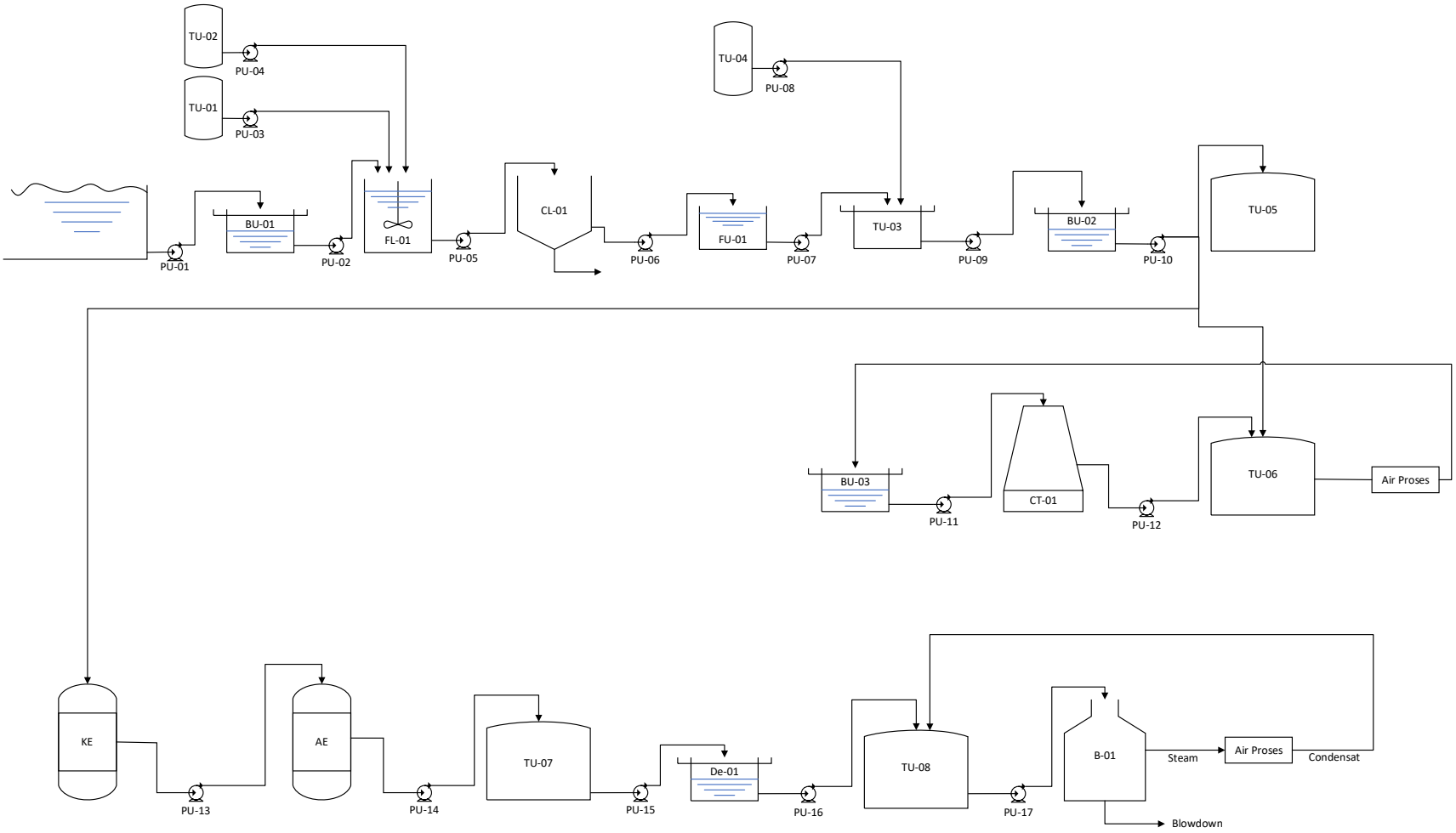
Untuk memastikan bahwa karyawan dapat memenuhi kewajiban agama mereka dan mengambil bagian dalam kegiatan keagamaan lainnya, perusahaan menyediakan tempat ibadah berupa masjid.

BAB V

UTILITAS

Dalam industri kimia, unit utilitas memainkan peran penting untuk memastikan produksi berjalan dengan lancar. Selain bahan baku dan bahan pembantu, fasilitas pendukung lainnya juga diperlukan untuk memastikan produksi berjalan sesuai rencana. Pabrik kimia tidak dapat menjalankan proses produksi tanpa unit utilitas. Dalam desain pabrik, berbagai unit utilitas diperlukan, seperti:

a. Unit Penyedia dan pengolahan Air (*Water Treatment System*)
b. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)
c. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
d. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
e. Unit Penyediaan Bahan Bakar (*Fuel Supply Unit*)
f. Unit Pengelolaan Limbah (*Waste Processing Unit*)



Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas

Keterangan:

AE : Anion *Exchanger*

B-01 : *Boiler*

BU-01 : Bak pengendapan awal

BU-02 : Bak penampungan sementara

BU-03 : Bak penampungan air pendingin

CT-01 : *Cooling Tower*

CL-01 : *Clarifier*

DE-01 : Dearator

FL-01 : Flokulator

FU-01 : Saringan pasir (*sand filter*)

KE : Kation *Exchanger*

PU : Pompa Utilitas

TU-01 : Tangki tawas

TU-02 : Tangki kapur

TU-03 : Tangki klorinasi

TU-04 : Tangki klorin (kaporit)

TU-05 : Tangki penyimpanan air untuk konsumsi dan sanitasi

TU-06 : Tangki air pendingin

TU-07 : Tangki air demineralisasi

TU-08 : Tangki air umpan *boiler*

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

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Unit utilitas yang bertugas menyediakan air untuk keperluan industri dan kebutuhan lainnya adalah unit penyediaan air. Agar proses manufaktur berjalan lancar dari awal hingga akhir, unit ini sangat penting. Salah satu pilihannya adalah menggunakan air sungai sebagai sumber air. Air sumur, air sungai, air danau, atau air laut biasanya digunakan sebagai pasokan untuk memenuhi kebutuhan air sebuah pabrik. Air sungai digunakan untuk menyediakan air yang digunakan dalam pembangunan pabrik etil akrilat ini. Air sungai akan digunakan sebagai sumber air dengan mempertimbangkan beberapa alasan, yaitu:

a. Keberadaan lokasi sungai tidak jauh dari lokasi pabrik, sehingga memudahkan dalam hal distribusi dan efisiensi logistik.
b. Jumlah sungai lebih banyak dibanding jumlah air sumur
c. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, dan biaya pengolahannya relatif murah dibandingkan dengan pengolahan air laut yang memerlukan teknologi lebih kompleks dan biaya yang lebih tinggi.

Secara keseluruhan, kebutuhan air pada pabrik ini digunakan untuk keperluan, antara lain:

a. Air Konsumsi dan Sanitasi

Air minum, laboratorium, kantor, dan kebutuhan umum lainnya semuanya dipenuhi dengan penggunaan air untuk sanitasi dan konsumsi. Air yang digunakan harus memenuhi standar fisik dan kimia tertentu. Secara fisik, air harus jernih, tidak berbau, tidak berasa, dan bersuhu ruangan. Secara kimia, air harus bebas dari bahan organik dan anorganik berbahaya, tidak beracun, dan bebas dari kuman, terutama bakteri patogen.

- Air Domestik air

  Kebutuhan air per orang berkisar dari 100 hingga 120 liter per hari, menurut standar WHO. Setiap orang di pabrik atau kantor membutuhkan 100 liter air per hari (Howard & Bartram., 2003). Dengan 142 karyawan, pabrik ini membutuhkan 14.200 kg air per hari untuk keperluan air domestik.

- Air *Service*

  Air *service* digunakan untuk fasilitas umum seperti bengkel, klinik, laboratorium, pemadam kebakaran, kantin, masjid, dan taman menggunakan air untuk keperluan umum. Untuk air bersih, diperkirakan dibutuhkan 450 kg/jam.

b. Air Pendingin

Untuk mempertahankan suhu operasi yang diperlukan, air pendingin menyerap dan mentransfer panas dari peralatan proses. Sistem pendingin di pabrik metil laktat sangat penting untuk menjaga stabilitas termal, terutama di unit reaktor dan kondensor. Untuk menghindari korosi, pembentukan kerak, dan pertumbuhan mikroorganisme yang dapat mengganggu efektivitas perpindahan panas, air pendingin harus dipilih dan dikelola dengan cermat. Untuk rincian kebutuhan air pendingin dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	**Kode Alat**	**Kebutuhan (kg/jam)**
Reaktor	R-01	46010,556
Cooler	CL-01	8759,608
	CL-02	8939,265
	CL-03	2254,940
	CL-04	358,477
Condensor	CD-01	300,266
	CD-02	9799,997
Total		**76423,11**

Pada saat berlangsungnya proses, air pendingin mengalami *blowdown* pada unit *cooling tower* sehingga diperlukan adanya air *make-up*. Dari kebutuhan tersebut, maka didapatkan kebutuhan air *make-up* sebesar 1.623,99 kg/jam.

c. Air Pemanas (*Steam*)

Media pemanas yang digunakan adalah air *steam*. Persyaratan harus dipenuhi agar air *steam* dapat digunakan di dalam *boiler*. Tindakan pencegahan harus dilakukan untuk menghindari kerak, pengotoran, dan pembuihan karena kegagalan untuk mematuhi standar ini dapat mengakibatkan kerusakan peralatan. Pada Tabel 5.2 dapat dilihat untuk rincian air *steam* yang dibutuhkan.

Tabel 5. 2 Kebutuhan air pemanas

Nama Alat	Kode Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Heater	HE-01	1129,052
	HE-02	11,738
	HE-03	216,045
	HE-04	1709,790
Reboiler	RB-01	115,464
	RB-02	2546,269
Total		**5728,359**

Pada saat berlangsungnya proses, air pembangkit *steam* terjadi *blowdown* pada *boiler* sebesar 15% dan penggunaan *steam trap* sebesar 5%, sehingga jumlah air *make-up* yang dibutuhkan yaitu sebesar 1.145,67 kg/jam.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Untuk perancangan pabrik etil akrilat, kebutuhan air utilitas diperoleh dari sungai yang harus diolah terlebih dahulu sebelum dapat dimanfaatkan dengan tepat. Berikut adalah beberapa tahapan pengolahan air, yaitu:

a. Pengendapan Awal (sedimentasi)

Air yang digunakan di pabrik ini berasal dari Sungai Cidanau, yang terletak di Banten. Kemudian air dialirkan melalui *screen traveling* untuk menyaring partikel berukuran besar. Pada tahap ini, gaya gravitasi akan membuat partikel berat seperti pasir, lumpur, dan endapan lainnya mengendap. Sedimentasi dilakukan untuk mengurangi beban pada tahap pemisahan berikutnya dan meningkatkan efisiensi proses secara keseluruhan.

b. Penggumpalan (*koagulasi*)

Koagulasi adalah proses penggumpalan partikel koloid dengan menambah koagulan atau bahan kimia sehingga muatan partikel menjadi netral dan gaya gravitasi dapat membentuk endapan. Koagulan yang digunakan adalah tawas, atau aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$), garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah yang mudah terhidrolisis dalam air yang bersifat basa. Larutan tawas berfungsi sebagai koagulan dan

mempercepat pembentukan flok, atau gumpalan partikel yang mudah mengendap.

Untuk menciptakan suasana alkalis agar proses flokulasi berlangsung optimal, ditambahkan $Ca(OH)_2$ yang berfungsi mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air. Kondisi basa ini membantu mempercepat proses penggumpalan. Sementara itu, flokulasi bertujuan memperbesar gumpalan partikel menjadi flok yang ukurannya cukup besar sehingga mudah dipisahkan melalui proses sedimentasi dan filtrasi.

c. Proses *Clarifier*

Setelah proses flokulasi, pompa digunakan untuk mengalirkan air ke unit clarifier. Di dalam clarifier, flok akan mengendap di bagian dasar dan dikeluarkan melalui sistem *blowdown*. Sementara itu, air yang telah terpisah dari flok dialirkan ke unit penyaring pasir, juga dikenal sebagai *sand filter*, untuk melanjutkan tahap pemurnian berikutnya.

d. *Sand Filter*

Setelah itu, air yang masih mengandung padatan tersuspensi dari bak pengendap memasuki alat *sand filter* untuk difiltrasi. Tujuan filtrasi ini adalah untuk menggunakan resin untuk menghilangkan mineral-mineral seperti Ca^{2+}, Mg^{2+}, dan Na^{2+}, yang ada di dalam air. Jika filter pasir dianggap kotor, ia harus dicuci (*back wash*, *rinse*).

e. Klorinasi

Klorinasi air merupakan proses penambahan klorin (Cl_2) atau senyawa hipoklorit ke dalam air. Tujuan klorisasi adalah untuk membunuh bakteri dan mikroorganisme lainnya, membuat air lebih aman untuk digunakan dalam aktivitas sehari-hari.

f. Penampungan Sementara

Air yang telah melalui proses filtrasi dan klorinasi dapat digunakan sebagai air bersih dan kemudian ditampung sementara dalam bak penampungan. Selanjutnya, air ini didistribusikan untuk berbagai kebutuhan, seperti air domestik, *service water*, air pendingin, serta air untuk pembangkit uap (*steam water*).

g. Demineralisasi

Tujuan proses demineralisasi adalah menghilangkan ion-ion yang masih terkandung dalam *filtered water* agar memenuhi syarat sebagai umpan *boiler*. Proses ini terdiri dari dua tahap utama, yaitu pelunakan air dan dealkalinasi. Pelunakan air berlangsung di unit kation *exchanger*. Pada tahap ini, ion-ion penyebab kesadahan seperti Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, dan mineral lainnya dihilangkan dari air dan ditangkap oleh resin tipe *hydrogen-zeolite*. Resin memiliki kapasitas tertentu dalam menyerap ion-ion tersebut, sehingga ketika kapasitasnya

menurun, perlu dilakukan regenerasi menggunakan asam kuat seperti H_2SO_4.

Air keluaran dari kation *exchanger* memiliki kandungan mineral yang jauh berkurang, sehingga potensi pembentukan kerak (*scaling*) dapat diminimalkan. Selanjutnya, air dialirkan ke anion exchanger untuk proses dealkalinasi. Pada tahap ini, ion-ion negatif seperti HCO_3^-, CO_3^{2-}, SO_4^{2-}, Cl^-, dan lainnya akan diikat oleh resin. Ion-ion tersebut harus dihilangkan karena jika air bersifat basa jika dipanaskan, dapat menghasilkan gas CO_2 yang berpotensi menurunkan kinerja pada *boiler* dan pada peralatan proses lainnya.

Mekanisme penyerapan ion pada anion *exchanger* serupa dengan proses pelunakan, namun menggunakan resin jenis *weakly basic anion exchanger*. Ketika resin telah jenuh, dilakukan regenerasi dengan penambahan basa kuat seperti NaOH. Air hasil dari anion *exchanger* ini dapat digunakan sebagai air proses, namun untuk aplikasi sebagai umpan *boiler*, masih diperlukan pengolahan lanjutan.

h. Deaerisasi

Air hasil proses demineralisasi yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* selanjutnya diproses dalam unit deaerasi untuk menghilangkan gas-gas terlarut, terutama O_2 yang dapat menyebabkan korosi. Korosi pada *boiler* sangat berbahaya

karena tidak hanya memperpendek umur peralatan, tetapi juga dapat memicu kerusakan serius hingga risiko ledakan akibat ketidaksesuaian tekanan dengan desain.

Untuk menghilangkan gas terlarut tersebut, ditambahkan senyawa N_2H_4 (hidrazin) yang berfungsi mengikat O_2 dan gas lainnya. Setelah kandungan gas terlarut dihilangkan, air keluaran deaerator dapat langsung digunakan sebagai *boiler feed water* dan dialirkan ke *boiler*, tempat berlangsungnya proses pembentukan uap (*steam*).

Selama operasi *boiler*, dilakukan proses *blowdown* secara berkala untuk mengurangi akumulasi padatan tersuspensi di dalam sistem. Kehilangan air akibat proses ini kemudian digantikan dengan penambahan *make-up water* agar kebutuhan proses tetap terpenuhi.

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

Tujuan dari unit ini adalah untuk memenuhi kebutuhan *steam* untuk proses produksi etil akrilat. Unit ini menyediakan boiler dengan spesifikasi berikut:

Kapasitas : 6.587,6128 kg/jam

Jenis : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan unit *economizer*, *safety valve*, serta berbagai sistem pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu dikondisikan dengan mengatur kandungan silika, O_2, Ca, dan Mg yang masih tersisa, melalui penambahan bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu, pH air juga dijaga pada kisaran 10,5–11,5, karena pada kondisi yang terlalu tinggi dapat meningkatkan sifat korosif.

Sebelum masuk ke *boiler*, air umpan dialirkan terlebih dahulu ke *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan energi panas dari gas buang hasil pembakaran batubara. Di dalam alat ini, suhu air dinaikkan hingga sekitar 150 °C sebelum kemudian dimasukkan ke dalam *boiler*.

Di dalam *boiler*, panas yang dihasilkan dari pembakaran oleh *burner* digunakan untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas hasil pembakaran selanjutnya dialirkan kembali ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong. Panas yang diserap oleh dinding dan pipa-pipa menyebabkan air mendidih dan menghasilkan uap. Uap yang terbentuk akan terkumpul hingga mencapai tekanan sekitar 10 bar, kemudian dialirkan ke *steam Header* untuk didistribusikan ke berbagai unit proses produksi.

5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Kebutuhan listrik utama pada pabrik etil akrilat ini dipasok oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Selain itu, pabrik juga dilengkapi dengan generator sebagai sumber listrik cadangan untuk menjaga kontinuitas operasi

apabila terjadi gangguan pasokan dari PLN. Generator tersebut menghasilkan energi listrik melalui putaran poros engkol yang digerakkan oleh energi panas hasil pembakaran bahan bakar solar. Dengan adanya sistem ini, suplai listrik tetap terjamin sehingga kegiatan operasional pabrik dapat berjalan tanpa hambatan. Adapun spesifikasi generator yang digunakan pada pabrik ini adalah sebagai berikut:

Kapasitas : 1.000 kW

Jenis : AC Generator

Jumlah : 1 buah

Berikut merupakan rincican untuk kebutuhan listrik pada etil akrilat adalah sebagai berikut:

a. Kebutuhan listrik alat proses

Tabel 5. 3 Total kebutuhan listrik proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Reaktor 1	R-01	3,00	2,2371
2	Netralizer	N-01	0,18	0,1375
3	Pompa 1	P-01	0,33	0,2486
4	Pompa 2	P-02	0,33	0,2486
5	Pompa 3	P-03	0,13	0,0932
6	Pompa 4	P-04	0,17	0,1243
7	Pompa 5	P-05	0,50	0,3729
8	Pompa 6	P-06	0,50	0,3729
9	Pompa 7	P-07	0,75	0,5593
10	Pompa 8	P-08	0,25	0,1864
11	Pompa 9	P-09	1,50	1,1186
12	Pompa 10	P-10	0,13	0,0932
13	Pompa 11	P-11	0,08	0,0621
14	Pompa 12	P-12	0,25	0,1864
15	Pompa 13	P-13	1,50	1,1186
16	Pompa 14	P-14	0,33	0,2486
17	Pompa 15	P-15	2,00	1,4914

Tabel 5. 4 Total kebutuhan listrik proses (lanjutan)

18	Pompa 16	P-16	0,25	0,1864
19	Pompa 17	P-17	0,33	0,2486
20	Pompa 18	P-18	0,125	0,0932
Total			**12,643**	**9,428**

b. Kebutuhan listrik untuk utilitas

Tabel 5. 5 Total kebutuhan listrik utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Kompresor	C-01	10,000	7,4570
2	Cooling Tower Fan	T-01	10,000	7,4570
3	Flokulator	M-01	1,000	0,7457
4	Clarifier	M-02	0,500	0,3729
7	Pompa 1	PU-01	0,333	0,2486
8	Pompa 2	PU-02	0,125	0,0932
9	Pompa 3	PU-03	0,083	0,0621
10	Pompa 4	PU-04	0,083	0,0621
11	Pompa 5	PU-05	0,250	0,1864
12	Pompa 6	PU-06	0,050	0,0373
13	Pompa 7	PU-07	0,250	0,1864
14	Pompa 8	PU-08	0,083	0,0621
15	Pompa 9	PU-09	0,083	0,0621
16	Pompa 10	PU-10	0,125	0,0932
17	Pompa 11	PU-11	0,167	0,1243
18	Pompa 12	PU-12	3,000	2,2371
19	Pompa 13	PU-13	0,125	0,0932
20	Pompa 14	PU-14	0,125	0,0932
21	Pompa 15	PU-15	0,125	0,0932
22	Pompa 16	PU-16	0,500	0,3729
23	Pompa 17	PU-17	0,250	0,1864
Total			**27,258**	**20,327**

Berdasarkan data pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 tersebut, maka total kebutuhan listrik untuk alat proses dan alat utilitas adalah 29,791 kW.

Perancangan dibuat over design 10% maka total kebutuhan listrik menjadi 32,771 kW.

c. Kebutuhan listrik untuk penerangan

Power yang dibutuhkan untuk alat penerangan diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik:

P = 15% x 32,730 kW

= 4,909 kW

d. Kebutuhan listrik alat kontrol

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

P = 25% x 32,730 kW

= 8,182 kW

e. Kebutuhan listrik untuk peralatan kantor

Power yang dibutuhkan untuk kantor seperti (AC, Komputer, dan lain- lain) diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik:

P = 15% x 32,730 kW

= 4,909 kW

f. Kebutuhan listrik untuk bengkel, laboratorium, dan lain-lain

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

P = 15% x 32,730 kW

= 4,909 kW

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, dapat disimpulkan bahwa total kebutuhan listrik untuk operasional pabrik etil akrilat adalah sebesar 54,8207 kW, sebagaimana tercantum pada Tabel 5.5.

Tabel 5. 6 Total kebutuhan listrik pabrik

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1.	Unit Proses	9,4276
2.	Unit Utilitas	20,3265
3.	Alat kontrol	8,1824
4.	Penerangan	4,9094
5.	Kantor	4,9094
6.	Lab, Bengkel, dll	4,9094
Total		**52,6649**

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

Instrumen kontrol yang bekerja secara pneumatis di pabrik ini dioperasikan dengan udara tekan, dengan tekanan udara sebesar 7,2 bar. Diperkirakan terdapat sekitar 42 alat kontrol di pabrik etil akrilat ini yang membutuhkan udara tekan untuk beroperasi.

Udara tekan dihasilkan melalui proses kompresi udara lingkungan menggunakan kompresor yang dilengkapi dengan filter untuk menyaring kotoran, hingga mencapai tekanan 7,2 bar. Selanjutnya, udara tersebut dialirkan ke berbagai alat kontrol dan peralatan proses yang memerlukannya. Total kebutuhan udara instrumen diperkirakan sebesar 82,110 m^3/jam.

Agar dapat digunakan dengan baik, udara harus dalam kondisi kering. Oleh karena itu, setelah keluar dari *blower*, udara dialirkan ke dalam tangki udara (bejana pengering) yang berisi *silica gel* untuk menghilangkan kandungan uap air.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar (*Fuel Supply Unit)*

Unit ini berfungsi untuk menyediakan bahan bakar untuk generator dan boiler yang menghasilkan uap, unit ini juga menghitung jumlah bahan bakar cadangan generator untuk memastikan bahwa generator memiliki jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk beroperasi dengan baik. Bahan bakar solar digunakan dalam sistem ini. Kebutuhan bahan bakar untuk *boiler* tercatat sebesar 519,4036 kg/jam, sedangkan untuk pengoperasian generator dibutuhkan bahan bakar sebesar 16,5894 L/jam.

5.6 Unit Pengolahan Limbah (*Waste Processing Unit)*

Dalam kegiatan operasional pabrik, limbah menjadi hasil samping yang tidak dapat dihindari sehingga perlu ditangani dengan baik agar tidak mencemari lingkungan. Oleh sebab itu, diperlukan unit pengolahan limbah untuk mengelola limbah yang berasal dari proses produksi maupun aktivitas pendukung agar memenuhi baku mutu lingkungan sesuai peraturan yang berlaku.

Limbah yang dihasilkan dari pabrik etil akrilat dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu:

a. Bahan buangan cair

   Air buangan domestik dan blowdown dari air pendingin adalah dua contoh limbah cair yang dihasilkan. Air buangan domestik berasal dari toilet di area perkantoran dan pabrik. Limbah yang dikumpulkan

kemudian diproses di unit stabilisasi melalui proses lumpur aktif, aerasi, dan penambahan gas klorin.

Sementara itu, limbah cair dari laboratorium harus melalui beberapa tahapan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung berbagai zat kimia. Pengolahan limbah cair tersebut dilakukan melalui tiga tahap utama, yaitu *physical treatment* (pengendapan dan penyaringan), *chemical treatment* (penambahan bahan kimia serta pengaturan pH), dan *biological treatment*.

b. Bahan buangan udara dari unit proses

Udara yang digunakan dalam proses perubahan fase merupakan limbah gas dari pabrik ini. Dianggap aman untuk dilepaskan langsung ke lingkungan, udara ini tidak memerlukan pengaturan khusus.

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5. 1 Spesifikasi pompa utilitas

Kode	**PU-01**	**PU-02**	**PU-03**	**PU-04**	**PU-05**
Fungsi	Mengalirkan air dari FU-01 menuju BU-01	Mengalirkan air dari BU-01 menuju FL-01	Mengalirkan air dari TU-01 menuju FL-01	Mengalirkan air dari TU-02 menuju FL-01	Mengalirkan air dari FL-01 menuju CL-01
Jenis	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*
Bahan	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*
Kapasitas (gpm)	20,092	20,092	0,040	0,006	20,092
			Ukuran Pipa		
IPS	1,25	1,25	0,125	0,125	1,25
No. Sch	40	40	80	80	40
Efisiensi Pompa	49%	49%	38%	38%	49%
Tenaga Pompa (Hp)	0,25	0,083	0,05	0,05	0,17
Tenaga Motor (Hp)	0,33	0,125	0,083	0,083	0,25

Tabel 5. 2 Spesifikasi pompa utilitas (lanjutan)

Kode	**PU-06**	**PU-07**	**PU-08**	**PU-09**	**PU-10**
Fungsi	Mengalirkan air dari CL-01 menuju FU-02	Mengalirkan air dari saringan FU-02 menuju TU-03	Mengalirkan air dari TU-04 menuju TU-03	Mengalirkan air dari TU-03 menuju BU-02	Mengalirkan air dari BU-02 menuju TU-05
Jenis	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*
Bahan	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*
Kapasitas (gpm)	20,092	20,092	0,002	5,133	5,133
			Ukuran Pipa		
IPS	1,25	1,25	0,125	0,5	0,5
No. Sch	40	40	80	40	40
Efisiensi Pompa	48%	48%	38%	39%	38%
Tenaga Pompa (Hp)	0,05	0,125	0,05	0,05	0,08
Tenaga Motor (Hp)	0,05	0,25	0,83	0,08	0,13

Tabel 5. 3 Spesifikasi pompa utilitas (lanjutan)

Kode	**PU-11**	**PU-12**	**PU-13**	**PU-14**	**PU-15**
Fungsi	Mengalirkan air dari BU-03 menuju CT-01	Mengalirkan air dari CT-01 menuju TU-06	Mengalirkan air dari KE menuju AE	Mengalirkan air dari AE menuju TU-07	Mengalirkan air dari TU-07 menuju De-01
Jenis	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*
Bahan	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*
Kapasitas (gpm)	8,056	379,108	8,283	8,283	8,283
			Ukuran Pipa		
IPS	0,75	6	0,75	0,75	0,75
No. Sch	40	40	40	40	40
Efisiensi Pompa	39%	84%	38%	38%	39%
Tenaga Pompa (Hp)	0,13	3	0,083	0,083	0,083
Tenaga Motor (Hp)	0,17	5	0,125	0,125	0,125

Tabel 5. 4 Spesifikasi pompa utilitas (lanjutan)

Kode	**PU-16**	**PU-17**
Fungsi	Mengalirkan air dari De-01 menuju TU-08	Mengalirkan air dari TU-08 menuju *Boiler*
Jenis	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*
Bahan	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*
Kapasitas (gpm)	6,903	34,514
	Ukuran Pipa	
IPS	0,75	1,5
No. Sch	40	40
Efisiensi Pompa	39%	50%
Tenaga Pompa (Hp)	0,33	0,33
Tenaga Motor (Hp)	0,5	0,50

Tabel 5. 5 Spesifikasi bak utilitas

Kode	**BU-01**	**BU-02**	**BU-03**
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai	Menampung sementara air yang akan menuju TU-06, TU-08, KE	Menampung air untuk kebutuhan CT-01
Jenis	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*
Bahan	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*
		Spesifikasi	
Kapasitas (kg/jam)	3.811	3.811	1.623
Panjang (m)	3,274	2,091	4,410
Lebar (m)	3,274	2,091	4,410
Tinggi (m)	1,637	1,046	2,205

Tabel 5. 6 Spesifikasi tangki utilitas

Kode	**TU-01**	**TU-02**	**TU-03**	**TU-04**
Fungsi	Menyimpan laarutan $Al_{2(}SO_4)_3$ dengan konsentrasi 5% yang akan diumpankan ke FL-01	Menyimpan larutan CaOH 5% yang akan diumpankan ke FL-01	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan	Menyimpan larutan klorin dengan konsentrasi 2% yang akan digunakan sebagai desinfektan
Jenis	Tangki Silinder Tegak			
Bahan	*Carbon Steel*			
	Spesifikasi			
Tinggi (m)	1,456	2,036	1,799	0,758
Diameter (m)	0,728	0,509	1,799	0,379
Volume (m^3)	0,606	0,207	4,574	0,085

Tabel 5. 7 Spesifikasi tangki utilitas (lanjutan)

Kode	**TU-05**	**TU-06**	**TU-07**	**TU-08**
Fungsi	Menyimpan air untuk keperluan konsumsi dan sanitasi	Menampung air pendingin sebelum menuju proses	Menyimpan air demin untuk kebutuhan air pendingin dan air umpan *boiler*	Mencampur kondensat sirkulasi dan *make up* air umpan *boiler* sebelum dibangkitkan sebagai *steam* dalam *boiler*
Jenis	Tangki Silinder Tegak			
Bahan	*Carbon Steel*			
	Spesifikasi			
Tinggi (m)	3,272	2,231	1,986	2,924
Diameter (m)	3,272	1,116	0,993	1,462
Volume (m^3)	27,500	1,940	1,539	4,906

Tabel 5.8 Spesifikasi flokulator

Kode Alat	**FL-01**
Nama alat	Flokulator
Fungsi	Mengendapkan kotoran yang berupa disperse koloid dalam air dengan menambahkan koagulan untuk menggumpalkan kotoran
Jenis	
Jumlah air (kg/jam)	4.307
Spesifikasi	
Diameter (m)	1,809
Tinggi (m)	1,809
Kecepatan pengaduk (rpm)	149
Tenaga motor (Hp)	1
Jenis *Impeller*	*Turbine with 6 flat blades*
Jumlah *Impeller*	1

Tabel 5.9 Spesifikasi *clarifier*

Kode Alat	**CL-01**
Nama alat	Clarifier
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran bersifat koloid yang terbawa oleh air dari BU-01
Jenis	Tangki dengan *bottom* berbentuk *conical*
Jumlah air (kg/jam)	4.307
Spesifikasi	
Diameter (m)	3,048
Tinggi Total (m)	3,048
Volume (m^3)	22,228

Tabel 5.10 Spesifikasi saringan pasir

Kode Alat	**FU-01**
Nama alat	Saringan Pasir
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang belum mengendap di *clarifier*
Jenis	*Gravity sand filter* berbentuk persegi
Ukuran pasir (mesh)	20
Spesifikasi	
Panjang (m)	0,973
Lebar (m)	0,973
Tinggi (m)	0,486
Volume (m^3)	0,46

Tabel 5.11 Spesifikasi *cooling tower*

Kode Alat	**CT-01**
Nama alat	*Cooling Tower*
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan oleh alat proses dengan media pendingin udara
Spesifikasi	
Panjang (m)	1,538
Tinggi (m)	15,579
Lebar (m)	1,538

Tabel 5. 12 Spesifikasi kation *exchanger*

Kode Alat	**KE**
Nama alat	Kation *Exchanger*
Fungsi	Mengikat ion-ion positif yang terlarut dalam air
Jenis	Tangki silinder tegak berisi tumpukan resin C-300 (RH_2)
Jumlah	2 buah
Kapasitas resin (kg/ft^2)	7
Spesifikasi	
Luas penampang (ft$^{2)}$	0,5941
Tinggi tangki (m)	1,9050
Diameter (m)	0,2652

Tabel 5. 13 Spesifikasi anion *exchanger*

Kode Alat	**AE**
Nama alat	Anion *Exchanger*
Fungsi	Mengikat ion-ion negatif yang terlarut dalam air
Jenis	Tangki silinder tegak berisi tumpukan resin C-500 ($R(OH)_2$)
Jumlah	2 buah
Kapasitas resin (kg/ft^2)	7
Spesifikasi	
Luas penampang (ft$^{2)}$	0,5372
Tinggi tangki (m)	1,9050
Diameter (m)	0,2521

Tabel 5. 14 Spesifikasi Deaerator

Kode Alat	**De-01**
Nama alat	Deaerator
Fungsi	Menghilangkan gas CO_2 dan O_2 yang terikat dalam *feed water*
Jenis	Tangki silinder tegak
Spesifikasi	
Kapasitas (kg/jam)	1.145,6718
Diameter (m)	1,2054
Tinggi (m)	1,2054
Volume (m^3)	1,3748

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Dalam tahap pra-rancangan pabrik etil akrilat dari bahan baku asam akrilat dan etanol, diperlukan analisis ekonomi untuk memperkirakan keberhasilan investasi modal dalam kegiatan produksi. Analisis ini meliputi penilaian terhadap kebutuhan modal investasi, estimasi keuntungan, periode pengembalian modal, serta titik impas ketika total biaya produksi seimbang dengan pendapatan yang diperoleh. Oleh karena itu, evaluasi ekonomi dilakukan guna menentukan apakah pabrik yang dirancang berpotensi memberikan keuntungan dan layak untuk didirikan.

Untuk itu pada pra-rancangan pabrik etil akrilat dari bahan baku asam akrilat dan etanol ini, terdapat beberapa faktor faktor yang ditinjau dalam menghitung evaluasi ekonomi meliputi:

1. Modal (*Capital Investment*)
    a. Modal Tetap (*Fixed Capital Cost*)
    b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
    a. Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
    b. Biaya Produksi Tak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
    c. Biaya Produksi Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran Umum (*General Expenses*)
4. Analisa Kelayakan Ekonomi

a. *Percent Return on Invesment* (ROI)

b. *Pay Out Time* (POT)

c. *Break Event Point* (BEP)

d. *Discounted Cash Flow* (DCF)

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan proses cenderung berubah setiap tahun, baik naik maupun turun, yang dipengaruhi oleh kondisi ekonomi yang berlaku. Hal ini membuat sulit untuk menentukan harga tepat peralatan. Oleh karena itu, indeks harga peralatan operasi tahun sebelumnya dapat digunakan sebagai acuan untuk membuat perkiraan harga yang lebih dekat dengan kondisi aktual. Tabel 6.1 berikut menunjukkan data indeks harga:

Tabel 6. 1 Data Indeks harga alat

Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
1996	381,70
1997	386,50
1998	389,50
1999	390,60
2000	394,10
2000	394,10
2001	394,30
2002	395,60
2003	402,00
2004	444,20
2005	468,20
2006	499,60
2007	525,40
2008	575,40

Tabel 6. 2 Data Indeks harga alat (lanjutan)

2009	521,90
2010	550,80
2011	585,70
2012	584,60
2013	567,30
2014	576,10
2015	556,80
2016	541,70
2017	567,50
2018	603,10
2019	607,50
2020	596,20
2021	776,30
2022	648,9422
2023	658,6123
2024	655,5104
2025	664,94
2026	674,3696
2027	683,7992
2028	693,2288
2029	702,6584
2030	712,088

Untuk memperkirakan harga peralatan, terdapat dua persamaan pendekatan yang dapat digunakan. Harga peralatan pada tahun pendirian pabrik dapat dihitung dengan mengalikan harga pada tahun acuan dengan perbandingan indeks harga yang sesuai (Aries, 1955)

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

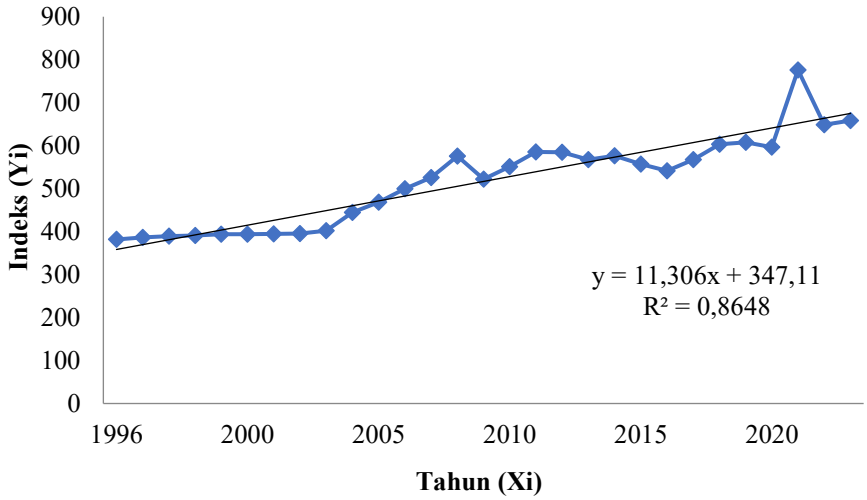
Dengan :

E_x : Harga alat pada tahun 2030

E_y : Harga alat pada tahun referensi 2014

N_x : CEPCI tahun 2030

N_y : CEPCI tahun 2014



Gambar 6. 1 Grafik Indeks harga

Dari hasil tersebut, diperoleh persamaan regresi linear sebagai berikut:

$$y = 11{,}306x + 347{,}11$$

$$R^2 = 0{,}8648$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai CEPCI pada tahun 2014 sebesar 576,10 , sedangkan pada tahun 2030 sebesar 712,088. Nilai-nilai tersebut digunakan sebagai dasar dalam menyesuaikan harga peralatan dari tahun acuan ke tahun evaluasi agar mencerminkan kondisi ekonomi yang lebih aktual pada saat perencanaan pabrik.

Berdasarkan indeks CEPCI tersebut, dapat dihitung estimasi harga peralatan proses dan utilitas sebagai berikut:

Tabel 6. 3 Harga Alat Proses

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ey	Ex
			2014	2030
Tangki Etanol	T-01	1	$71,700	$89
Tangki Asam Akrilat	T-02	1	$593.600	$733.719
Tangki Asam Sulfat	T-03	1	$97.900	$121.009
Tangki NaoH	T-04	1	$77,700	$96
Reaktor	R-01	1	$76.200	$94.187
Netralizer	N-01	1	$556.800	$688.232
Decanter 1	DC-01	1	$147.800	$182.688
Menara Distilasi 1	MD-01	1	$191.700	$236.951
Menara Distilasi 2	MD-02	1	$376.100	$464.878
Filtrasi Centrifudge	CF-01	1	$638.000	$788.599
Reboiler 1	RB-01	1	$1.200	$1.483
Reboiler 2	RB-02	1	$141.800	$175.272
Condensor 1	CD-01	1	$1.100	$1.360
Condensor 2	CD-02	1	$45.800	$56.611
Accumulator 1	ACC-01	1	$12.400	$15.327
Accumulator 2	ACC-02	1	$12.300	$15.203
Tangki Etil Akrilat	T-05	1	$238	$294
Heater 1	HE-01	1	$20.000	$24.721
Heater 2	HE-02	1	$1.900	$2.348
Heater 3	HE-03	1	$2.400	$2.967
Heater 4	HE-04	1	$88.400	$109.267
Cooler 1	CL-01	1	$52.100	$64.398
Cooler 2	CL-02	1	$40.000	$49.442
Cooler 3	CL-03	1	$249.700	$308.642
Cooler 4	CL-04	1	$3.800	$4.697
Pompa 1	P-01	1	$10.100	$12.484
Pompa 2	P-02	1	$10.900	$13.473
Pompa 3	P-03	1	$4.700	$5.809
Pompa 4	P-04	1	$5.400	$6.675
Pompa 5	P-05	1	$12.400	$15.327
Pompa 6	P-06	1	$12.400	$15.327
Pompa 7	P-07	1	$12.400	$15.327
Pompa 8	P-08	1	$12.400	$15.327
Pompa 9	P-09	1	$12.400	$15.327

Tabel 6. 4 Harga Alat Proses (lanjutan)

Pompa 10	P-10	1	$6.100	$7.540
Pompa 11	P-11	1	$6.100	$7.540
Pompa 12	P-12	1	$12.400	$15.327
Pompa 13	P-13	1	$10.900	$13.473
Pompa 14	P-14	1	$8.900	$11.001
Pompa 15	P-15	1	$8.900	$11.001
Pompa 16	P-16	1	$6.900	$8.529
Pompa 17	P-17	1	$6.900	$8.529
Pompa 18	P-18	1	$6.900	$8.529
TOTAL				**$4.349.023,51**

Tabel 6. 5 Harga alat utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ey	Ex
			2014	2030
Pompa-01	PU-01	1	$3.200	$3.955
Pompa-02	PU-02	1	$3.200	$3.955
Pompa-03	PU-03	1	$3.200	$3.955
Pompa-04	PU-04	1	$3.200	$3.955
Pompa-05	PU-05	1	$3.200	$3.955
Pompa-06	PU-06	1	$3.200	$3.955
Pompa-07	PU-07	1	$3.200	$3.955
Pompa-08	PU-08	1	$3.200	$3.955
Pompa-09	PU-09	1	$3.200	$3.955
Pompa-10	PU-10	1	$3.200	$3.955
Pompa-11	PU-11	1	$3.300	$4.079
Pompa-12	PU-12	1	$9.700	$11.990
Pompa-13	PU-13	1	$3.200	$3.955
Pompa-14	PU-14	1	$3.200	$3.955
Pompa-15	PU-15	1	$3.200	$3.955
Pompa-16	PU-16	1	$3.200	$3.955
Pompa-17	PU-17	1	$3.200	$3.955
Sand Filter	FU-01	1	$8.400	$10.383
Bak Pengendapan awal	BU-01	1	$30.700	$37.947
Bak Klorin	BU-02	1	$147.400	$182.194

Tabel 6. 6 Harga alat utilitas (lanjutan)

Bak Air Pendingin	BU-03	1	$46.100	$56.982
Clarifier	CL-01	1	$299.200	$369.826
Flokulator/Penggumpal	FL-01	1	$152.700	$188.745
Tangki tawas	TU-01	1	$2.200	$2.719
Tangki CaOH (kapur)	TU-02	1	$6.300	$7.787
Tangki klorinasi	TU-03	1	$147.400	$182.194
Tangki Klorin/Kaporit	TU-04	1	$700	$865
Tangki air konsumsi dan sanitasi	TU-05	1	$19.400	$23.979
Tangki Air Pendingin	TU-06	1	$4.600	$5.686
Tangki Demineralisasi	TU-07	1	$2.700	$3.337
Tangki Umpan *Boiler*	TU-08	1	$19.500	$24.103
Tangki H_2SO_4	TU-09	1	$13.200	$16.316
Tangki NaOH	TU-10	1	$4.800	$5.933
Kation *Exchanger*	KE	1	$13.200	$16.316
Anion *Exchanger*	AE	1	$4.800	$5.933
Tangki *Daerator*	D-01	1	$12.400	$15.327
Cooling Tower	CT-01	1	$188.700	$233.243
Blower Cooling Tower	BL-01	1	$30.100	$37.205
Boiler	B-01	1	$3.900	$4.821
Total				**$ 1.507.238,51**

6.2 Dasar Perhitungan

Dasar atau acuan yang digunakan dalam perhitungan analisis ekonomi pada pra-rancangan pabrik etil akrilat adalah sebagai berikut:

a. Kapasitas produksi pabrik : 45.000 ton/tahun
b. Pabrik beroperasi : 330 hari kerja
c. Umur alat : 10 tahun
d. Kurs mata uang : 1 $ = Rp16.939,00 (Per Maret 2026)
e. Tahun didirikan : 2030

6.3 Komponen Biaya

6.3.1 Modal (*Capital Investment*)

Capital investment merupakan total biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas pabrik beserta seluruh kelengkapannya, serta untuk menjalankan operasional pabrik. Capital investment terdiri dari:

a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

Biaya ini mencakup pengeluaran untuk pembangunan fasilitas fisik, seperti gedung, pengadaan dan pemasangan peralatan proses, tangki, pipa, serta konstruksi penunjang lainnya. Biaya tersebut bersifat jangka panjang dan umumnya hanya dikeluarkan satu kali pada tahap awal pembangunan pabrik.

Tabel 6. 7 *Physical Plant Cost* (PPC)

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Purchased Equipment Cost*	Rp99.199.222.343	$5.856.262
2	*Delivered Equipment Cost*	Rp24.799.805.586	$1.464.066
3	Instalasi *Cost*	Rp42.655.665.608	$2.518.193
4	Pemipaan	Rp85.311.331.215	$5.036.385
5	Instrumentasi	Rp29.759.766.703	$1.756.879
6	Insulasi	Rp7.935.937.787	$468.501
7	Listrik	Rp14.879.883.352	$878.439
8	Bangunan	Rp103.727.000.000	$6.123.561
9	*Land & Yard Improvement*	Rp29.620.800.000	$1.748.675
	Total	**Rp437.889.412.594**	**$25.850.960**

Tabel 6. 8 *Direct Plan Cost* (DPC)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Engineering and Constrution	Rp87.577.882.519	$5.170.192,01
Total	**Rp87.577.882.519**	**$5.170.192,01**

Tabel 6. 9 *Fixed Capital Investment* (FCI)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Direct Plant Cost	Rp525.467.295.113	$31.021.152,08
Contractor's fee	Rp105.093.459.023	$6.204.230,42
Contingency	Rp105.093.459.023	$6.204.230,42
Total	**Rp735.654.213.158**	**$43.429.612,91**

b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)

Working Capital Investment merupakan dana yang dibutuhkan untuk menunjang kelancaran kegiatan operasional pabrik dalam periode tertentu. Modal kerja ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan operasional harian, seperti pengadaan bahan

baku, pembayaran tenaga kerja, dan berbagai biaya operasional lainnya agar proses produksi dapat berjalan secara terus-menerus.

Tabel 6. 10 *Working Capital Investment* (WCI)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Raw Material Inventory	Rp2.198.106.598	$129.766,02
Inproses Onventory	Rp77.300.247.064	$4.563.448,08
Product Inventory	Rp154.600.494.129	$9.126.896,16
Extended Credit	Rp270.254.045.455	$15.954.545,45
Available Cash	Rp154.600.494.129	$9.126.896,16
Total	**Rp658.953.387.375**	**$38.901.551,88**

6.3.2 Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing Cost merupakan total biaya yang dikeluarkan selama proses produksi berlangsung. Biaya ini meliputi seluruh pengeluaran yang berkaitan dengan kegiatan manufaktur dalam menghasilkan suatu produk.

a. Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)

Biaya produksi langsung adalah biaya yang berhubungan langsung dengan proses pembuatan produk, meliputi bahan baku utama, tenaga kerja langsung, dan biaya pengoperasian mesin produksi.

Tabel 6. 11 *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Raw Material Cost	Rp8.059.724.193	$475.808,74
Labor Cost	Rp15.705.060.000	$927.153,91
Supervisor Cost	Rp3.926.265.000	$231.788,48
Maintenance Cost	Rp220.696.263.947	$13.028.883,87
Plant Supplies Cost	Rp33.104.439.592	$1.954.332,58
Royalty and Patents Cost	Rp49.546.575.000	$2.925.000,00
Utilities Cost	Rp26.788.501.451	$1.581.468,89
Total	**Rp357.826.829.183**	**$21.124.436,46**

b. Biaya Produksi Tak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)

Biaya produksi tidak langsung merupakan pengeluaran yang tidak berhubungan secara langsung dengan unit produksi di dalam pabrik.

Tabel 6. 12 *Indirect Manufacturing Cost* (IMC)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Payroll OverHead	Rp3.141.012.000	$185.430,78
Laboratory	Rp3.141.012.000	$185.430,78
Plant OverHead	Rp12.564.048.000	$741.723,12
Packaging	Rp6.282.024.000	$370.861,56
Total	**Rp25.128.096.000**	**Rp1.483.446**

c. Biaya Produksi Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)

Biaya produksi tetap merupakan biaya yang tetap harus dikeluarkan, baik ketika pabrik beroperasi maupun tidak. Biaya ini bersifat konstan dan tidak bergantung pada waktu maupun tingkat produksi.

Tabel 6. 13 *Fixed Manufacturing Cost* (FMC)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Depreciation	Rp147.130.842.632	$8.685.922,58
Property taxes	Rp29.426.168.526	$1.737.184,52
Insurance	Rp7.356.542.132	$434.296,13
Total	**Rp183.913.553.289**	**$10.857.403,23**

Tabel 6. 14 *Manufacturing Cost* (MC)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Direct Manufacturing Cost (DMC)	Rp357.826.829.183	$21.124.436,46
Indirect Manufacturing Cost (IMC)	Rp25.128.096.000	$1.483.446,25
Fixed Manufacturing Cost (FMC)	Rp183.913.553.289	$10.857.403,23
Total	**Rp566.868.478.473**	**$33.465.285,94**

6.3.3 Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

General Expenses merupakan biaya umum yang mencakup berbagai pengeluaran terkait fungsi perusahaan yang tidak termasuk dalam *Manufacturing Cost.*

Tabel 6. 15 *General Expense* (GE)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Administration	Rp34.012.108.708	$2.007.917,16
Sales Expense	Rp68.024.217.417	$4.015.834,31
Research	Rp15.872.317.397	$937.028,01
Finance	Rp55.784.304.021	$3.293.246,59
Total	**Rp173.692.947.544**	**$10.254.026,07**

Tabel 6. 16 *Total Production Cost* (TPC)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Manufacturing Cost (MC)	Rp566.868.478.473	$33.465.285,94
General Expenses(GE)	Rp173.692.947.544	$10.254.026,07
Total	**Rp740.561.426.016**	**$43.719.312,00**

6.3.4 Analisa Keuntungan

a. Keuntungan sebelum pajak

Total Penjualan : Rp 990.931.500.000

Total *Production cost* : Rp 740.561.426.016

Keuntungan : Total Penjualan – Total *Production cost*

: Rp250.370.073.984

b. Keuntungan setelah pajak

Pajak 25 % dari keuntungan : Rp62.592.518.496

Keuntungan setelah pajak :

= Keuntungan sebelum pajak – pajak

= Rp187.777.555.488

6.3.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan memiliki tujuan untuk mengetahui besarnya laba yang didapatkan sehingga mencapai keuntungan yang optimal, serta menilai tingkat keuntungan untuk menentukan apakah suatu pabrik tergolong potensial atau tidak dari segi ekonomi. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menilai kelayakan suatu pabrik, antara lain:

a. *Percent Return on Invesment* (ROI)

Return on Investment (ROI) merupakan tingkat keuntungan yang didapatkan setiap tahun berdasarkan kecepatan pengembalian modal tetap. Untuk produk kimia industri dengan risiko tinggi, nilai ROI minimum adalah 44% sebelum pajak,

sedangkan untuk risiko rendah sebesar 11% sebelum pajak (Aries, 1955) .

$$ROI = \frac{Profit}{Fixed\ Capital\ Investment} \times 100\%$$

$$ROI\ b = \frac{Keuntungan\ sebelum\ pajak}{Fixed\ Capital\ Investment} \times 100\%$$

$$ROI\ a = \frac{Keuntungan\ setelah\ pajak}{Fixed\ Capital\ Investment} \times 100\%$$

ROI_b = ROI sebelum pajak

= 34,03%

ROI_a = ROI setelah pajak

= 25,53%

b. *Pay Out Time* (POT)

Pay Out Time merupakan jangka waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini digunakan untuk mengetahui berapa lama investasi yang telah dilakukan dapat kembali.

$$POT\ b = \frac{Fix\ Capital\ Investment}{Keuntungan\ sebelum\ pajak + depresiasi}$$

$$POT\ a = \frac{Fix\ Capital\ Investment}{Keuntungan\ setelah\ pajak + depresiasi}$$

POT_b = POT sebelum pajak

= 1,9 tahun

POT_a = POT setelah pajak

= 2,2 tahun

c. *Break Event Point* (BEP)

Break Even Point merupakan titik yang menunjukkan kondisi ketika total biaya sama dengan total pendapatan. Melalui BEP, dapat ditentukan tingkat harga jual serta jumlah minimum unit yang harus dijual, serta harga per unit agar perusahaan memperoleh keuntungan. Pada umumnya, nilai BEP pada pabrik kimia berada dalam kisaran 40–60%.

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

Dimana:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum Annual

Tabel 6. 17 *Annual Fixed Manufacturing Cost* (Fa)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Depreciation	Rp147.130.842.631,60	$8.685.922,58
Property Taxes	Rp29.426.168.526,32	$1.737.184,52
Insurance	Rp7.356.542.131,58	$434.296,13
Total	**Rp183.913.553.289,50**	**$10.857.403,23**

Tabel 6. 18 *Annual Regulated Expenses* (Ra)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Gaji Karyawan	Rp15.705.060.000,00	$927.153,91
Payroll OverHead	Rp3.141.012.000,00	$185.430,78
Supervisor	Rp3.926.265.000,00	$231.788,48
Plant OverHead	Rp12.564.048.000,00	$741.723,12
Laboratorium	Rp3.141.012.000,00	$185.430,78
General Expense	Rp173.692.947.543,64	$10.254.026,07
Maintenance	Rp220.696.263.947,40	$13.028.883,87
Plant Supplies	Rp33.104.439.592,11	$1.954.332,58
Total	**Rp465.971.048.083,15**	**$27.508.769,59**

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

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Raw Material	Rp8.059.724.192,77	$475.808,74
Packaging	Rp6.282.024.000,00	$370.861,56
Utilities	Rp26.788.501.450,93	$1.581.468,89
Royalty & Patents	Rp49.546.575.000,00	$2.925.000,00
Total	**Rp90.676.824.643,70**	**$5.353.139,18**

Tabel 6. 20 *Annual Sales Value* (Sa)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Annual Sales Value	Rp990.931.500.000,00	$58.500.000,00
Total	**Rp990.931.500.000,00**	**$58.500.000,00**

Nilai BEP pada pabrik kimia umumnya berada pada kisaran 40%–60%. Berdasarkan data yang telah diperoleh pada tabel sebelumnya, nilai BEP yang dihasilkan adalah sebesar 56,39%.

d. *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point (SDP) suatu titik dimana pabrik mengalami kerugian sebesar *fixed cost* yang menyebabkan pabrik harus ditutup (Aries, 1955). *Shut Down Point* (SDP) menunjukkan kondisi ketika biaya untuk mempertahankan operasi pabrik lebih besar dibandingkan biaya penghentian operasi serta pembayaran *fixed cost*. Titik ini menggambarkan kapasitas minimum yang perlu dicapai agar pabrik masih layak untuk beroperasi.

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

Didapatkan nilai SDP sebesar 24,35%.

e. *Discounted Cash Flow* (DCF)

Discounted Cash Flow Rate (DCFR) merupakan tingkat pengembalian yang diperoleh dari penggunaan seluruh modal dalam kegiatan produksi. Suatu pabrik dianggap menguntungkan apabila nilai DCFR lebih besar dari satu setengah kali tingkat bunga pinjaman bank, yang perhitungannya dapat dilakukan menggunakan metode *Present Value Analysis*.

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1}(1 + i)^N + WC + SV$$

Dimana:

N = Umur pabrik 10 tahun

FC = Rp187.777.555.488

WC = Rp658.953.387.374,87

SV = Rp73.565.421.315,7995

CF = Rp390.692.702.140,6540

I = Interest/DCFR = 0,2829

Sehingga diperoleh *trial* & *error* dapat dihitung nilai DCFR.

Diperoleh nilai DCFR adalah

DCFR = 28,29%

Suku bunga pada tahun 2030 = 1,5 x 4,75%

= 7,13%

6.3.6 Analisa Risiko Pabrik

Dalam pendirian suatu pabrik, perlu dilakukan penilaian terhadap tingkat risiko, apakah termasuk risiko rendah (*low risk*) atau risiko tinggi (*high risk*). Parameter untuk menentukan tingkat risiko pada pabrik etil akrilat yang akan didirikan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6.21 Analisa Risiko Pabrik

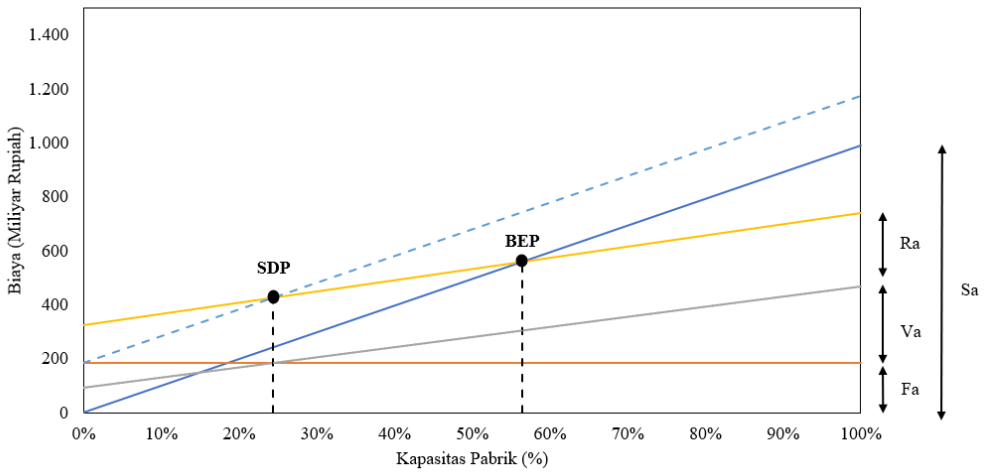
No	Parameter Risiko	Deskripsi	Risk	
			Low	High

1	Kondisi Operasi	Suhu maksimum dalam proses mencapai 128°C.	✓	
		Tekanan maksimum 1 atm.	✓	
2	Bahan Baku	Mudah terbakar, bersifat korosif, reaktif terhadap air, dan mudah menguap.		✓
Regulasi Pemerintah				
3	Bahan Bahaya dan Beracun (B3)	B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) menurut PP No. 74 Tahun 2001 (dan pembaruannya di PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup).	✓	
		Permen LH No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah menetapkan standar kualitas maksimal air limbah yang diizinkan untuk dibuang ke lingkungan bagi berbagai jenis industri dan kegiatan usaha.	✓	
		Kepmenaker No. 186/1999 tentang Unit Penanggulangan Kebakaran di Tempat Kerja.	✓	
		Kepmenaker No. 187/1999 tentang Pengendalian Bahan Kimia Berbahaya.	✓	
4	Proses	Pembuatan etil akrilat dari asam akrilat dan etanol menggunakan proses esterifikasi langsung adalah metode yang paling umum dan standar digunakan pada skala industri/pabrik.		✓
5	Supply Bahan Baku	Bahan baku didapatkan dari dalam negeri tepatnya dari pabrik di kawasan Cilegon dan Jawa Timur, dan dapat dijangkau menggunakan jalur darat.	✓	
6	Penjualanan Produk	Target utama adalah memenuhi kebutuhan dalam negeri, kemudian mengekspor sisanya ke luar negeri seperti Vietnam dan Thailand untuk menghemat biaya logistik.		✓
7	Keberadaan Pabrik	Pabrik direncanakan di Cilegon, Banten, dekat dengan pelabuhan Ciwandan dan Merak untuk memudahkan akses ekspor hasil produksi.	✓	

Berdasarkan Parameter tersebut dapat disimpulkan bahwa perancangan pabrik etil akrilat ini memiliki resiko yang rendah atau disebut *low risk*.

Tabel 6. 22 Hasil Analisa Kelayakan

Kriteria	Nilai	Persyaratan	Layak/Tidak
ROI *(before tax)*	34,03%	*Industrial Chemical min*. 11%	Layak
ROI *(after tax)*	25,53%		Layak
POT *(before tax)*	1,9	*Industrial Chemical max*. 5 th	Layak
POT *(after tax)*	2,2		Layak
BEP	56,39%	40%-60%	Layak
SDP	24,35%	-	Layak
DCFR	28,29%	>1,5 bunga bank minimum = 7,13%	Layak



Gambar 6. 2 Grafik Kelayakan

Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi, pendirian pabrik etil akrilat dinilai layak dan memberikan prospek keuntungan yang baik. Nilai *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 34,03% telah melampaui batas minimum 11% untuk kategori pabrik dengan risiko rendah. Di sisi lain, *Pay*

Out Time (POT) sebelum pajak sebesar 1,9 tahun menunjukkan periode pengembalian modal yang relatif cepat dan masih berada di bawah batas maksimum 5 tahun. Nilai *Break Even Point* (BEP) sebesar 56,39% juga berada dalam kisaran ideal 40%–60%, sementara *Shut Down Point* (SDP) sebesar 24,35% mencerminkan efisiensi dalam pengendalian biaya operasional. Selain itu, *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 28,29% yang jauh melebihi suku bunga minimum sebesar 7,13% semakin menguatkan kelayakan investasi. Secara keseluruhan, seluruh indikator ekonomi tersebut menunjukkan bahwa pabrik etil akrilat ini layak untuk direalisasikan.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan perancangan pabrik etil akrilat dengan kapasitas 45.000 ton/tahun, baik dari aspek teknis maupun ekonomi, adalah sebagai berikut:

1. Pendirian pabrik etil akrilat dengan kapasitas 45.000 ton/tahun ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan domestik, mengurangi ketergantungan terhadap impor, membuka peluang kerja, serta meningkatkan perekonomian nasional.
2. Prarancangan pabrik yang menggunakan bahan baku asam akrilat dan etanol ini termasuk dalam kategori pabrik berisiko rendah (*low risk*), ditinjau dari aspek proses, kondisi operasi, sifat bahan baku dan produk, serta regulasi yang berlaku.
3. Pabrik direncanakan berlokasi di Cilegon, Banten dengan luas lahan sekitar 17.424 m^2 dan jumlah tenaga kerja sebanyak 142 orang.
4. Berdasarkan analisis ekonomi, pabrik ini dinilai cukup layak dan menguntungkan untuk didirikan. Beberapa parameter utama yang mendukung kelayakan proyek ini antara lain: *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 34,03% dan setelah pajak sebesar 25,53%; *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 1,9 tahun dan setelah pajak 2,2 tahun; *Break*

Even Point (BEP) sebesar 56,39%; *Shut Down Point* (SDP) sebesar 24,35%; serta *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) mencapai 28,29%.

7.2 Saran

Perancangan pabrik kimia menuntut pemahaman terhadap prinsip-prinsip fundamental yang berperan dalam menentukan kelayakan pendirian pabrik, di antaranya sebagai berikut:

a. Diperlukan optimasi dalam pemilihan peralatan utama, peralatan pendukung, serta bahan baku agar keuntungan yang diperoleh dapat dimaksimalkan.
b. Perancangan pabrik kimia tidak terlepas dari potensi terbentuknya limbah, sehingga perlu pengembangan pabrik yang lebih berwawasan lingkungan.
c. Dalam perancangan pabrik kimia dibutuhkan pemahaman yang baik dengan dukungan berbagai referensi serta kajian yang berkaitan dengan dasar-dasar pendirian pabrik. Dengan mempelajari konsep-konsep tersebut secara lebih mendalam, diharapkan produk etil akrilat dapat diproduksi untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun ekspor di masa depan yang terus meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

Aries, R. a. (1955). *Chemical Engineering Cost Estimation, Mc* . New York : Co., Inc.

B. Lee, L. J. (2005). “Patent Application Publication (10). *Pub . No .: US 2005 / 0034197 A1,” US 2005/0107629 A1*.

Brown, T. L. (2022). *Industrial Organic Chemistry: Catalytic Processes in Esterification.* Academic Press.

Corp., M. C. (1984). *Chemical products synopsis: Ethyl Acrylate.* Mannsville: Mannsville Chemical Products Corp.

Hershberger, B. L., Kammerzell, L. J., & VanArdale, a. W. (2005). “Method For Producing Ethyl Acrylate,” . *US 2005/0107629A1*.

Howard, G., & Bartram., J. (2003). *Domestic water quantity, service level and health.* Geneva: World Health Organization.

Jyoti, G. K. (2016).). Experimental and kinetic study of esterification of acrylic acid with ethanol using homogeneous catalyst. *International Journal of Chemical* .

Mackay, D. S. (2006). *Handbook of physical-chemical properties and environmental fate for organic chemicals (Vol. I–IV).* CRC Press.

Mike. (2026, April). *Ethy; Acrylate Price Index*. Retrieved from Ethyl Acrylate Price Index:

https://businessanalytiq.com/procurementanalytics/index/ethyl-acrylate-price-index/

Miller, R. K. (2022). *Monomers, Polymers, and Composites: Acrylic Derivatives.* CRC Press.

Patel, H. (2021). *Acrylic Resins: Synthesis and Industrial Applications.* Elsevier Science.

Perry, R. H. (2008). *Perry's Chemical Engineers' Handbook (8th ed.).* McGraw-Hill.

Safety, G. C. (2023). *Safety Data Sheets and Handling of Volatile Esters.* International Standards Press.

Smith, J. M. (2021). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 9th ed.* McGraw-Hill Education.

Thota, S. T. (2026, April 21). *Ethyl Acrylate Market SIze, Share, Industry, Forecast, and outlook (2026-2033)*. Retrieved from Ethyl Acrylate market Size, Share, Growth Insights 2026-2033: https://www.datamintelligence.com/research-report/ethyl-acrylate-market

Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook.* NewYork: Mc Graw Hill Book Co.

LAMPIRAN A

PERANCANGAN REAKTOR

PERANCANGAN REAKTOR

Kode : R-01

Fase : Cair-cair

Fungsi : Mereaksikan asam akrilat dan etanol dengan katalis asam sulfat untuk menghasilkan etil akrilat

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan jaket pendingin

Bahan : *Stainless Steel Grade 316*

Bentuk : Tangki Silinder

Kondisi Operasi : T : 70 °C

P : 1 atm

A. Neraca Massa Reaktor

Komponen	**BM**	**Kmol/jam**	**Kg/jam**
C_2H_5OH	46	67.6407	3111.4719
H_2SO_4	98	2.4981	244.8132
$C_3H_4O_2$	72	67.6407	4870.1299
H_2O	18	10.2130	183.8341
C_5H8O_2	100	0.0113	1.1318
TOTAL		**148.0038**	**8411.3808**

B. Densitas

Densitas komponen pada suhu 70 °C / 343,15

Komponen	Densitas (kg/m3)	*Input* (kg/jam)	Fraksi Massa	ρL campuran (kg/m3)
C_2H_5OH	743.288	3111.4719	0.3699	274.9513
H_2SO_4	1785.339	244.8132	0.0291	51.9623
$C_3H_4O_2$	993.779	4870.1299	0.5790	575.3910
H_2O	974.536	183.8341	0.0219	21.2989
C_5H8O_2	867.876	1.1318	0.0001	0.1168
TOTAL		**8411.3808**	**1.0000**	**923.7202**

C. Viskositas

Komponen	*Input* (kg/jam)	fraksi massa	μ	μ * xi
C_2H_5OH	3111.4719	0.3699	0.498	0.184
H_2SO_4	244.8132	0.0291	6.850	0.199
$C_3H_4O_2$	4870.1299	0.5790	0.559	0.324
H_2O	183.8341	0.0219	0.408	0.009
C_5H8O_2	1.1318	0.0001	0.348	0.000
Total	**8411.3808**	**1.0000**	**8.6630**	**0.7162**

Reaksi :

$$C_3H_4O_{2(I)} + C_2H_5OH_{(I)} \leftrightharpoons C_5H_8O_{2(I)} + H_2O_{(I)}$$

D. Design Equation

1. Menghitung Kecepatan Alir Volumetrik

$$Fv = \frac{massa\ umpan}{\rho\ campuran}$$

$$Fv = 9{,}10598\ \text{m}^3/\text{jam}$$

$$Fv = 9105{,}98\ L/\text{jam}$$

2. Menghitung Konsentrasi

$$\boldsymbol{C_{ao} = \frac{n_a}{F_a}}$$

Total umpan mula-mula Cao = 7,4281 kmol/m^3

$$\boldsymbol{C_{bo} = \frac{n_b}{F_b}}$$

Total umpan mula-mula Cbo = 7,4281 kmol/m^3

$$\boldsymbol{C_{co} = \frac{n_c}{F_c}}$$

Total umpan mula-mula Cco = 0,2743 kmol/m^3

$$C_a = C_{ao}\ x\ (1 - X)$$

Total umpan mula-mula Ca = 1,1885 kmol/m^3

$$C_b = C_{bo}(1 - Xa)$$

Total umpan mula-mula Ca = 1,1885 kmol/m^3

3. Menentukan Volume Reaktor

$$C_{A0}\frac{dX_A}{dt} = K_1 C_c C_{A0}^2 \left[(1 - X_A)^2 - \frac{X_A^2}{K_{eq}}\right]$$ = 0,7839 m^3

4. Menghitung Dimensi Reaktor

Perancangan reaktor dibuat dengan faktor keamanan sebesar 20% sehingga volume reaktor menjadi

Volume reaktor = 1,2 x 0,7839 m^3

Volume reaktor = 0,9407 m^3

Reaktor berbentuk silinder vertical terdiri dari dinding (*shell*) dan tutup atas serta bawah (*Head*) yang berbentuk *torispherical*.

Ditetapkan: D = H

Dimana:

D = Diameter reaktor

H = Tinggi reaktor

Volume Head Torispherical = 0,000049 dm^3

Dipilih perbandingan D : H = 1 : 1 , sehingga:

V reaktor total = Volume silinder + 2 Volume *Head*

Volume *Head* = 0,0001 m^3

V reaktor total = 0,9408 m^3

5. Menghitung ketinggian cairan dalam reaktor

Vcairan di *shell* = V*shell* – V*bottom*

V *Shell* = 0,9407 m^3

V *Bottom* = 0.0001 m^3

V cairan di *Shell* = 0,9406 m^3

H cairan (h *shell*) = 1.0621 m

6. Menghitung Tebal Dinding Reaktor

ts = Tebal *shell* (in)

P = Tekanan dalam tangki (psia)

F = *Allowable stress* (18.750 psi)

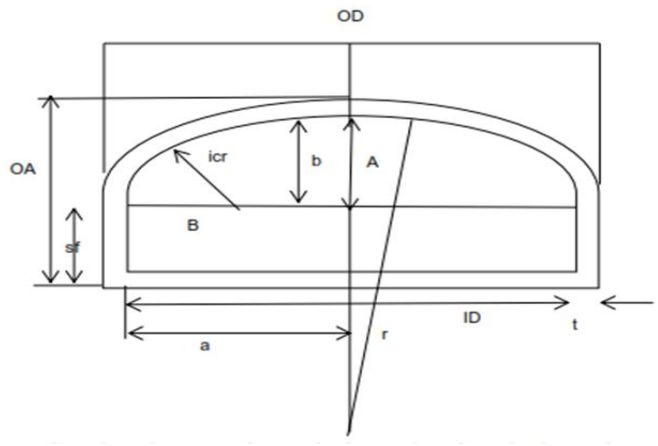
Ri = Jari-jari dalam *storage* (in)

E = Efisiensi pengelasan (80%(*double welded butt joint*))

C = Faktor korosi (0,125 in)

Dari hasil perhitungan diperoleh tebal *shell* adalah 0,127 in, sehingga tebal *shell* standar = 0,188 in.

7. Perancangan Dimensi *Head*



t = Tebal *Head* (in)

icr = *Inside corner radius* (in)

r = *Radius of dish* (in)

OD = *Outside* diameter (in)

ID = *Inside* diameter (in)

b = *Dept of dish* (in)

OA = *Overall dimension* (in)

Sf = *Straight flange*

Menghitung Tebal *Head* :

ts = 0,188 in

icr = 0.5625 in

r = 48 in

OD = 42 in

ID = 41,625 in

P = 22,73 psi

w = 1,75 in

th = 0,189 in

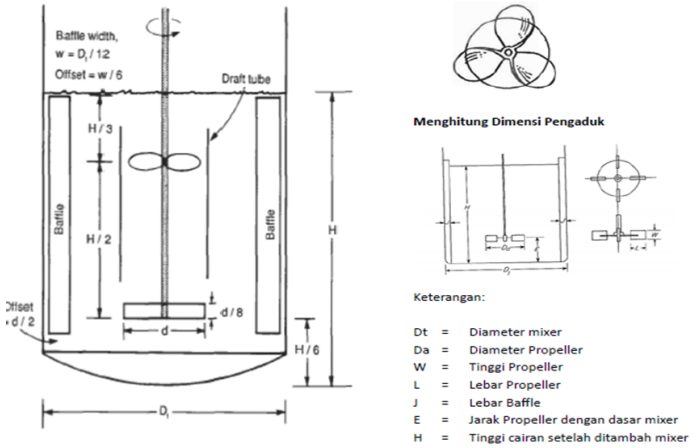
sf = 2 in

b = 5,1018 in

Diperoleh dari persamaan persamaan 5.6 *Brownell and Young*, 1959. Diperoleh nilai tebal *Head* dan *bottom* dari perhitungan sebesar 0,189 in, sehingga tebal *Head* standar = 0,189 in. Dari tabel 5.6 *Brownell* dengan tebal *Head* 0,188 in didapatkan sf = 1,5 – 2 in, digunakan nilai sf 2 in. Sehingga tinggi *Head* yang diperoleh adalah H *Head* = sf + b + th = 7,290 in, tinggi total reaktor = 2.H *Head* + H *shell* = 1,4325 m

8. Menghitung Dimensi Pengaduk

Jenis pengaduk yang digunakan adalah *flat six blade turbine*, *Impeller* jenis ini digunakan pada kecepatan tinggi pada cairan yang mempunyai viskositas sedang dan tidak terlalu kental.



Keterangan

Dt	= 1,0668 m
Diameter *Propeller* (Da)	= 0,356 m
Panjang *Propeller* dari Dasar (E)	= 0,356 m
Lebar *Propeller* (L)	= 0,0889 m
Lebar *Baffle* (L)	= 0,089 m
Tinggi *Propeller* (W)	= 0,071 m
Tinggi Cairan (H)	= 1,173 m
Jumlah *Baffle*	= 4 buah
Jumlah Pengaduk	= 1 buah

9. Menghitung Power Pengaduk

a. *Specific Grafity*

sg = 0,948

WELH = 1,007

Jumlah putaran (N) = 434,74 rpm = 7,25 rps

b. Menghitung *Power* Pengaduk

Power Number (NP) = 7

ρ = 923,728 kg/m^3 = 0,924 g/cm^3

Ni = 7,246 rps

Di = 35,560 cm

gc = 9,8 m/s

Pa = 14.270.951.619,70 g.cm^2/s^3

P = Efisiensi /Pa

P = 82%/Pa

P Standar = 3 HP

10. Jaket Pendingin

a. Neraca Total Panas Reaktor

Komponen	**Masuk**	**Keluar**
	ΔH *in* (kJ/jam)	**ΔH *out* (kJ/jam)**
C_2H_5OH	407556,8182	65209,09091
H_2SO_4	20025,81876	20025,8188
$C_3H_4O_2$	410002,7056	65600,4329

H_2O	33452,49169	219559,3099
C_5H8O_2	871037,8343	426518,1818
H Reaksi	-	4088998,956
Q Pemanas	3143836,122	-
TOTAL	**4885911,791**	**4885911,791**

a. Menghitung Δ*T*LMTD

Perbedaan tempratur logaritmik rata-rata adalah

Suhu fluida panas reaktor = 70 ºC = 158 F

Suhu fluida dingin masuk = 30 ºC = 86 F

Suhu fluida dingin keluar = 45 ºC = 113 F

Fluida Panas	**Suhu (F)**	**Fluida Dingin**
158,0	(T1) Suhu tinggi (t2)	113,00
158,00	(T2) Suhu rendah (t1)	86,00

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)}$$

Δ*T*LMTD = 57,45 F

Berdasarkan Tabel 8 Hal. 840, *Kern*, nilai UD untuk fluida panas *Light Organic* dan fluida dingin *Water* adalah :

Ud : 150,00 Btu/hr.ft^2.F

b. Heat Transfer Area

$$A = \frac{Q}{U_D \; x \; \Delta T_{LMTD}}$$

A = 345,353 ft^2

c. Jaket Pendingin

Spesifikasi Jaket Pendingin		
Tinggi	1,4267	m
Diameter	46	m
Luas Selimut	41,1676	ft^2

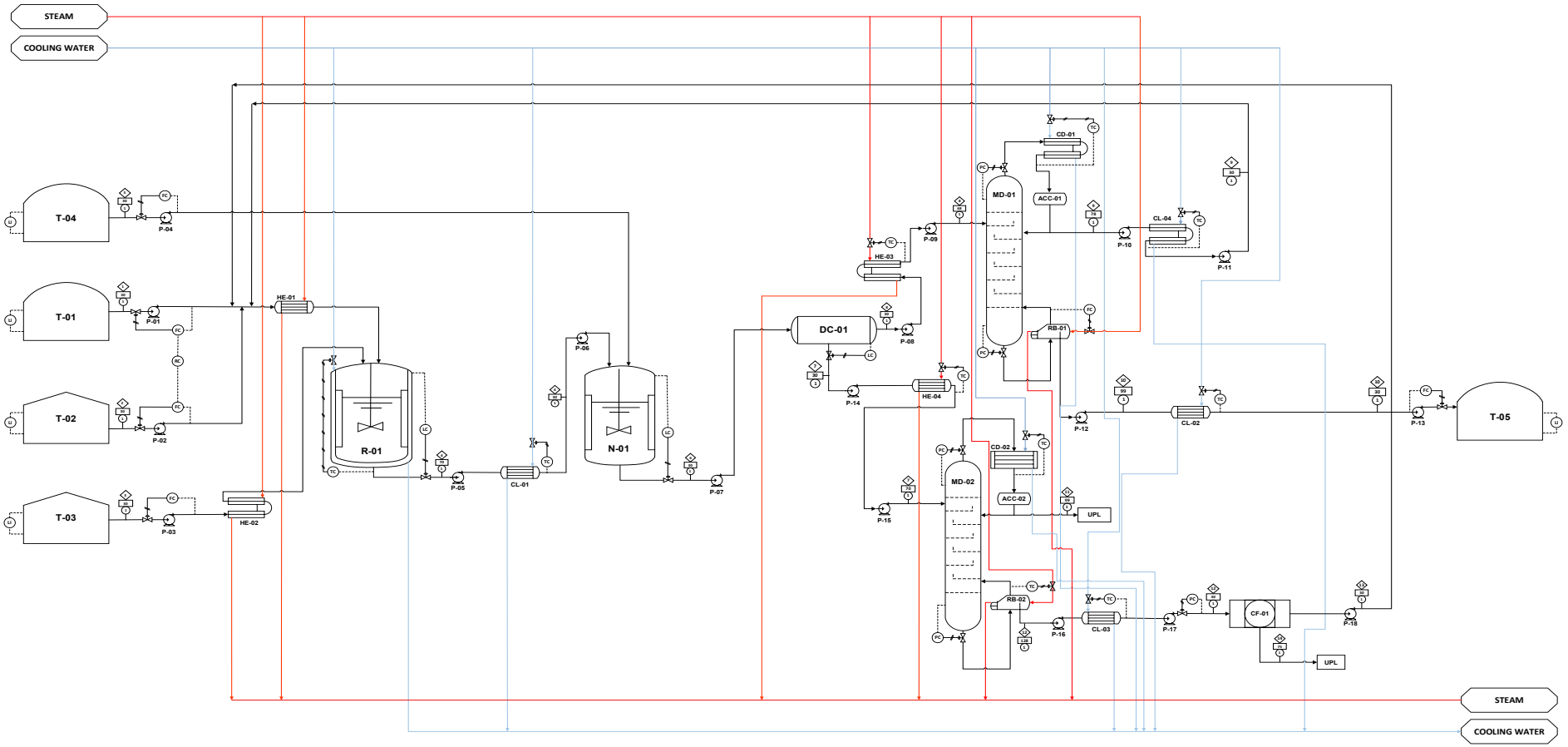
LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRARANCANGAN PABRIK ETIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN ETANOL

KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN



Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
C_2H_5OH	2714,8695			497,8355		497,8355	99,2402	398,5953	396,6023	1,9930	99,2402			
$C_3H_8O_2$				5710,1138		5710,1138	22,6949	5687,4189	28,3013	5631,95382	22,6949			
H_2O	129,6447	41,6283	4,9962	1206,5614	216,5015	1512,9942	1512,9942				1505,4292	7,5650	7,5650	
$C_3H_4O_2$		4094,8052		779,2208		779,2208	779,2208				3,8961	775,3247	775,3247	
H_2SO_4			244,8132	244,8132										
NaOH					199,8475									
Na_2SO_4						354,7293	354,7293					354,7293		354,7293
Total	**2844,5142**	**4136,4335**	**249,8094**	**8438,5446**	**416,3490**	**8854,8936**	**2768,8794**	**6086,0142**	**424,9036**	**5633,9468**	**1631,2604**	**1137,6190**	**782,8896**	**354,7293**

Keterangan Alat	
P	Pompa
T	Tangki
M	*Mixer*
R	Reaktor
N	*Netralizer*
DC	*Decanter*
MD	Menara Distilasi
EV	*Evaporator*
CD	*Condensor*
RB	*Reboiler*
ACC	*Accumulator*
HE	*Heater*
CL	*Cooler*
UPL	Unit Pengolahan Limbah

Keterangan Simbol	
	Nomor Arus
	Suhu (°C)
	Tekanan (atm)
	Control Valve
	Arus Sinyal *Pneumatic*
	Arus Sinyal Listrik
	Arus Proses
	Arus *Steam*
	Arus *Cooling Water*
Keterangan Instrumen	
FC	*Flow Control*
LC	*Level Control*
RC	*Ratio Control*
TC	*Temperature Control*
PC	*Pressure Control*

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK ETIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN ETANOL KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :
1. Alfina Rahmanda Wijaksono (22521064)
2. Annis Syarifatul Rhamdhini (22521069)

Dosen Pembimbing :
Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

Nama : **ALFINA RAHMANDA WIJAKSONO**
Nomor Mahasiswa : 22521064
Nama : **ANNIS SYARIFATUL RHAMDHINI**
Nomor Mahasiswa : 22521069

Judul (Bahasa Indonesia):
Prarancangan Pabrik Etil Akrilat dari Asam Akrilat dan Etanol

Judul (Bahasa Inggris) :
Prarancangan Pabrik Etil Akrilat dari Asam Akrilat dan Etanol

Mulai Masa Bimbingan : 15 September 2025
Batas Akhir Bimbingan : 28 April 2026

No	Tanggal	Luaran	Uraian
1	27 Oktober 2025 - 3 November 2025	Luaran-1	Kapasitas Produksi Etil Akrilat dari Asam Akrilat dan Etilena
2	10 Desember 2025 - 17 Desember 2025	Luaran-2	Kapasitas Produksi dan Pemilihan Proses Etil Akrilat dari Asam Akrilat dan Etanol
3	17 Desember 2025 - 17 Desember 2025	Luaran-3	Penentuan Spesifikasi Bahan Etil Akrilat dari Asam Akrilat dan Etanol
4	21 Februari 2026 - 21 Februari 2026	Luaran-4	Diagram Alir Kualitatif
5	21 Februari 2026 - 21 Februari 2026	Luaran-5	Neraca Massa Etil Akrilat dari Asam Akrilat dan Etanol
6	21 Februari 2026 - 21 Februari 2026	Luaran-6	Perhitungan Reaktor
7	28 April 2026 - 28 April 2026	Luaran-7	Perancangan Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung
8	28 April 2026 - 28 April 2026	Luaran-8	Process Engineering Flow Diagram
9	28 April 2026 - 28 April 2026	Luaran-9	Alat Penyimpanan Bahan
10	28 April 2026 - 28 April 2026	Luaran-10	Alat Transportasi Bahan
11	28 April 2026 - 28 April 2026	Luaran-11	Alat Penukar Panas
12	28 April 2026 - 28 April 2026	Luaran-12	Neraca Panas
13	28 April 2026 - 28 April 2026	Luaran-13	Lokasi Pabrik dan Struktur Organisasi
14	28 April 2026 - 28 April 2026	Luaran-14	Unit Utilitas
15	28 April 2026 - 28 April 2026	Luaran-15	Evaluasi Ekonomi
16	28 April 2026 - 28 April 2026	Luaran-16	Naskah

Yogyakarta, 7 Mei 2026



Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng., Dr.
NIK 165210101