

**PRARANCANGAN PABRIK 2-ETILHEKSIL AKRILAT DARI ASAM
AKRILAT DAN 2-ETILHEKSANOL KAPASITAS 46.000 TON/TAHUN**

(Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201))

(SKRIPSI)

Oleh

RIDHA RAHMAWATI (2115041113)



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2026

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK 2-ETILHEKSIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN 2-ETIL HEKSANOL KAPASITAS 46.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor (RE-201))

Oleh

RIDHA RAHMAWATI

2-Etilheksil Akrilat ($C_{11}H_{20}O_2$) merupakan salah satu ester dari Asam Akrilat yang berfungsi sebagai bahan baku perekat, pelarut dalam industri cat, pelapis, industri tekstil, dan tinta printer. 2-Etilheksil Akrilat dapat diproduksi dengan 3 jenis proses reaksi yaitu Esterifikasi Berkatalis Cair, Esterifikasi Berkatalis Padat, dan Distilasi Reaktif. Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik berupa unit penyediaan dan pengolahan air, penyediaan dan pengolahan refrigerasi, penyedia hot oil, penyedia udara instrument, pembangkit dan pendistribusian listrik, dan pengolahan limbah. Pabrik ini akan memproduksi 2-Etilheksil Akrilat dari bahan dasar Asam Akrilat dan 2-Etilheksanol dengan kapasitas 46.000 ton/tahun. Operasional pabrik direncanakan berlangsung secara berkelanjutan selama 330 hari per tahun dan berlokasi di Kota Cilegon, Banten.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

Fixed Capital Investment (FCI)	= Rp 3.843.428.092.889
Working Capital Investment (WCI)	= Rp 427.047.565.877
Total Capital Investment (TCI)	= Rp 4.270.475.658.766
Break Even Point (BEP)	= 40%
Shut Down Point (SDP)	= 20%
Pay Out Time before taxes (POT) ^b	= 1,915 tahun
Pay Out Time after taxes (POT) ^a	= 2,285 tahun
Return on Investment before taxes (ROI) ^b	= 38%
Return on Investment after taxes (ROI) ^a	= 30%
Discounted Cash Flow (DCF)	= 38,30%

Berdasarkan beberapa paparan di atas, maka pendirian pabrik 2-Etilheksil Akrilat ini layak untuk dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dari sisi ekonomi dan mempunyai prospek yang relatif cukup baik.

ABSTRACT

PRELIMINARY DESIGN OF 2-ETHYLHEXYL ACRYLATE PLANT FROM ACRYLIC ACID AND 2-ETHYLHEXANOL WITH 46,000 TONNES/YEAR CAPACITY

(Design of Reactor (RE-201))

By

RIDHA RAHMAWATI

2-ethylhexyl acrylate ($C_{11}H_{20}O_2$) is one of the esters of acrylic acid which functions as a raw material for adhesives, solvents in the paint industry, coatings, textile industry, and printer ink. 2-Ethylhexyl acrylate can be produced through three types of reaction processes, namely liquid-catalyzed esterification, solid-catalyzed esterification, and reactive distillation. The provision of plant utilities includes water supply and treatment units, refrigeration supply and processing systems, hot oil supply units, instrument air supply units, power generation and distribution systems, and waste treatment facilities. This plant is designed to produce 2-ethylhexyl acrylate from acrylic acid and 2-ethylhexanol with a capacity of 46,000 tons per year. The plant is planned to operate continuously for 330 days per year and will be located in Cilegon City, Banten Province.

From the economic analysis, it was found:

Fixed Capital Investment (FCI)	= Rp 3.843.428.092.889
Working Capital Investment (WCI)	= Rp 427.047.565.877
Total Capital Investment (TCI)	= Rp 4.270.475.658.766
Break Even Point (BEP)	= 40%
Shut Down Point (SDP)	= 20%
Pay Out Time before taxes (POT) ^b	= 1,915 years
Pay Out Time after taxes (POT) ^a	= 2,285 years
Return on Investment before taxes (ROI) ^b	= 38%
Return on Investment after taxes (ROI) ^a	= 30%
Discounted Cash Flow (DCF)	= 38,30%

Based on the explanations presented above, the establishment of this 2-ethylhexyl acrylate plant is feasible to be further studied, as it is economically profitable and has relatively good prospects.

**PRARANCANGAN PABRIK 2-ETILHEKSIL AKRILAT
DARI ASAM AKRILAT DAN 2-ETILHEKSANOL
KAPASITAS 46.000 TON/TAHUN**

**Tugas Khusus
Perancangan Reaktor – 201 (RE-201)**

Oleh

**RIDHA RAHMAWATI
2115041113**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2026

LEMBAR PENGESAHAN**Judul Skripsi**

**: PRARANCANGAN PABRIK 2-ETILHEKSIL
AKRILAT DARI ASAM AKRILAT DAN 2-
ETILHEKSANOL KAPASITAS 46.000
TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor (RE-201))**

Nama Mahasiswa**: Ridha Rahmawati****No. Pokok Mahasiswa****: 2115041113****Program Studi****: Teknik Kimia****Fakultas****: Teknik**

Dr. Elida Purba, S.T., M. Sc.
NIP. 196809021997022005

Lia Lismeri, S.T., M.T.
NIP. 198503122008122004

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Yuli Darni, S.T., M.T.

NIP. 197407122000032001

MENGESAHKAN**1. Tim Penguji**

Ketua

: Dr. Elida Purba, S.T., M. Sc.

Sekretaris

: Lia Lismeri, S.T., M.T.

Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Heri Rustamaji, S.T., M. Eng.

Donny Lesmana, S.T., M.Sc.

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.

NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 Januari 2026

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 12 Februari 2026



STAMPAN BIRU RUPAH
10000
METERAI
TEMPEL
E2D3CANX283366977

Ridha Rahmawati

NPM. 2115041113

RIWAYAT HIDUP



Ridha Rahmawati, penulis dilahirkan di Kalirejo, pada tanggal 6 Agustus 2003, sebagai anak kedua dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Sarbidi dan Ibu Nurbaeti Arianti. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Kalirejo diselesaikan pada tahun 2015, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Kalirejo diselesaikan pada tahun 2018, dan SMA Negeri 1 Gadingrejo diselesaikan pada tahun 2021.

Pada tahun 2021, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) tahun 2021. Pada tahun 2024, penulis melakukan Kerja Praktek di PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. , Ciutereup, Bogor dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *Suspension Preheater* dan *Rotary Kiln* Pada Unit *Kiln Plant* 14 PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Ciutereup, Bogor”. Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Komposisi *Sodium Alginate* (SA) dan Sorbitol Terhadap Karakteristik Film Hidrogel Berbasis *Hydroxypropyl Methylcellulose* (HPMC) Menggunakan Metode *Freeze-Thaw*” di Laboratorium Kimia Terapan Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Selama kuliah penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan diantaranya sebagai Staff Departemen Hubungan Luar HIMATEMIA Fakultas Teknik Universitas Lampung tahun 2022 dan menjadi Sekretaris Departemen Hubungan Luar HIMATEMIA Fakultas Teknik Universitas Lampung tahun 2023.

Motto dan Persembahan

“Dream Big, Stay Humble, Move Relentlessly.”

“Setiap langkah kecil hari ini adalah fondasi bagi pencapaian besar di masa depan. Jangan takut berjalan pelan, takutlah jika berhenti.”

“Jadilah baik, sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang
berbuat baik”

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan
kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah : 195 & 256)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.

Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah : 5-6)

“Just be yourself, there is no one better.”

(Taylor Swift)

Sebuah Karyaku

Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT
kupersembahkan tugas akhir ini kepada:

Ayah dan Ibu

Terimakasih atas segala kasih sayang, kepercayaan, dan doa yang
tidak pernah putus, serta pengorbanan yang tidak terhitung nilainya.
Terimakasih atas semua dukungan yang selalu diberikan kepada
penulis.

Kakak, Adik-adik, dan Seluruh keluargaku tercinta
Terimakasih atas dukungan yang diberikan selama ini.

Sahabat-sahabatku,
Terimakasih sudah selalu setia menemani penulis dalam keadaan suka
dan duka.

Para pengajar sebagai tanda hormatku,
Terima kasih atas segala ilmu yang telah diberikan.

Diri Sendiri
Terimakasih telah memutuskan untuk tetap berjuang dan tidak
menyerah, selalu percaya bahwa semua akan berakhir pada waktunya.

Dan tak lupa kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta,
Universitas Lampung

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini dengan judul “Prarancangan Pabrik 2-Etilheksil Akrilat dari Asam Akrilat dan 2-Etilheksanol Kapasitas 46.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas karunia-Nya dalam menyelesaikan tugas akhiri ini.
2. Ayah Sarbidi dan Ibu Nurbaeti Arianti selaku orang tua penulis yang selalu memberikan doa, nasihat, dan dukungan tanpa lelah kepada penulis. Tanpa doa, kerja keras, dan perjuangan Ayan Ibu, penulis tidak akan mampu mencapai tahap ini. Semoga segala kebaikan, pengorbanan, dan ketulusan yang telah diberikan mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT.
3. Kakak Arief Renaldi Wiwaha, S.T., Adik-adikku, Fitria Nayla Syaki, Hafsa Nathania Syaki dan seluruh keluarga tercinta yang telah memberikan doa, dukungan, dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ahmad Herison, S.T. M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Ibu Yuli Darni, S.T. M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
6. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M. Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa meluangkan waktunya untuk meberikan ilmu, dukungan dan saran untuk penyelesaian Tugas akhir ini. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
7. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II serta Dosen Pembimbing Penelitian dan Dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa meluangkan waktunya untuk meberikan ilmu, saran, masukan, dan bimbingan

selama penyelesaian Tugas Akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.

8. Bapak Dr. Heri Rustamaji, S.T., M. Eng. sebagai Dosen Penguji I atas semua ilmu, saran, kritik dan telah menuntun untuk berfikir dengan benar.
9. Bapak Donny Lesmana, S.T., M.Sc. sebagai Dosen Penguji II, yang telah memberikan saran dan kritik.
10. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
11. Halima Sahara Oktavia, S.T. selaku partner Tugas Akhir dan Penelitian. Terimakasih telah menjadi partner terbaik dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini. Terimakasih atas kerja samanya, kesabaran, serta semangat dalam suka duka pengerjaan Tugas Akhir ini.
12. Teruntuk diri saya sendiri Ridha Rahmawati, S.T., terimakasih sudah bertahan dan berjuang sejauh ini, bukan hal yang mudah melewati perjalanan panjang ini. *Proud of myself*.
13. Keluarga Cemaraku, Sara, Dyta, Bila, Winta, Thia, Nisa, Zaky, Eggi, Thirta, Aldi, Gusti, Dyka. Terima kasih telah menjadi teman terbaik di masa perkuliahan ini.
14. Teman-teman angkatan 2021, teman-teman seangkatan yang tidak saya sebutkan namanya namun masing-masing punya andil yang berarti untuk selesainya masa kuliah penulis. Terima kasih untuk dukungan yang selalu diberikan, menjadi tempat bertanya, tempat bercerita dan tempat bercanda. Semoga kita semua bisa menjadi orang yang sukses.

Bandar Lampung, Februari 2026

Penulis,

Ridha Rahmawati

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kegunaan Produk	2
1.3 Ketersediaan Bahan Baku.....	3
1.4 Analisis Pasar	5
1.4.1 Kapasitas Berdasarkan Nilai Ekspor dan Impor	5
1.4.2 Kapasitas Berdasarkan Kebutuhan Dalam dan Luar Negeri.....	7
1.5 Lokasi Pabrik.....	11
BAB II	15
DESKRIPSI PROSES.....	15
2.1 Jenis-jenis Proses.....	15
2.1.1 Proses Esterifikasi Berkatalis Cair	15
2.1.2 Proses Esterifikasi Berkatalis Padat	16
2.1.3 Proses Distilasi Reaktif	17
2.2 Pemilihan Proses.....	21
2.2.1 Tinjauan Ekonomi	21
2.2.2 Tinjauan Termodinamika Berdasarkan Perubahan Entalpi.....	26
2.2.3 Tinjauan Termodinamika Berdasarkan Energi Gibbs	29
2.3 Tinjauan Kinetika.....	32
2.4 Uraian Proses	33

2.4.1 Tahap Persiapan Bahan Baku.....	33
2.4.2 Tahap Pembentukan Produk	33
2.4.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk.....	34
BAB III.....	36
SPESIFIKASI BAHAN DAN PRODUK	36
3.1 Bahan Baku.....	36
3.2 Produk	38
BAB IV	39
NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI	39
4.1 Neraca Massa.....	39
4.1.1 Mixing Point (MP-101).....	39
4.1.2 Reaktor (RE-201)	40
4.1.3 Reaktor (RE-202)	41
4.1.4 Neutralizer (N-201).....	41
4.1.5 Dekanter (DE-301).....	42
4.1.6 Menara Distilasi (MD-301).....	42
4.1.7 Condenser (CD-301)	43
4.1.8 Reboiler (RB-301).....	44
4.1.9 Menara Distilasi (MD-302).....	44
4.1.10 Condenser (CD-302)	45
4.1.11 Reboiler (RB-302).....	45
4.1.12 Menara Distilasi (MD-303).....	46
4.1.13 Condenser (CD-303)	46
4.1.14 Reboiler (RB-303).....	47
4.2 Neraca Energi	47
4.2.1 Mixing Point (MP-101).....	47
4.2.2 Heater (H-101)	48
4.2.3 Reaktor (RE-201).....	48
4.2.4 Reaktor (RE-202)	49
4.2.5 Expansion Valve (V-201)	49
4.2.6 Cooler (CO-201)	50
4.2.7 Neutralizer (N-201).....	50

4.2.8 Dekanter (DE-301).....	51
4.2.9 Heat Exchanger (HE-301).....	51
4.2.10 Heater (H-301)	52
4.2.11 Menara Distilasi (MD-301).....	52
4.2.12 Menara Distilasi (MD-302).....	53
4.2.13 Menara Distilasi (MD-303).....	53
4.2.14 Cooler (CO-301)	54
BAB V.....	55
SPESIFIKASI PERALATAN PROSES	55
BAB VI.....	83
UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH.....	83
6.1 Unit Penyediaan air	83
6.2 Unit Penyediaan Fluida Pemanas	96
6.3 Unit Pembangkit Tenaga Listrik.....	96
6.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar	96
6.5 Unit Penyediaan Udara Instrumentasi	97
6.6 Unit Pengolahan Limbah	97
6.7 Unit Laboratorium	99
6.8 Instrumentasi dan Pengendalian Proses.....	101
BAB VII	104
TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK.....	104
7.1 Lokasi Pabrik	104
7.2 Tata Letak Pabrik.....	101
7.3 Estimasi Area Pabrik	103
BAB VIII.....	106
MANAJEMEN DAN ORGANISASI	106
8.1 Bentuk Perusahaan	106
8.2 Struktur Organisasi Perusahaan.....	108
8.3 Tugas Dan Wewenang.....	111
8.4 Status Karyawan Dan Sistem Penggajian.....	114
8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	114
8.6 Penggolongan Jabatan Dan Jumlah Karyawan.....	116

8.7	Kesejahteraan Karyawan	119
8.8	Jaminan Sosial Tenaga Kerja (JAMSOSTEK).....	119
BAB IX.....		122
INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI		122
9.1	Investasi	122
9.2	Evaluasi Ekonomi	126
9.3	Angsuran Pinjaman	129
9.4	<i>Discounted Cash Flow</i> (DCF).....	129
DAFTAR PUSTAKA		132
LAMPIRAN A		
LAMPIRAN B		
LAMPIRAN C		
LAMPIRAN D		
LAMPIRAN E		
LAMPIRAN F		

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Pemasok bahan baku asam akrilat	3
Tabel 1. 2 Penyedia bahan baku 2-etil heksanol.....	4
Tabel 1. 3 Pemasok katalis asam sulfat	4
Tabel 1. 4 Pemasok bahan baku natrium hidroksida	4
Tabel 1. 5 Pabrik Produksi 2-Etilheksil Akrilat di Dunia	5
Tabel 1. 6 Data impor dan ekspor acrylic esters di Indonesia	6
Tabel 1. 7 Pabrik Cat di Indonesia.....	7
Tabel 1. 8 Pabrik Perekat di Indonesia	8
Tabel 1. 9 Data ekspor dan impor 2-etilheksil akrilat di India	8
Tabel 1. 10 Data ekspor dan impor 2-etilheksil akrilat di Vietnam	9
Tabel 1. 11 Data ekspor dan impor 2-etilheksil akrilat di Thailand.....	9
Tabel 1. 12 Kondisi Geografis Daerah Cilegon, Banten	14
Tabel 2. 1 Perbandingan proses produksi 2-etilheksil akrilat.....	19
Tabel 2. 2 Perbandingan Jenis Reaktor.....	20
Tabel 2. 3 Harga Bahan Baku dan Produk pada Proses Esterifikasi Berkatalis Cair.....	22
Tabel 2. 4 Harga Bahan Baku dan Produk pada Proses Esterifikasi Berkatalis Padat.....	24
Tabel 2. 5 Harga Bahan Baku dan Produk pada Proses Distilasi Reaktif	26
Tabel 2. 6 Perubahan Entalpi Standar pada T 298,15 K.....	27
Tabel 2. 7 Konstanta Heat Capacity (CPo) Reaktan dan Produk	27
Tabel 2. 8 Perubahan Energi Gibbs Standar	30
Tabel 2. 9 Perbandingan Proses.....	31

Tabel 4. 1 Neraca Massa di Mixing Point (MP-101).....	40
Tabel 4. 2 Neraca Massa di Reaktor 1 (RE-201).....	40
Tabel 4. 3 Neraca Massa di Reaktor 2 (RE-202).....	41
Tabel 4. 4 Neraca Massa di Neutralizer (N-201).....	41
Tabel 4. 5 Neraca Massa di Dekanter (DE-301).....	42
Tabel 4. 6 Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-301).....	42
Tabel 4. 7 Neraca Massa Condenser (CD-301)	43
Tabel 4. 8 Neraca Massa Reboiler (RB-301).....	44
Tabel 4. 9 Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-302).....	44
Tabel 4. 10 Neraca Massa Condenser (CD-302)	45
Tabel 4. 11 Neraca Massa Reboiler (RB-302).....	45
Tabel 4. 12 Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-303).....	46
Tabel 4. 13 Neraca Massa Condenser (CD-303)	46
Tabel 4. 14 Neraca Massa Reboiler (RB-303).....	47
Tabel 4. 15 Neraca Energi di Mixing Point (MP-101)	47
Tabel 4. 16 Neraca Energi di Heater (H-101).....	48
Tabel 4. 17 Neraca Energi di Reaktor (RE-201).....	48
Tabel 4. 18 Neraca Energi di Reaktor (RE-202).....	49
Tabel 4. 19 Neraca Energi di Expansion Valve (V-201).....	49
Tabel 4. 20 Neraca Energi di Cooler (CO-201).....	50
Tabel 4. 21 Neraca Energi di Neutralizer (N-201)	50
Tabel 4. 22 Neraca Energi di Dekanter (DE-301)	51
Tabel 4. 23 Neraca Energi di Heat Exchanger (HE-301)	51
Tabel 4. 24 Neraca Energi di Heater (H-301).....	52
Tabel 4. 25 Neraca Energi di Menara Distilasi (MD-301)	52
Tabel 4. 26 Neraca Energi di Menara Distilasi (MD-302)	53
Tabel 4. 27 Neraca Energi di Menara Distilasi (MD-303)	53
Tabel 4. 28 Neraca Energi di Cooler (CO-301).....	54
Tabel 5. 1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Akrilat (T-101).....	55
Tabel 5. 2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan 2-Etilheksanol (T-102).....	56
Tabel 5. 3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (T-103)	56

Tabel 5. 4 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Natrium Hidroksida (T-104).....	57
Tabel 5. 5 Spesifikasi Tangki Penyimpanan 2-Etilheksil Akrilat (T-301)	58
Tabel 5. 6 Spesifikasi Reactor (RE-201)	58
Tabel 5. 7 Spesifikasi Reaktor (RE-202)	59
Tabel 5. 8 Spesifikasi Neutralizer (N-201)	60
Tabel 5. 9 Spesifikasi Dekanter (DE-301)	61
Tabel 5. 10 Spesifikasi Menara Distilasi (MD-301).....	61
Tabel 5. 11 Spesifikasi Condenser (CD-301).....	63
Tabel 5. 12 Spesifikasi Accumulator I (AC-301)	63
Tabel 5. 13 Spesifikasi Reboiler I (RB-301).....	64
Tabel 5. 14 Spesifikasi Menara Distilasi (MD-302).....	64
Tabel 5. 15 Spesifikasi Condenser (CD-302)	65
Tabel 5. 16 Spesifikasi Accumulator II (AC-302).....	66
Tabel 5. 17 Spesifikasi Reboiler II (RB-302)	66
Tabel 5. 18 Spesifikasi Menara Distilasi (MD-303).....	67
Tabel 5. 19 Spesifikasi Condenser (CD-303)	67
Tabel 5. 20 Spesifikasi Accumulator III (AC-303).....	68
Tabel 5. 21 Spesifikasi Reboiler III (RB-303)	69
Tabel 5. 22 Spesifikasi Heater (H-101).....	69
Tabel 5. 23 Spesifikasi Heater (H-301).....	70
Tabel 5. 24 Spesifikasi Cooler (CO-201)	71
Tabel 5. 25 Spesifikasi Cooler (CO-301)	71
Tabel 5. 26 Spesifikasi Heat Exchanger (HE-301)	72
Tabel 5. 27 Spesifikasi Pompa Proses (P-101)	73
Tabel 5. 28 Spesifikasi Pompa Proses (P-102)	73
Tabel 5. 29 Spesifikasi Pompa Proses (P-103)	74
Tabel 5. 30 Spesifikasi Pompa Proses (P-104)	74
Tabel 5. 31 Spesifikasi Pompa Proses (P-105)	75
Tabel 5. 32 Spesifikasi Pompa Proses (P-201)	75
Tabel 5. 33 Spesifikasi Pompa Proses (P-202)	76
Tabel 5. 34 Spesifikasi Pompa Proses (P-203)	76
Tabel 5. 35 Spesifikasi Pompa Proses (P-301)	77

Tabel 5. 36 Spesifikasi Pompa Proses (P-302).....	78
Tabel 5. 37 Spesifikasi Pompa Proses (P-303).....	78
Tabel 5. 38 Spesifikasi Pompa Proses (P-304).....	79
Tabel 5. 39 Spesifikasi Pompa Proses (P-305).....	79
Tabel 5. 40 Spesifikasi Pompa Proses (P-306).....	80
Tabel 5. 41 Spesifikasi Pompa Proses (P-307).....	80
Tabel 5. 42 Spesifikasi Pompa Proses (P-308).....	81
Tabel 5. 43 Spesifikasi Pompa Proses (P-309).....	81
Tabel 6. 1 Kebutuhan Air Umum.....	84
Tabel 6. 2 Kebutuhan Air Pendingin (Cooling Water)	85
Tabel 6. 3 Kebutuhan air pendingin (Chiller Water)	87
Tabel 6. 4 Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	102
Tabel 6. 5 Pengendalian Variabel Utama Proses	103
Tabel 7. 1 Perincian luas area Pabrik 2-Etilheksil Akilat.....	103
Tabel 8. 1 Jadwal kerja masing - masing regu.....	116
Tabel 8. 2 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses	117
Tabel 8. 3 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	117
Tabel 8. 4 Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	118
Tabel 9. 1 Total Capital Investment (TCI) Pabrik 2-Etilheksil Akilat	123
Tabel 9. 2 Manufacturing Cost Pabrik 2-Etilheksil Akilat	124
Tabel 9. 3 General Expenses.....	125
Tabel 9. 4 Biaya Administrasi.....	125
Tabel 9. 5 Minimum acceptable persent return on investment.....	127
Tabel 9. 6 Acceptable payout time untuk tingkat resiko pabrik	128
Tabel 9. 7 Hasil Uji Kelayakan Ekonomi	130

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi pabrik 2-etilheksil akrilat	12
Gambar 2. 1 Blok Diagram Proses Esterifikasi Berkatalis Cair	16
Gambar 2. 2 Blok Diagram Proses Esterifikasi Berkatalis Padat	17
Gambar 2. 3 Blok Diagram Proses Distilasi Reaktif	18
Gambar 6. 1 Diagram Vapor-Compression Refrigeration System	90
Gambar 6. 2 Diagram Alir Pengolahan Air	90
Gambar 7. 1 Warnasari, Kecamatan Citangkil, Kota Cilegon, Provinsi Banten.	104
Gambar 7. 2 Peta Provinsi Banten	104
Gambar 7. 3 Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung	104
Gambar 7. 4 Tata Letak Peralatan Proses	105
Gambar 8. 1 Struktur Organisasi Perusahaan	110
Gambar 9. 1 Grafik Analisa Ekonomi	129
Gambar 9. 2 Kurva Cumulative Cash Flow	130

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan Indonesia terus mengalami kemajuan yang pesat di berbagai bidang, terutama di sektor industri. Sektor industri merupakan salah satu sektor terpenting di Indonesia yang berperan dalam memenuhi kebutuhan rakyat Indonesia serta memberikan manfaat baik bagi negara maupun masyarakatnya.

Salah satu sektor dalam industri kimia yang memiliki dampak besar terhadap sektor-sektor lain di Indonesia adalah industri asam akrilat beserta turunannya. Ester dari asam akrilat berperan penting dalam sintesis berbagai material yang berkaitan erat dengan kehidupan sehari-hari. 2-Etilheksil akrilat (2-EHA) adalah salah satu ester asam akrilat yang digunakan sebagai bahan baku dalam produksi perekat, pelarut untuk industri cat dan pelapis, serta dalam industri tekstil dan tinta printer (Gantrade, 2024).

Permintaan 2-EHA terus meningkat seiring pesatnya pertumbuhan industri dan tumbuhnya industri cat dan perekat di Indonesia. 2-EHA adalah salah satu ester yang berasal dari asam akrilik dan saat ini hanya diproduksi oleh PT Nippon Shokubai Indonesia untuk memenuhi permintaan dalam negeri dan luar negeri. Pada tahun 2023, Indonesia mengimpor 2-EHA sebanyak 27.310.411 kg untuk memenuhi permintaan dalam negeri. Seiring berjalannya waktu, permintaan 2-EHA diprediksi dapat mencapai 30.852.052 kg pada tahun 2036 (BPS, 2025). Disamping itu, permintaan dari negara lain juga membuka peluang bagi Indonesia untuk melakukan ekspor. Negara-negara Asia seperti India, Thailand, dan Vietnam menjadi pengimpor utama

2-EHA sebagai bahan baku industri. Pada tahun 2022, India telah mengimpor 257.145.790 kg 2-EHA, dan angka ini diperkirakan akan terus meningkat. Sementara itu, Vietnam mengimpor sebanyak 21.726.023 kg dan Thailand 38.492.471 kg 2-EHA pada tahun 2022 (UNData, 2025).

Berdasarkan data impor 2-EHA ketiga negara tersebut bahwa ada potensi signifikan untuk kegiatan ekspor. Kegiatan ini tidak hanya mendatangkan keuntungan finansial bagi pemerintah, tetapi juga akan memperkuat kerja sama antarnegara, serta membawa perubahan positif dalam kondisi sosial dan lingkungan dan dapat membuka lapangan pekerjaan bagi rakyat Indonesia.

Pembangunan pabrik 2-etilheksil akrilat dapat menjadi langkah yang tepat mengingat tingginya permintaan 2-etilheksil akrilat di Indonesia dan negara-negara lain. Pembangunan pabrik ini akan berfokus pada pemenuhan kebutuhan domestik yang ada, sekaligus membuka peluang ekspor. Selain itu, pembangunan pabrik 2-etilheksil akrilat dapat menjadi peluang untuk mendorong pertumbuhan industri lain yang memanfaatkan 2-etilheksil akrilat sebagai bahan baku, serta menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat Indonesia.

1.2 Kegunaan Produk

Kegunaan dari 2-etilheksil akrilat yaitu:

1. Di dalam bidang industri polimer dan plastik etilheksil akrilat digunakan sebagai monomer dalam produksi polimer akrilik yang digunakan dalam pembuatan plastik, resin, dan bahan lainnya yang memerlukan ketahanan elastisitas.
2. Etilheksil akrilat digunakan dalam formulasi cat, pelapis, dan vernis untuk meningkatkan daya rekat, dan fleksibilitas.
3. Etilheksil akrilat berperan dalam pembuatan perekat berbasis akrilik yang digunakan untuk aplikasi industri, otomotif dan konstruksi karena memiliki daya rekat yang kuat dan ketahanan terhadap lingkungan.
4. Dalam industri tekstil. Etilheksil akrilat digunakan dalam finishing kain untuk meningkatkan sifat tahan air, ketahanan terhadap noda, dan

elastisitas bahan tekstil.

5. Etilheksil akrilat digunakan dalam pelapisan kertas untuk meningkatkan ketahanan air dan kemampuan cetak, sehingga kertas lebih tahan lama dan berkualitas tinggi.

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan hal yang penting dalam produksi 2-etilheksil akrilat. Produksi 2-etilheksil akrilat memerlukan bahan baku utama berupa asam akrilat dan 2-etilheksanol. Bahan pendukung seperti asam sulfat dan natrium hidroksida juga diperlukan sebagai katalis dan agen penetral pada *neutralizer*. Asam akrilat didapatkan dari PT Nippon Shokubai Indonesia yang berlokasi di Cilegon, Jawa Barat, Indonesia dan digunakan sesuai spesifikasi teknis produk (*Technical Data Sheet*) dari pemasok. Terdapat beberapa pabrik lain untuk memasok asam akrilat jika terjadi masalah pasokan dari PT Nippon Shokubai Indonesia yang ditampilkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Pemasok bahan baku asam akrilat

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
Idemitsu Petrochemical	Aichi, Jepang	50.000
Jilin Petrochemical	Jilin, Cina	35.000
Singapore Acrylics	Pulau Sakra, Singapura	75.000
PT Nippon Shokubai Indonesia	Cilegon, Indonesia	240.000

2-Etilheksanol didapatkan dari PT Petro OXO Nusantara yang terletak di Gresik, Jawa Timur, Indonesia dengan pemasok kedua berasal dari BASF Petronas Chemicals Sdn. Bhd. yang berlokasi di Kuantan, Malaysia. Untuk 2-Etilheksanol (*technical grade*) digunakan sesuai spesifikasi pada *Technical Data Sheet* (TDS). Pemasok 2-etilheksanol dengan informasi pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 2 Penyedia bahan baku 2-etilheksanol

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
PT Petro OXO Nusantara	Tuban, Indonesia	135.000
BASF Petronas Chemicals Sdn. Bhd.	Kuantan, Malaysia	60.000

Asam sulfat didapatkan dari PT Indonesian Acid Industry di Bekasi, Jawa Barat dan pemasok lain dari PT Petrokimia Gresik dan digunakan *technical grade* sesuai spesifikasi pada *Technical Data Sheet* (TDS) dari pemasok. Untuk pemasok asam sulfat disajikan pada Tabel 1.3.

Tabel 1. 3 Pemasok katalis asam sulfat

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
PT Petrokimia Gresik	Gresik, Indonesia	1.170.000
PT Indonesian Acid Industry	Bekasi, Indonesia	75.000

Natrium hidroksida (*technical grade*) digunakan sesuai spesifikasi pada *Technical Data Sheet* (TDS) dari pemasok. Natrium hidroksida didapatkan dari PT Asahimas Chemical yang berlokasi di Cilegon, Jawa Barat, Indonesia dan PT Sulfindo Adiusaha di Serang, Indonesia yang ditampilkan pada Tabel 1.4.

Tabel 1. 4 Pemasok bahan baku natrium hidroksida

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
PT Asahimas Chemical	Cilegon, Indonesia	700.000
PT Sulfindo Adiusaha	Serang, Indonesia	320.000

Berikut merupakan data lokasi pabrik dan kapasitas pabrik 2-etilheksil akrilat terpasang di dunia pada Tabel 1.5.

Tabel 1. 5 Pabrik Produksi 2-Etilheksil Akrilat di Dunia

Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
PT Nippon Shokubai Indonesia	Cilegon, Indonesia	40.000
Arkema	Texas, Amerika Serikat	40.000
BASF	Zhanjiang, Cina	100.000
Jiangsu Guojiao Chemical Technology Co., Ltd.,	Cina	120.000
Jiangsu Sandie Chemical Industry Co.,	Cina	160.000
Bharat Petroleum Corporation	India	10.000
LG Chemical	Korea Selatan	50.000
Zhejiang Yonghe	Cina	40.000

Pendirian pabrik baru ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam dan luar negeri, menambah pendapatan negara, dan menyediakan lapangan pekerjaan bagi rakyat Indonesia.

1.4 Analisis Pasar

Analisis pasar merupakan langkah untuk mengetahui seberapa besar minat pasar terhadap suatu produk. Adapun analisis pasar diperlukan data terkait impor, ekspor, konsumsi, serta produksi 2-etilheksil akrilat di Indonesia. Kapasitas awal pabrik dirancang dengan pendekatan berdasarkan metode *discounted*.

1.4.1 Kapasitas Berdasarkan Nilai Ekspor dan Impor

Berikut ini data impor dan ekspor 2-etilheksil akrilat diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia, dengan menggunakan data yang tercantum dalam Tabel 1.6 dapat dihitung pertumbuhan tiap tahunnya dengan Persamaan 1.1

$$\%P = \frac{\text{impor tahun } (n+1) - \text{impor tahun } n}{\text{impor tahun } n} \quad (\text{Kusnarjo}, 2010)$$

Tabel 1. 6 Data impor dan ekspor *acrylic esters* di Indonesia

Tahun	Impor		Ekspor	
	kg/tahun	%P	kg/tahun	%P
2020	31.181.745	0,15	22.115.939	0,59
2021	36.002.803	-0,10	35.266.320	-0,15
2022	32.466.201	-0,16	30.017.371	-0,04
2023	27.310.411	0,28	28.703.856	0,18
2024	34.954.434		33.943.465	
	Σ%P	0,18%	Σ%P	0,58%
	i	0,04%	i	0,15%

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2025

Berdasarkan data impor dan ekspor yang ditampilkan pada Tabel 1.6, dapat diproyeksikan pertumbuhan tiap tahunnya sehingga kebutuhan impor dan ekspor pada tahun 2036 dapat dihitung dengan Persamaan 1.2 dan Persamaan 1.3.

$$m_5 = p(1 + i)^n \quad (\text{Kusnarjo, 2010})$$

$$m_4 = p(1 + i)^n \quad (\text{Kusnarjo, 2010})$$

Keterangan:

p = Pertumbuhan (%)

n = Selisih data dengan tahun pendirian pabrik

Berdasarkan kebutuhan ekspor dan impor 2-etilheksil akrilat didapatkan persamaan neraca massa kapasitas dalam negeri tahun 2036 pada Persamaan 1.4 berikut.

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5 \quad (\text{Kusnarjo, 2010})$$

Keterangan :

m_1 = Nilai impor tahun pabrik didirikan

m_2 = Produksi pabrik di dalam negeri

m_3 = Kapasitas pabrik yang akan didirikan

m_4 = Nilai ekspor tahun pabrik didirikan

m_5 = Nilai konsumsi dalam negeri tahun pabrik didirikan

Dengan asumsi nilai impor di tahun 2036 = 0, didapatkan nilai untuk persamaan tersebut.

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_2 + m_1)$$

$$m_3 = (34.493.120 + 35.125.405) - (40.000.000 + 0)$$

$$m_3 = 29.618.525 \text{ kg/tahun}$$

$$m_3 = 29.619 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan nilai ekspor dan impor, pabrik dapat didirikan dengan kapasitas sebesar 29.619 ton/tahun.

1.4.2 Kapasitas Berdasarkan Kebutuhan Dalam dan Luar Negeri

Perhitungan kapasitas pabrik dapat mempertimbangkan kebutuhan pasar lokal dan internasional yang membutuhkan 2-etilheksil akrilat sebagai bahan baku. Berikut merupakan prediksi konsumen lokal yang membutuhkan 2-etilheksil akrilat sebagai pelarut dalam industri cat melalui persamaan berikut.

$$\text{Kebutuhan 2 – EHA Cat} = \text{Kapasitas} \times 14,14\%$$

Tabel 1. 7 Pabrik Cat di Indonesia

Pabrik Cat	Kapasitas (ton/tahun)	Kebutuhan 2- EHA (ton/tahun)
PT San Central Indah, Bandung	7.400	1.046,34
PT ICI Paint, Tangerang Selatan	50.000	7.069,85
PT Avi Avian, Sidoarjo	196.000	27.713,82
PT Mowilex Indonesia, Cikande	10.200	1.442,25
Total		37.272,26

Sumber: UNData, 2025

Produk 2-etilheksil akrilat juga digunakan sebagai monomer dalam pembuatan perekat. Melalui persamaan berikut dapat diprediksi kebutuhan dari 2-etilheksil akrilat.

$$\text{Kebutuhan 2} - \text{EHA Perekat} = \text{Kapasitas} \times 24,388\%$$

Tabel 1. 8 Pabrik Perekat di Indonesia

Pabrik Perekat	Kapasitas (ton/tahun)	Kebutuhan 2- EHA (ton/tahun)
PT Ligno <i>Specialty Adhesive</i> (LSA), Banten	2.500	609,695
PT Konishi Lemindo Indonesia, Bogor	50	12,194
PT Henkel <i>Adhesive</i> Technologies, Tangerang Banten	43.500	10.608,696
PT Rock Paint Indonesia, Karawang	3.500	853,573
Total		12.084,158

Sumber: UNData, 2025

Kebutuhan negara lain dapat menjadi rujukan dalam menentukan kapasitas agar produk yang dibuat dapat diekspor ke luar negeri dengan menggunakan Persamaan 1.7 dan Persamaan 1.8, dapat dilakukan perhitungan kebutuhan negara India, Vietnam, dan Thailand. Ketiga negara ini dipilih berdasarkan kebutuhan industri negara tersebut dan keberadaan pabrik yang sudah berdiri di negara tersebut. Data impor dan ekspor India, Vietnam, dan Thailand dapat dilihat pada Tabel 1.9.

Tabel 1. 9 Data ekspor dan impor 2-etilheksil akrilat di India

Tahun	Impor (kg/tahun)	Ekspor (kg/tahun)
2018	241.990.508	5.341.537
2019	264.830.809	9.186.116
2020	253.541.695	0

Tahun	Impor (kg/tahun)	Ekspor (kg/tahun)
2021	332.371.302	14.618.363
2022	257.145.790	10.501.639

Tabel 1. 10 Data ekspor dan impor 2-etilheksil akrilat di Vietnam

Tahun	Impor (kg/tahun)	Ekspor (kg/tahun)
2018	34.402.028	3,72
2019	30.734.658	0
2020	30.164.826	32,18
2021	26.542.019	1.398
2022	21.726.023	36.545

Tabel 1. 11 Data ekspor dan impor 2-etilheksil akrilat di Thailand

Tahun	Impor (kg/tahun)	Ekspor (kg/tahun)
2018	40.068.138	40,1
2019	35.227.990	883
2020	38.297.191	7.723
2021	36.831.083	8.026
2022	38.492.471	12.013

Peluang kapasitas negara dihitung dengan metode *discounted* dengan Persamaan 1.7.

$$i = 1 - \left(\frac{F}{P}\right)^{\frac{1}{n}} \quad (\text{Kusnarjo, 2010})$$

Keterangan:

i = Persen pertumbuhan (%)

F = Jumlah impor/ekspor di tahun terakhir (kg/tahun)

P = Jumlah impor/ekspor di tahun pertama (kg/tahun)

n = Selisih data tahun akhir dan tahun awal

Didapatkan kapasitas tiap negara dan domestik untuk menghitung peluang kapasitas produksi pabrik 2-etilheksil akrilat.

$$\begin{aligned} D &= 29.618.525 \text{ kg/tahun} \\ I &= 310.267.039 \text{ kg/tahun} \\ V &= 9.772,16 \text{ kg/tahun} \\ T &= 35.882.683 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

Dengan perhitungan sebelumnya, diperoleh neraca massa kapasitas produksi pabrik yang akan didirikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas Produksi} = 50\%D + 5\%I + 50\%V + 30\%T$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} D &= \text{Peluang kapasitas domestik (kg/tahun)} \\ I &= \text{Peluang kapasitas India (kg/tahun)} \\ V &= \text{Peluang kapasitas Vietnam (kg/tahun)} \\ T &= \text{Peluang kapasitas Thailand (kg/tahun)} \end{aligned}$$

Dengan perhitungan menggunakan persamaan kapasitas produksi didapatkan kapasitas produksi berikut.

$$\text{Kapasitas Produksi} = 45.948.497 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 46.000.000 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 46.000 \text{ ton/tahun}$$

Penentuan kapasitas pendirian pabrik 2-etilheksil akrilat didasarkan atas asumsi sebagai berikut.

1. Pemenuhan kebutuhan domestik dalam negeri sebesar 50% kebutuhan, dengan asumsi akan didirikan pabrik sejenis pada tahun 2036 untuk memenuhi kebutuhan domestik atau dilakukannya ekspansi pabrik yang sudah ada.
2. Tidak dilakukan impor untuk pemenuhan kebutuhan domestik saat 2036 karena kebutuhan dalam negeri akan dipenuhi oleh pabrik yang sudah ada, pabrik baru, dan pabrik sejenis ($m_1 = 0$).

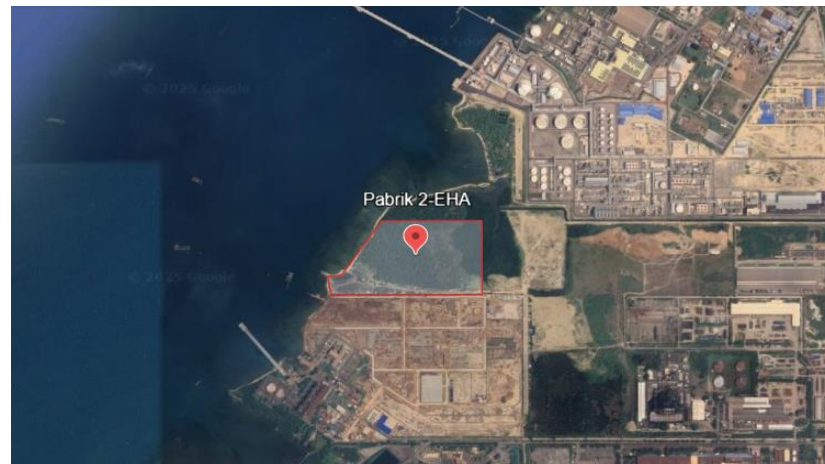
3. Ekspor ke India sebesar 5% dari kebutuhan India dikarenakan India secara geografis dapat mengimpor dari Cina.
4. Ekspor ke Vietnam sebesar 50% dari kebutuhan Vietnam dengan alasan Vietnam yang tidak memiliki produsen 2-EHA dan Vietnam masih dapat mengimpor dari negara lain di Asia untuk memenuhi kebutuhan.
5. Ekspor ke Thailand sebesar 30% dari kebutuhan Thailand karena Thailand tidak memiliki produsen 2-EHA namun membutuhkan 2-EHA dalam jumlah yang cukup besar dan sisa kebutuhan dapat dipasok dari pabrik lain.

Kapasitas produksi pabrik ini akan memenuhi kebutuhan domestik, dan akan dilakukan ekspor menuju negara di kawasan Asia yang membutuhkan 2-etilheksil akrilat yaitu Vietnam, Thailand, dan India.

1.5 Lokasi Pabrik

Lokasi suatu pabrik merupakan unsur penting dalam menunjang keberhasilan pembangunan industri. Untuk itu, perlu dipertimbangkan dengan cermat agar didapat keuntungan yang maksimal bagi perusahaan. Secara geografis penentuan letak lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan pabrik tersebut saat produksi maupun di masa yang akan datang.

Pendirian pabrik direncanakan akan berlokasi di Warnasari, Kecamatan Citangkil, Kota Cilegon, Provinsi Banten pada koordinat pada koordinat garis lintang 5°59'15"S dan garis bujur 105°59'15"E.



Gambar 1. 1 Lokasi pabrik 2-etilheksil akrilat

Sumber: <https://earth.google.com/>

Faktor utama adalah aspek yang dapat mempengaruhi langsung proses operasional dan tujuan utama pabrik. Berikut adalah faktor-faktor utama yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan lokasi pabrik.

1. Bahan baku

Bahan baku produksi 2-etilheksil akrilat merupakan asam akrilat dan 2-etil heksanol. Asam akrilat berasal dari PT Nippon Shokubai Indonesia yang berlokasi di Cilegon, Indonesia, 2-Etilheksanol berasal dari PT Petro OXO Nusantara di Gresik, Jawa Timur. Selain itu, juga didukung oleh kebutuhan bahan baku lainnya seperti Asam sulfat yang diperoleh dari PT Indonesia Acid Industry yang terletak di Bekasi, Indonesia dengan kapasitas 75.000 ton/tahun. Sedangkan bahan pendukung Natrium hidroksida diperoleh dari PT. Asahimas Chemical yang terletak di Cilegon, Banten dengan kapasitas produksi 700.000 ton/tahun. Sehingga dilihat dari segi bahan baku, maka pemilihan Lokasi di daerah Cilegon, Banten adalah tepat.

2. Sumber utilitas

Pemilihan lokasi pabrik harus memperhatikan sistem utilitas agar proses produksi dapat berlangsung secara optimal. Utilitas yang diperlukan untuk operasional pabrik meliputi air, bahan bakar, dan listrik. Kebutuhan air untuk pabrik 2-etilheksil akrilat diperoleh dari Sungai Kali Berung. Listrik

diperoleh dari PT Perusahaan Listrik Negara melalui pembangkit PLTGU PT Krakatau Chandra Energi, dan bahan bakar diperoleh dari PT Pertamina Patra Niaga Tanjung Gerem.

3. Tenaga Kerja

Sumber tenaga kerja di daerah ini cukup banyak dan dapat diperoleh dengan mudah, karena lokasinya yang terletak di kawasan industri, baik tenaga berpendidikan tinggi, menengah maupun tenaga kerja terampil serta tenaga *engineer*. Penerimaan tenaga kerja untuk pabrik 2-Etilheksil Akrilat ini dapat mengurangi jumlah pengangguran di daerah tersebut.

4. Fasilitas transportasi

Sarana dan prasarana transportasi merupakan faktor penting dalam pendirian suatu industri seperti kemudahan akses untuk pengadaan bahan baku dan pemasaran produk. Untuk transportasi darat, Gerbang Tol Cilegon Barat yang berjarak 5,21 km dan Jl. Raya Merak dengan jarak 4,13 km dapat menjadi sarana transportasi bahan dan peralatan dengan moda transportasi darat sedangkan untuk transportasi laut, pelabuhan PT Krakatau International Port yang berjarak 4,13 km dari lokasi pabrik dapat digunakan sebagai pelabuhan untuk transportasi produk ke luar negeri dan pembelian bahan serta alat dari luar negeri.

5. Keadaan Iklim dan Tanah

Iklim yang baik (kelembaban udara, intensitas panas matahari, curah hujan, dan angin) serta kondisi tanah yang baik mempengaruhi kelancaran proses produksi sekaligus menjadi factor pendorong bagi karyawan untuk bekerja lebih baik dengan keadaan di sekelilingnya yang mendukung.

Pabrik 2-Etilheksil akrilat didirikan di Warnasari, Kecamatan Citangkil, Kota Cilegon, Provinsi Banten, Indonesia. Data meteorologi, klimatologi, dan geofisika berupa temperatur rata-rata, curah hujan dan kecepatan angin rata-rata disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. 12 Kondisi Geografis Daerah Cilegon, Banten

Parameter	Satuan	Nilai
Temperatur minimum	oC	23,2
Temperatur maksimum	oC	34,5
Temperatur rata-rata	oC	28,332
Kelembapan rata-rata	%	81,806
Curah hujan rata-rata	mm	4,981
Kecepatan angin rata-rata	m/s	0,871

Sumber: <https://www.bmkg.go.id/>

6. Peraturan Pemerintah dan Keadaan Masyarakat

Kebijakan yang dikeluarkan oleh pemerintah akan sangat mempengaruhi kelangsungan suatu pabrik.

Keuntungan bisa diperoleh jika pemerintah memberikan kemudahan kepada pihak pabrik, sedangkan pihak pabrik juga memberikan kontribusi kepada pemerintah berupa pemasukan pajak serta dapat menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat, sehingga dapat mengurangi pengangguran. Dan daya dukung pemerintah dan masyarakat di daerah kawasan industri ini cukup baik.

BAB II

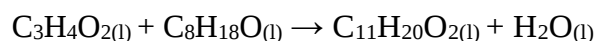
DESKRIPSI PROSES

2.1 Jenis-jenis Proses

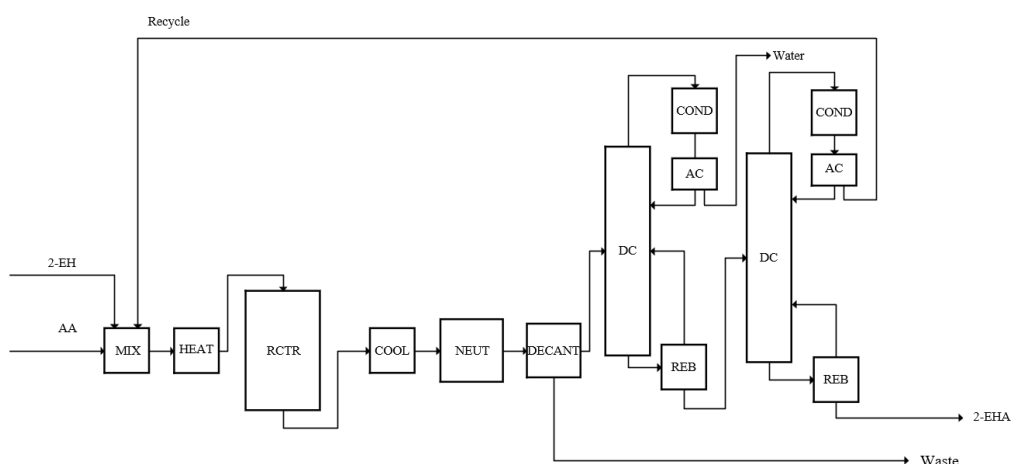
Proses pembuatan 2-Etilheksil Akrilat menggunakan bahan baku berupa asam akrilat dan 2-etilheksanol berbagai macam proses esterifikasi. Tiga teknologi proses sintesis 2-etilheksil akrilat menggunakan jenis reaktor yang berbeda dan jenis katalis yang berbeda. Proses-proses esterifikasi dilakukan dengan katalis berfasa padat, katalis berfasa cair, dan metode integrasi distilasi dan reaksi (distilasi reaktif). Jenis-jenis proses sintesis 2-etilheksil akrilat dijelaskan sebagai berikut.

2.1.1 Proses Esterifikasi Berkatalis Cair

Pada proses ini asam akrilat direaksikan dengan 2-etilheksanol membentuk 2-etilheksil akrilat. Proses esterifikasi antara asam akrilat dan 2-etilheksanol merupakan proses esterifikasi yang umum dilakukan dengan menggunakan katalis asam berupa asam sulfat untuk meningkatkan laju reaksi dari esterifikasi (Papa, et al., 1991). Perbandingan mol asam akrilat dan 2-etilheksanol pada proses ini adalah 1:5 pada temperatur 403 K (120°C). Proses ini menggunakan reaktor berjenis reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) yang disusun secara seri dengan temperatur 130°C dan tekanan 2,85 atm dengan konversi keseluruhan 94% (Nowak, P., 1999). Reaksi yang berjalan pada reaktor adalah sebagai berikut.



Reaksi esterifikasi berjalan secara eksotermis dengan terjadinya pelepasan panas sehingga diperlukan adanya jaket pendingin pada tiap reaktor. Keluaran RATB kemudian dialirkan menuju *neutralizer* untuk netralisasi katalis asam sulfat dengan natrium hidroksida sebelum dibuang menuju unit pengolahan limbah (UPL). Keluaran *neutralizer* lalu akan masuk pada dekanter dan kemudian fraksi ringan akan didistilasi untuk memurnikan 2-etilheksil akrilat dan mengembalikan 2-etilheksanol berlebih menuju kembali ke proses. Proses sintesis 2-etilheksil akrilat yang memiliki kelebihan yaitu konversi yang tinggi hingga mencapai 94% dan proses pemisahan yang lebih mudah. Namun, memiliki kekurangan yaitu penggunaan katalis asam sulfat yang dapat menyebabkan korosi pada peralatan.



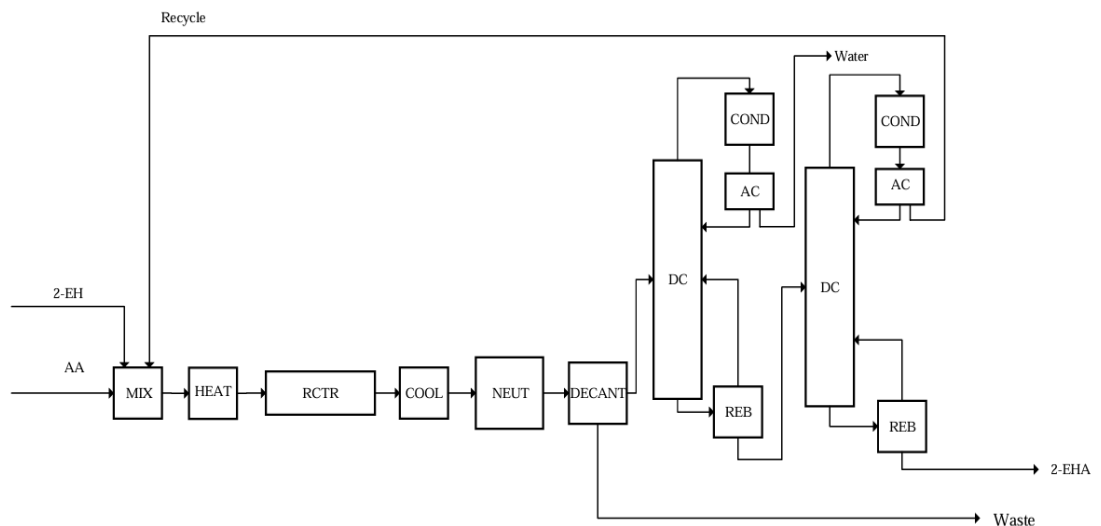
Gambar 2. 1 Blok Diagram Proses Esterifikasi Berkatalis Cair
(Bessalem et al., 2003)

2.1.2 Proses Esterifikasi Berkatalis Padat

Proses esterifikasi berkatalis padat merupakan proses sintesis 2-etilheksil akrilat dengan prinsip reaksi yang sama seperti pada proses esterifikasi berkatalis cair. Proses ini menggunakan katalis berupa katalis padat *Amberlyst 70* dengan reaktor berjenis *fixed bed multitube* dengan *tube* berisi katalis dengan reaksi pada fasa cair. Reaksi berlangsung pada tekanan 1 atm dan temperatur 120°C dengan konversi sebesar 75% (Moraru, 2018). Proses ini diawali dengan seksi sintesis pada reaktor

yang selanjutnya akan dipisahkan pada dekanter untuk memisahkan antara fraksi ringan dan fraksi berat. Fraksi ringan kemudian akan dimurnikan dengan menara distilasi vakum dengan produk atas berupa 2-etilheksanol yang akan digunakan kembali pada proses sintesis dan produk bawah berupa 2-etilheksil akrilat dengan kemurnian yang tinggi.

Proses ini memiliki keunggulan yaitu limbah yang dihasilkan minimum. Di lain sisi, proses ini memiliki kekurangan dikarenakan katalis *Amberlyst 70* tidak dapat diperoleh di dalam negeri dan harus dilakukan impor serta konversi reaksi yang lebih rendah pada 75%.



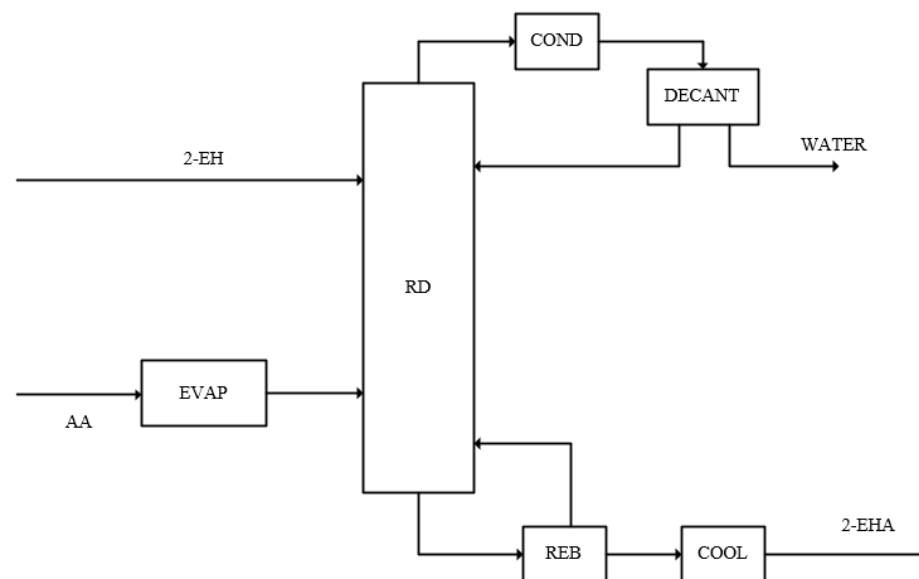
Gambar 2. 2 Blok Diagram Proses Esterifikasi Berkatalis Padat
(Moraru, 2017)

2.1.3 Proses Distilasi Reaktif

Proses distilasi reaktif merupakan proses esterifikasi yang diintegrasikan dengan proses pemisahan (Moraru, 2018). Proses ini memiliki alat utama berupa kolom distilasi reaktif dengan bagian tengah merupakan seksi reaksi dan bagian atas dan bawah merupakan bagian pemisahan dan pemurnian. Proses ini memiliki kesamaan proses reaksi dengan esterifikasi berfasa padat dengan katalis berupa *Amberlyst 70* dengan temperatur yang lebih tinggi sebesar 162°C dan tekanan vakum

pada 0,1 atm. Distilat berupa air dan 2-etilheksanol kemudian masuk pada dekanter yang kemudian fraksi ringan akan dikembalikan pada seksi sintesis sebagai umpan *recycle* dan fraksi ringan berupa air akan diolah pada unit pengolahan limbah (UPL). Produk bawah berupa 2-etilheksil akrilat dengan kemurnian tinggi kemudian akan disimpan pada tangki penyimpanan.

Proses ini merupakan proses mutakhir dan canggih dengan keunggulan penggunaan alat yang sedikit dan efisiensi yang tinggi. Namun, proses ini sulit diimplementasikan pada industri mengingat kompleksitas yang tinggi antara unit reaksi dan unit pemisahan yang diintegrasikan serta nilai konversi yang lebih rendah pada 70% dan temperatur yang lebih tinggi.



Gambar 2. 3 Blok Diagram Proses Distilasi Reaktif

(Moraru, 2017)

Berdasarkan tiga jenis proses pembuatan 2-etilheksil akrilat dapat dibandingkan berdasarkan beberapa parameter, seperti jenis reaktor, kondisi operasi, dan konversi reaksi. Perbandingan proses tertera melalui Tabel 2.1 dan Tabel 2.2

Tabel 2. 1 Perbandingan proses produksi 2-etilheksil akrilat

No.	Kriteria	Esterifikasi	Esterifikasi	Distilasi
		Berkatalis Cair	Berkatalis Padat	Reaktif
1.	Kondisi Operasi	2,85 atm, 130°C	1 atm, 120°C	0,1 atm, 162°C
2.	Jenis Reaktor	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)	<i>Fixed Bed Multitube</i>	Distilasi Reaktif
3.	Konversi	94%	75%	

Berdasarkan Tabel 2.1 perbandingan proses antara esterifikasi berkatalis cair dan distilasi reaktif, esterifikasi berkatalis cair dilakukan di reaktor CSTR pada tekanan 2,85 atm dan suhu 130 °C karena pada kondisi tersebut reaksi dapat berlangsung secara stabil dan menghasilkan konversi yang tinggi, yaitu sekitar 94%, akibat kontrol suhu dan waktu tinggal reaktan yang lebih baik. Pemisahan produk selanjutnya dilakukan menggunakan distilasi konvensional pada tekanan 1,1 atm yang berfungsi sebagai unit pemisahan tanpa mempengaruhi jalannya reaksi. Jika dibandingkan dengan distilasi reaktif, meskipun proses tersebut beroperasi pada suhu yang lebih tinggi hingga sekitar 162 °C, konversi yang diperoleh justru lebih rendah, hanya sekitar 70%, karena kondisi vakum menyebabkan penguapan yang sangat intensif sehingga reaktan cepat meninggalkan zona reaksi dan waktu kontak efektifnya berkurang. Selain itu, apabila distilasi konvensional dilakukan pada tekanan vakum 0,1 atm, komponen yang sangat volatil seperti air dan 2-etilheksanol akan menguap secara berlebihan, sementara asam akrilat yang bersifat reaktif dan tidak stabil pada kondisi suhu tinggi dan tekanan rendah berpotensi mengalami polimerisasi. Kondisi ini dapat menurunkan kualitas produk, menyebabkan fouling pada kolom distilasi, serta menyulitkan pengendalian proses. Oleh karena itu, kombinasi reaktor CSTR dan distilasi biasa pada tekanan 1,1 atm dinilai lebih sesuai karena mampu memberikan konversi yang lebih tinggi dengan proses yang lebih stabil dan mudah dikendalikan.

Tabel 2. 2 Perbandingan Jenis Reaktor

	Kelebihan	Kelemahan	Kesimpulan
CSTR (<i>Continuous Stirred Tank Reactor</i>)	- Pencampuran yang sangat baik, meningkatkan laju reaksi. - Temperatur dan konsentrasi lebih mudah dikontrol. - Cocok untuk reaksi yang membutuhkan katalis homogen. Operasi kontinu yang stabil dan fleksibel. Lebih mudah untuk skala industri.	- Konsumsi energi lebih tinggi karena kebutuhan pengadukan. reaktan lebih lama dibanding <i>fixed bed</i>. - Waktu tinggal lebih	Paling cocok karena pencampuran optimal terutama untuk katalis homogen. Fleksibilitas dan kontrol yang lebih baik dalam mengatur parameter operasi.
<i>Fixed Bed Reactor</i>	- Konsumsi energi lebih rendah dibanding CSTR karena tidak memerlukan pengadukan. - Dapat menggunakan katalis heterogen yang mudah dipisahkan. - Lebih sedikit produk	- Transfer massa kurang optimal, terutama untuk reaksi cair-cair. - Bisa terjadi penyumbatan pada bed katalis. - Sulit mengontrol suhu reaksi dibanding CSTR.	Cocok jika menggunakan katalis heterogen, tetapi memiliki keterbatasan dalam pencampuran dan kontrol suhu.

	Kelebihan	Kelemahan	Kesimpulan
	sampingan dibanding CSTR.		
Reaktor Distilasi Reaktif	1. Menggunakan reaksi dan pemisahan dalam satu unit. 2. Mengurangi kebutuhan unit pemisahan tambahan. 3. Menghemat energi dan bahan baku.	1. Lebih kompleks dalam desain dan operasi. 2. Biaya investasi tinggi. 3. Sensitif terhadap perubahan parameter operasional.	Lebih efisien dari tetapi lebih mahal dan kompleks dalam desain serta operasional.

2.2 Pemilihan Proses

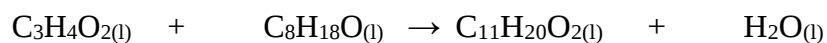
Pemilihan proses bertujuan untuk menentukan proses mana yang akan dipilih sehingga menguntungkan baik dari segi ekonomi, energi, dan investasi alat.

2.2.1 Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui keuntungan yang dihasilkan oleh pabrik per kg produk yang dihasilkan pada masing-masing proses yang akan digunakan. Berikut tinjauan ekonomi dari masing-masing proses:

a. Proses Esterifikasi Berkatalis Cair

Reaksi yang terjadi:



Konversi reaksi (X_A) = 94%

Basis = 1 kg $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$ (Reaktan Asam Akrilat)

BM $\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{O}_2$ = 184

BM $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$ = 72

BM $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}$ = 130

BM H_2O = 18

$$\begin{aligned}\text{Mol C}_3\text{H}_4\text{O}_2 \text{ mula-mula} &= \frac{1000 \text{ gr}}{72} \\ &= 13,8889 \text{ mol}\end{aligned}$$

Berdasarkan stokiometri reaksi

	$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_{2(l)}$	+ $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}_{(l)}$	$\rightarrow$ $\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{O}_{2(l)}$	+ $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
m	13,8889	13,8889		
r	13,0556	13,0556	13,0556	13,0556
s	0,8333	0,8333	13,0556	13,0556

Maka:

Jumlah reaktan yang digunakan:

$$\begin{aligned}\text{C}_3\text{H}_4\text{O} &= 13,8889 \text{ mol} \times \frac{72 \text{ gr}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \\ &= 1 \text{ kg} \\ \text{C}_8\text{H}_{18}\text{O} &= 13,8889 \text{ mol} \times \frac{130 \text{ gr}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \\ &= 1,8056 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah produk yang terbentuk:

$$\begin{aligned}\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{O}_2 &= 13,0556 \text{ mol} \times \frac{184 \text{ gr}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \\ &= 2,4022 \text{ kg} \\ \text{H}_2\text{O} &= 13,0556 \text{ mol} \times \frac{18 \text{ gr}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \\ &= 0,2350 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah katalis

$$\text{Massa H}_2\text{SO}_4 = 0,0028 \text{ kg}$$

Berikut daftar harga masing masing komponen pada proses esterifikasi berkatalis cair

Tabel 2. 3 Harga Bahan Baku dan Produk pada Proses Esterifikasi Berkatalis Cair

Komponen	Nama Bahan	Rumus Kimia	\$/ton	\$/kg
Bahan Baku	Asam Akrilat	$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$	900	0,99
	2-Etilheksanol	$\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}$	1.000	1,1
	Asam Sulfat	H_2SO_4	238,17	0,26

Komponen	Nama Bahan	Rumus Kimia	\$/ton	\$/kg
Produk	2-Etilheksil Akrilat	$C_{11}H_{20}O_2$	11.000	11
	Air	H_2O	0	0

Sumber: www.alibaba.com

Untuk menghitung keuntungan kasar, dapat digunakan persamaan berikut:

$$EP = \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku}$$

$$EP = (2\text{-Etilheksil Akrilat}) - (\text{Asam Akrilat} + 2\text{-Etilheksanol})$$

$$EP = (2,4022 \times 11) - ((1 \times 0,99) + (1,8056 \times 1,1))$$

$$EP = \$ 23,45/\text{kg}$$

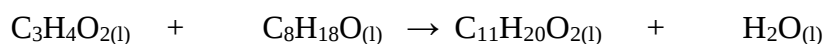
$$EP = \$ 23,45/\text{kg} \times 1000 \text{ kg/ton} \times 46.000 \text{ ton/tahun}$$

$$EP = \$ 1.078.623.333/\text{tahun}$$

$$EP = \text{Rp } 17.939.663.280.000/\text{tahun}$$

b. Proses Esterifikasi Berkatalis Padat

Reaksi yang terjadi:



$$\text{Konversi reaksi } (X_A) = 75\%$$

$$\text{Basis} = 1 \text{ kg } C_3H_4O_2 \text{ (Reaktan Asam Akrilat)}$$

$$\text{BM } C_{11}H_{20}O_2 = 184$$

$$\text{BM } C_3H_4O_2 = 72$$

$$\text{BM } C_8H_{18}O = 130$$

$$\text{BM } H_2O = 18$$

$$\begin{aligned} \text{Mol } C_3H_4O_2 \text{ mula-mula} &= \frac{1000 \text{ gr}}{72} \\ &= 13,8889 \text{ mol} \end{aligned}$$

Berdasarkan stokiometri reaksi

	$C_3H_4O_{2(l)}$	$+ C_8H_{18}O_{(l)}$	$\rightarrow C_{11}H_{20}O_{2(l)}$	$+ H_2O_{(l)}$
m	13,8889	13,8889		
r	10,4167	10,4167	10,4167	10,4167
s	3,4722	3,4722	10,4167	10,4167

Maka:

Jumlah reaktan yang digunakan:

$$\begin{aligned} \text{C}_3\text{H}_4\text{O} &= 13,8889 \text{ mol} \times \frac{72 \text{ gr}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \\ &= 1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C}_8\text{H}_{18}\text{O} &= 13,8889 \text{ mol} \times \frac{130 \text{ gr}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \\ &= 1,8056 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah produk yang terbentuk:

$$\begin{aligned} \text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{O}_2 &= 10,4167 \text{ mol} \times \frac{184 \text{ gr}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \\ &= 1,9167 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} &= 10,4167 \text{ mol} \times \frac{18 \text{ gr}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \\ &= 0,1875 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah katalis

Massa *Amberlyst* 70 = 1 kg

Berikut daftar harga masing masing komponen pada proses esterifikasi berkatalis padat

Tabel 2. 4 Harga Bahan Baku dan Produk pada Proses Esterifikasi Berkatalis Padat

Komponen	Nama Bahan	Rumus Kimia	\$/ton	\$/kg
Bahan Baku	Asam Akrilat	$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$	900	0,99
	2-Etilheksanol	$\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}$	1.000	1,1
	<i>Amberlyst</i> 70		55.570	55,57
Produk	2-Etilheksil Akrilat	$\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{O}_2$	11.000	11
	Air	H_2O	0	0

Sumber: www.alibaba.com

Untuk menghitung keuntungan kasar, dapat digunakan persamaan berikut:

EP = Harga Produk – Harga Bahan Baku

EP = (2-Etilheksil Akrilat) – (Asam Akrilat + 2-Etilheksanol)

EP = $(1,9167 \times 11) - ((1 \times 0,99) + (1,8056 \times 1,1))$

$$EP = \$ 18,11/\text{kg}$$

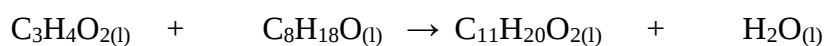
$$EP = \$ 18,11/\text{kg} \times 1000 \text{ kg/ton} \times 46.000 \text{ ton/tahun}$$

$$EP = \$ 832.932.222/\text{tahun}$$

$$EP = \text{Rp } 13.853.328.720.000/\text{tahun}$$

c. Proses Distilasi Reaktif

Reaksi yang terjadi:



Konversi reaksi (X_A) = 70%

$$\text{Basis} = 1 \text{ kg } \text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2 \text{ (Reaktan Asam Akrilat)}$$

$$\text{BM } \text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{O}_2 = 184$$

$$\text{BM } \text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2 = 72$$

$$\text{BM } \text{C}_8\text{H}_{18}\text{O} = 130$$

$$\text{BM } \text{H}_2\text{O} = 18$$

$$\begin{aligned} \text{Mol } \text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2 \text{ mula-mula} &= \frac{1000 \text{ gr}}{72} \\ &= 13,8889 \text{ mol} \end{aligned}$$

Berdasarkan stokiometri reaksi

	$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_{2(l)}$	$+ \text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}_{(l)}$	$\rightarrow \text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{O}_{2(l)}$	$+ \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
m	13,8889	13,8889		
r	9,7222	9,7222	9,7222	9,7222
s	4,1667	4,1667	9,7222	9,7222

Maka:

Jumlah reaktan yang digunakan:

$$\begin{aligned} \text{C}_3\text{H}_4\text{O} &= 13,8889 \text{ mol} \times \frac{72 \text{ gr}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \\ &= 1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C}_8\text{H}_{18}\text{O} &= 13,8889 \text{ mol} \times \frac{130 \text{ gr}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \\ &= 1,8056 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah produk yang terbentuk:

$$\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{O}_2 = 9,7222 \text{ mol} \times \frac{184 \text{ gr}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,7889 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{O} &= 9,7222 \text{ mol} \times \frac{18 \text{ gr}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \\
 &= 0,1750 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jumlah katalis

Massa *Amberlyst 70* = 1 kg

Berikut daftar harga masing masing komponen pada proses distilasi reaktif

Tabel 2. 5 Harga Bahan Baku dan Produk pada Proses Distilasi Reaktif

Komponen	Nama Bahan	Rumus Kimia	\$/ton	\$/kg
Bahan Baku	Asam Akrilat	C ₃ H ₄ O	900	0,99
	2-Etilheksanol	C ₈ H ₁₈ O	1.000	1,1
	Amberlyst 70		55.570	55,57
Produk	2-Etilheksil Akrilat	C ₁₁ H ₂₀ O ₂	11.000	11
	Air	H ₂ O	0	0

Sumber: www.alibaba.com

Untuk menghitung keuntungan kasar, dapat digunakan persamaan berikut:

EP = Harga Produk – Harga Bahan Baku

EP = (2-Etilheksil Akrilat) – (Asam Akrilat + 2-Etilheksanol)

EP = (1,7889 × 11) – ((1 × 0,99) + (1,8056 × 1,1))

EP = \$ 16,70/kg

EP = \$ 16,70/kg × 1000 kg/ton × 46.000 ton/tahun

EP = \$ 768.276.667/tahun

EP = Rp 12.777.977.520.000/tahun

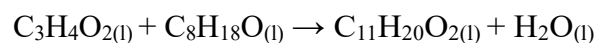
2.2.2 Tinjauan Termodinamika Berdasarkan Perubahan Entalpi

Perubahan entalpi (ΔH) menunjukkan panas reaksi yang dihasilkan ataupun panas reaksi yang dibutuhkan selama proses berlangsungnya reaksi kimia. Dalam hal ini, pada reaksi pembentukan 2-etilheksil akrilat.

Besar atau kecil nilai ΔH menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan maupun dihasilkan. ΔH bernilai positif (+) menunjukkan reaksi tersebut membutuhkan panas untuk berlangsungnya reaksi. Sehingga, semakin besar ΔH maka semakin besar juga energi yang harus dibutuhkan dan *cost* yang harus dikeluarkan. Sedangkan ΔH bernilai negatif (-) menunjukkan reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsung reaksi. Sehingga tidak membutuhkan energi selama proses namun membutuhkan energi untuk penyerapan panas agar reaksi tetap berlangsung pada temperatur reaksinya. Penentuan panas reaksi yang berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH°_f) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$. Berikut ini perhitungan panas pembentukan pada masing-masing proses.

a. Proses Esterifikasi Berkatalis Cair

Reaksi yang terjadi



Nilai ΔH°_f masing-masing komponen pada suhu 298,15 K dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. 6 Perubahan Entalpi Standar pada T 298,15 K

Komponen	Rumus Kimia	$\Delta H^\circ_f \text{ kJ/mol}$
Asam Akrilat	$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_{2(l)}$	-336,23
2-Etilheksanol	$\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}_{(l)}$	-365,30
2-Etilheksil Akrilat	$\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{O}_{2(l)}$	-470
Air	$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	-241,83

Sumber : Yaws,1999

Tabel 2. 7 Konstanta *Heat Capacity* (CPo) Reaktan dan Produk

Komponen	Koefisien	A (J/mol K)	B (J/mol K)	C (J/mol K)	D (J/mol K)
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_{2(l)}$	1	-18,2420	1,2106E+00	-3,1160E-03	3,1409E-06
$\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}_{(l)}$	1	149,5600	9,7903E-01	-2,6177E-03	3,1042E-06

Komponen	Koefisien	A (J/mol K)	B (J/mol K)	C (J/mol K)	D (J/mol K)
C ₁₁ H ₂₀ O _{2(l)}	1	177,7730	1,3122E+00	-3,3957E-03	4,2877E-06
H ₂ O _(l)	1	92,0530	-3,9953E-02	-2,1103E-04	5,3469E-07
ΔH ^o _f		138,5080	-0,9174	0,0021	-1,42271E-06

Sumber : Yaws, 1999

- Nilai Entalphi pada temperature 130°C

$$\Delta H_{Rx}^o = \Delta H_f^o + \Delta H_T^o$$

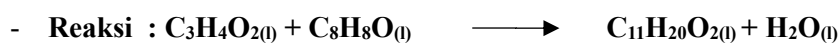
$$\Delta H_{Rx}^o = \Delta H_f^o + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_P^o}{R} dT$$

$$\frac{C_P^o}{R} = A + BT + CT^2 + DT^{-2}$$

$$\tau = \frac{T}{T_0}$$

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_P^o}{R} dT = \left(\Delta A + \frac{\Delta B}{2} T_0 (\tau + 1) + \frac{\Delta C}{3} T_0^2 (\tau^2 + \tau + 1) + \frac{\Delta D}{\tau T_0^2} \right) (T - T_0)$$

Dengan T₀ = 298,15 K dan T = 403,15 K, serta R = 0,008314 kJ/mol.K



$$\Delta H_f^o = \Delta H_{f\text{produk}}^o - \Delta H_{f\text{reaktan}}^o$$

$$\Delta H_f^o = [\Delta H_f^o \text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{O}_{2(l)} + \Delta H_f^o \text{H}_2\text{O}_{(l)}] - [\Delta H_f^o \text{C}_3\text{H}_4\text{O}_{2(l)} + \Delta H_f^o \text{C}_8\text{H}_8\text{O}_{(l)}]$$

$$\Delta H_f^o = [470 + (-241,83)] - [(-336,23) + (-365,30)]$$

$$\Delta H_f^o = -10,3 \text{ kJ/mol}$$

Karena nilai ΔH^o 298,15 = -10,3 kJ/mol, maka reaksi bersifat eksotermis.

$$\tau = \frac{T}{T_0} = \frac{403,15}{298,15} = 1,3522$$

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_P}{R} dT = ((\Delta A) + \frac{\Delta B}{2} T_0 (\tau + 1)) + (\frac{\Delta C}{3} \tau^2 + \tau + 1) + (\frac{\Delta D}{\tau T_0^2})(T - T_0)$$

$$\begin{aligned}
\int_{298,15}^{403,15} \frac{\Delta C_P^0}{R} dT &= \left(138,5080 + \frac{-0,9174}{2} 298,15(1,3522 + 1) \right. \\
&\quad \left. + \frac{0,0021}{3} (298,15)^2 (1,3522^2 + 1,3522 + 1) \right. \\
&\quad \left. + \frac{-1,42271E - 06}{1,3522 \cdot (298,15)^2} \right) (403,15 - 298,15) \\
&= 80,3070 \frac{\text{J}}{\text{mol}} = 0,0803 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

$$\Delta H_{\text{Rx1}}^0 = \Delta H_f^0 + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_P^0}{R} dT$$

$$\Delta H_{\text{Rx1}}^0 = -10,3 + (0,008314)(0,0803)$$

$$\Delta H_{\text{Rx1}}^0 = -10,2993 \text{ kJ/mol}$$

Untuk perhitungan nilai entalpi pada proses esterifikasi berkatalis padat dan distilasi reaktif sama seperti perhitungan esterifikasi berkatalis cair karena memiliki persamaan reaksi yang sama.

2.2.3 Tinjauan Termodinamika Berdasarkan Energi Gibbs

Energi Gibbs standar menunjukkan spontan atau tidaknya suatu reaksi kimia. ΔG° bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar. Sedangkan ΔG° bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya sedikit membutuhkan energi. Oleh karena itu, semakin kecil atau negatif ΔG° maka reaksi tersebut akan semakin baik karena untuk berlangsung spontan energi yang dibutuhkan semakin kecil. Berikut ini perhitungan energi gibbs pada masing-masing proses:

a. Proses Esterifikasi Berkatalis Cair

Penentuan kespontanan dan panas reaksi dapat dilakukan melalui tinjauan termodinamika dengan perhitungan ΔH dan ΔG .

Tabel 2. 8 Perubahan Energi Gibbs Standar

Komponen	ΔG^0 (kJ/mol)
$C_3H_4O_{2(l)}$	-286,06
$C_8H_{18}O_{(l)}$	-118,88
$C_{11}H_{20}O_{2(l)}$	-192
$H_2O_{(l)}$	-227,36
Sumber ; Yaws,1999	

- **Nilai Energi Bebas Gibbs pada temperatur 130°C**



$$\Delta G^0 = \Delta G_{\text{produk}}^0 - \Delta G_{\text{reaktan}}^0$$

$$\Delta G^0 = [\Delta G^{\circ} C_{11}H_{20}O_{2(l)} + \Delta G^{\circ} H_2O_{(l)}] - [\Delta G^{\circ} C_3H_4O_{2(l)} + \Delta G^{\circ} C_8H_{18}O_{(l)}]$$

$$\Delta G^0 = [192 + (-227,36)] - [(-286,06) + (-118,88)]$$

$$\Delta G^0 = -14,42 \text{ kJ/mol}$$

Karena nilai $\Delta G^{\circ}(298,15) = -14,42 \text{ kJ/kmol}$, maka reaksi bersifat spontan.

$$\Delta G^{\circ} = \Delta H_0^0 - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0^0 - \Delta G_0^0) R + \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_P}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_P}{R} \cdot \frac{dT}{T} \text{ (Pers.}$$

3.17, Smith et al., 2001)

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_P}{R} \cdot \frac{dT}{T} = [\Delta A [\Delta B \cdot T_0 + (\Delta C \cdot T_0^2 + \frac{\Delta D}{T_0^2}) (\frac{\tau+1}{2})] (\frac{\tau-1}{\ln \tau})] \times \ln \tau$$

$$\int_{298,15}^{403,15} \frac{\Delta C_P}{R} \cdot \frac{dT}{T} = [138,5080 [-0,9174 \times 298,15 + (0,0021 \times 298,15^2 + \frac{-1,42271E-06}{1,3522 \times 298^2}) (\frac{1,3522+1}{2})] (\frac{1,3522-1}{\ln 1,18})] \times \ln 1,3522$$

$$\int_{298,15}^{403,15} \frac{\Delta C_P}{R} dT = -28660,9070 \text{ kJ/kmol}$$

$$R \int_{298,15}^{403,15} \frac{\Delta C_P}{R} dT = -238,2868$$

$$RT \int_{298,15}^{403,15} \frac{\Delta C_P}{R} dT = -96065,3158 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta G^{\circ} = \Delta H_0^0 - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0^0 - \Delta G_0^0) R + \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_P}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_P}{R} \cdot \frac{dT}{T}$$

$$\Delta G^{\circ} = (-10,3 - (\frac{403,15}{298,15} (-10,3 - (-14,42))) + (-238,2868) - (-96065,3158)$$

$$\Delta G^{\circ} = 95811,1580 \text{ kJ/kmol}$$

Untuk perhitungan nilai energi gibbs standar dan energi gibbs reaksi pada proses esterifikasi berkatalis padat dan distilasi reaktif sama seperti perhitungan esterifikasi berkatalis cair karena memiliki persamaan reaksi yang sama.

Tabel 2. 9 Perbandingan Proses

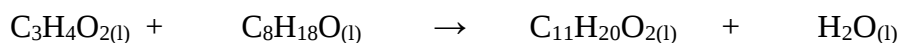
Parameter	Esterifikasi Berkatalis Cair (Proses I)	Esterifikasi Berkatalis Padat (Proses II)	Distilasi Reaktif (Proses III)
Bahan Baku	1. Asam Akrilat 2. 2-Etilheksanol	1. Asam Akrilat 2. 2-Etilheksanol	1. Asam Akrilat 2. 2-Etilheksanol
Suhu	130°C	120°C	162°C
Tekanan	2,85 atm	1 atm	0,1 atm
Operasi			
Fasa Reaksi	Cair – cair	Cair – cair	Cair – cair
Konversi	94%	75%	70%
Keuntungan	Rp17.939.663.280.000	Rp13.853.328.720.000	Rp12.777.977.520.000
Perubahan			
Entalpi Standar (298K)	-10,3 kJ/mol	-10,3 kJ/mol	-10,3 kJ/mol
Perubahan			
Entalpi Reaksi	-10,2993 kJ/mol	-10,2993 kJ/mol	-10,2993 kJ/mol
Energi Gibbs Standar (298K)	-14,42 kJ/mol	-14,42 kJ/mol	-14,42 kJ/mol
Energi Gibbs Reaksi	95811,1580 kJ/kmol	95811,1580 kJ/kmol	95811,1580 kJ/kmol

Berdasarkan pertimbangan kondisi pada Tabel di atas, maka dipilih pada proses I, yaitu Esterifikasi Berkatalis Cair dengan pertimbangan sebagai berikut.

1. Mempunyai nilai konversi yang lebih tinggi yaitu 94%, sehingga menghasilkan lebih banyak produk.
2. Berdasarkan tinjauan ekonomi, proses ini memiliki peluang keuntungan yang relatif lebih besar yaitu Rp17.939.663.280.000.
3. Reaksi pada proses I berlangsung dalam fase cair-cair dan berkatalis cair, sehingga kontak antar reaktan dan katalis berlangsung secara homogen dan meningkatkan laju reaksi.
4. Secara termodinamika, nilai perubahan entalpi dan energi bebas gibbs yang dimiliki untuk ketiga proses adalah sama karena melibatkan reaksi kimia yang sama. Oleh karena itu, perbedaan kinerja proses lebih dipengaruhi oleh kondisi operasi dan konfigurasi proses, bukan oleh sifat dasar reaksinya. Dalam hal ini, proses I mampu memanfaatkan kondisi reaksi secara lebih optimal.

2.3 Tinjauan Kinetika

Ditinjau dari segi kinetika reaksi, kecepatan reaksi esterifikasi asam akrilat dan 2-etilheksanol merupakan reaksi berorde dua dengan dipengaruhi oleh konsentrasi katalis asam sulfat, asam akrilat, dan 2-etilheksanol, dan berikut reaksi asam akrilat dan 2-etilheksanol menjadi 2-etilheksil akrilat:



Asam Akrilat 2-Etilheksnol 2-Etilheksil Akrilat Air

Berdasarkan artikel kinetika “*Kinetics of the Liquid Phase Esterification of Acrylic Acid with n-Octanol and 2-Ethylhexanol Catalyzed by Sulfuric Acid*”, didapatkan persamaan nilai kinetika reaksi sebagai berikut (Nowak, P., 1999):

$$r = 16,58 \exp\left(-\frac{56000}{RT}\right) C_{\text{H}_2\text{SO}_4} C_A C_B$$

Keterangan :

$C_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ = Konsentrasi asam sulfat (mol/m^3)

C_A = Konsentrasi asam akrilat (mol/m^3)

C_B	= Konsentrasi 2-etil heksanol (mol/m^3)
R	= Konstanta gas ($8,314 \text{ J/mol K}$)
r	= Laju reaksi pembentukan 2-etilheksil akrilat ($\text{m}^3/\text{mol}/\text{menit}$)

2.4 Uraian Proses

Berdasarkan pembobotan yang telah dilakukan sebelumnya, teknologi proses yang terpilih adalah proses pembuatan 2-etilheksil akrilat dari asam akrilat dan 2- etilheksanol. Penjelasan mengenai produksi 2-etilheksil akrilat melalui teknologi esterifikasi berkatalis cair terdiri dari tiga tahapan proses.

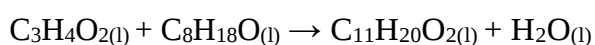
2.4.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Dalam proses pembuatan 2-etilheksil akrilat, bahan baku yang digunakan yaitu Asam Akrilat ($\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$) dan 2-Etilheksanol ($\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}$). Rasio antara asam akrilat dan 2-etilheksanol adalah 1 : 5. Bahan baku asam akrilat dengan kadar kemurnian 99% dalam bentuk cair. Bahan tersebut kemudian disimpan di dalam tangki penyimpanan asam akrilat dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Sementara itu, bahan baku 2-etilheksanol dengan kadar kemurnian 99,5% dalam bentuk cair dan disimpan dalam tangki penyimpanan 2-etilheksanol. Kemudian untuk katalis asam sulfat dengan kemurnian 98% dalam bentuk cair dan disimpan di dalam tangki penyimpanan asam sulfat dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Sedangkan bahan tambahan berupa natrium hidroksida (NaOH) dengan kemurnian 48% disimpan di dalam tangki penyimpanan NaOH dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm.

2.4.2 Tahap Pembentukan Produk

Tahapan pembentukan bahan baku dimulai dengan mengalirkan bahan baku asam akrilat dan 2-etilheksanol dengan perbandingan 1:5 menuju *mixing point* untuk dicampur dengan asam akrilat dan 2-etilheksanol *recycle* dari menara distilasi. Keluaran *mixing point* kemudian diumpankan ke dalam reaktor. Katalis asam sulfat dialirkan ke dalam

reaktor dengan konsentrasi 0,1% dari bahan baku. Reaktor beroperasi secara isothermal pada kondisi operasi temperatur 130°C dan pada tekanan 2,85 atm. Reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Reaksi dijalankan pada reaktor seri untuk mengurangi volume dan waktu tinggal dalam reaktor. Reaktor (RE-201) memiliki konversi sebesar 80% dengan waktu tinggal sebesar 2,2 jam dan reaktor (RE-202) memiliki konversi sebesar 70% dengan waktu tinggal sebesar 1,3 jam dan konversi reaktor keseluruhan sebesar 94%. Adapun reaksi yang terjadi di dalam reaktor adalah sebagai berikut.



Reaksi esterifikasi asam akrilat dan 2-etilheksanol yang terjadi di dalam reaktor berlangsung secara eksotermis, sehingga dalam reaktor dijaga temperaturnya dengan menggunakan jaket pendingin dengan media berupa air pendingin.

2.4.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan produk 2-etilheksil akrilat dengan kemurnian 99%. Produk keluaran reaktor kemudian diturunkan tekanannya dengan *expansion valve* dari 2,85 atm hingga 1 atm. Kemudian didinginkan hingga suhu 30°C dengan *cooler* dan dialirkan menuju *neutralizer* untuk dilakukan reaksi netralisasi asam sulfat dengan natrium hidroksida. Reaksi pada *neutralizer* dijaga temperaturnya dengan menggunakan jaket pendingin berisi air pendingin untuk menjaga temperaturnya pada 30°C. Keluaran dari *neutralizer* selanjutnya akan menuju dekanter untuk memisahkan fraksi ringan dan fraksi berat. Fraksi ringan berupa 2-etilheksil akrilat, 2-etilheksanol, sedikit asam akrilat dan air menuju menara distilasi dan fraksi berat berupa natrium sulfat, air, asam akrilat, dan sedikit 2-etilheksil akrilat dan 2-etilheksanol akan dikirimkan menuju unit pengolahan limbah (UPL) lebih lanjut. Fraksi ringan lalu dipanaskan dengan *heat exchanger* dengan media pemanas berupa produk bawah

menara distilasi keluaran *reboiler* (RB-303) hingga temperaturnya mencapai 63°C. Keluaran *heat exchanger* kemudian dipanaskan dengan *heater* hingga temperaturnya mencapai 182°C dengan kondisi cair jenuh dan tekanan 1,1 atm yang akan memasuki menara distilasi 1 dengan tujuan memisahkan air sebagai aliran atas yang akan dialirkan ke unit utilitas dan asam akrilat sebagai hasil aliran bawah yang akan memasuki menara distilasi 2, selanjutnya untuk memisahkan asam akrilat sebagai keluaran aliran atas yang menjadi *recycle* 1 menuju *mixing point*, sedangkan hasil aliran bawah distilasi 2 akan memasuki menara distilasi 3. Di menara distilasi 3 tujuannya adalah untuk memurnikan produk 2-etilheksil akrilat dari 2-etilheksanol dan sisa asam akrilat, kemudian keluaran aliran atas 2-etilheksanol dan sisa asam akrilat akan menuju *mixing point* sebagai *recycle* 2 dan hasil produk bawah berupa 2-etilheksil akrilat menuju *heat exchanger* untuk ditukar panasnya hingga temperaturnya 98°C kemudian menuju *cooler* untuk didinginkan hingga temperaturnya 30°C dengan kemurnian 99% yang akan dialirkan menuju tangki penyimpanan 2-etilheksil akrilat dengan tekanan penyimpanan 1,1 atm dan temperatur 30°C.

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN DAN PRODUK

3.1 Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam proses produksi 2-etilheksil akrilat adalah asam akrilat, 2-etil heksanol, asam sulfat, dan natrium hidroksida.

1. Asam Akrilat ($C_3H_4O_2$)

Wujud	: Cair
Rumus Molekul	: $C_3H_4O_2$
Berat Molekul (g/mol)	: 72,064
Titik Leleh ($^{\circ}C$)	: 13,5
Titik Didih ($^{\circ}C$)	: 141
Densitas (g/mL)	: 1,046
Viskositas (mPa.s)	: 1,138
<i>Autoignition Temperature</i> ($^{\circ}C$)	: 438
<i>Flash Point</i> ($^{\circ}C$)	: 51
Kemurnian (%massa)	: 99%
Impuritas (%massa)	: 1%

(CRC Press, 1996)

2. 2-Etilheksanol ($C_8H_{18}O$)

Wujud	: Cair
Rumus Molekul	: $C_8H_{18}O$
Berat Molekul (g/mol)	: 130,23
Titik Leleh ($^{\circ}C$)	: -70

Titik Didih (°C)	: 184,6
Densitas (g/mL)	: 0,83
Viskositas (mPa.s)	: 5,967
<i>Autoignition Temperature</i> (°C)	: 288
<i>Flash Point</i> (°C)	: 73
Kemurnian (%massa)	: 99,50%
Impuritas (%massa)	: 0,50%

(PT Petro OXO Nusantara)

3. Asam Sulfat (H₂SO₄)

Wujud	: Cair
Rumus Molekul	: H ₂ SO ₄
Berat Molekul (g/mol)	: 98,079
Titik Leleh (°C)	: 10,31
Titik Didih (°C)	: 336,85
Densitas (g/mL)	: 1,833
Viskositas (mPa.s)	: 23,541
Kemurnian (%massa)	: 98%
Impuritas (%massa)	: 2% air

(PT Indonesian Acid Industry)

4. Natrium Hidroksida (NaOH)

Wujud	: Cair
Rumus Molekul	: NaOH
Berat Molekul (g/mol)	: 39,997
Densitas (g/mL)	: 1,5
Viskositas (mPa.s)	: 20
Kemurnian (%massa)	: 48%
Impuritas (%massa)	: 52% air

(PT Asahimas Chemical)

3.2 Produk

Produk yang dihasilkan berupa 2-etilheksil akrilat dengan spesifikasi sebagai berikut:

Wujud	: Cair
Rumus Molekul	: $C_{11}H_{20}O_2$
Berat Molekul (g/mol)	: 184,279
Titik Leleh ($^{\circ}C$)	: -90
Titik Didih ($^{\circ}C$)	: 216
Densitas (g/mL)	: 0,88
Viskositas (mPa.s)	: 1,559
<i>Autoignition Temperature</i> ($^{\circ}C$)	: 258
<i>Flash Point</i> ($^{\circ}C$)	: 71
Kemurnian (%massa)	: 99,00%
Impuritas (%massa)	: 1% air

(PT BASF)

BAB X

SIMPULAN DAN SARAN

10.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik 2-Etilheksil Akrilat dari Asam Akrilat dan 2-Etilheksanol Kapasitas 46.000 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut :

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak adalah 30%.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak adalah 2,285 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 40% dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30–60% kapasitas produksi. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 20%, yakni batasan kapasitas produksi 20–30% sehingga pabrik masih dapat memproduksi karena mendapat keuntungan.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 38,30%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

10.2 Saran

Prarancangan Pabrik 2-Etilheksil Akrilat dari Asam Akrilat dan 2-Etilheksanol sebaiknya dikaji lebih lanjut lagi baik dari segi proses maupun ekonominya sebelum pabrik didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. J. Papa, St. Albans, D. R. Bryant, and Charleston, “*Esterification Process*” 1991
ASHRAE Handbook—Fundamentals (SI Edition), 2017
- Badan Pusat Statistik, Available: <https://www.bps.go.id/id>
- BASF, “2-Etilheksil Akrilat MSDS.”
- B. Bidar and F. Shahraki, “*Energy and Exergo-Economic Assessments of Gas Turbine Based CHP Systems: A Case Study of SPGC Utility Plant*” 2018.
 Available: <https://www.researchgate.net/publication/333566082>
- C. L. Yaws, “*Chemical Properties Handbook*” 1999.
- C. J. Geankoplis, *Transport Process and Unit Operations*, Third. A Simon & Schuster, 1993.
- Direktorat Utama Pembinaan dan Pengembangan Hukum Pemeriksaan Keuangan Negara, Keputusan Presiden (Keppres) Nomor 53 Tahun 1989 tentang Kawasan Industri. Indonesia.
- D. E. Seborg, T. F. Edgar, D. A. Mellichamp, and F. J. Doyle, *Process Dynamics and Control*, Fourth. John Wiley & Sons Inc., 2016.
- D. Q. Kern, *Process Heat Transfer*. New York: Mc Graw Hill, 1965.
- E. E. Ludwig, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, vol. 3. 1980.
- E. H. Young and L. E. Brownell, *Process Equipment Design*. New York: John Wiley and Sons Inc., 1959.
- Gantrade, “*Applications of 2-Ethylhexyl Acrylate (2-EHA)*.” Available: <https://www.gantrade.com/faq/2-eha>

- G. D. Ulrich, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. Wiley, 1984.
- G. Tchobanoglous, F. L. Burton, and D. H. Stensel, “Metcalf & Eddy: *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*” 2014.
- Google Earth, “Peta Lokasi Pabrik 2-Etilheksil Akrilat” Available: <https://earth.google.com/>
- H. S. Fogler, “*Elements of Chemical Reaction Engineering*”, Fifth. New Jersey: Prentice Hall P.T.R, 1999.
- H. Susanto, *Sistem Utilitas di Pabrik Kimia*. Bandung: Penerbit ITB, 2016.
- K. dan G. Badan Meteorologi, “Data Meteorologi Provinsi Banten.” Available: <https://www.bmkg.go.id/>
- Kusnarjo, 2010. *Desain Pabrik Kimia*. Surabaya: ITS Press.
- L. Trace Analytics, “ISO 8573-1 : *Compressed Air Testing*” pp. 1–7, 2010.
- M. D. Moraru and C. S. Bildea, “*Reaction–Separation–Recycle Processes for 2-Ethylhexyl Acrylate Production: Design, Control, and Economic Evaluation*” *Ind Eng Chem Res*, vol. 57, no. 7, pp. 2609–2627, Feb. 2018, doi: 10.1021/acs.iecr.7b04752.
- M. D. Moraru and C. S. Bildea, “*Process for 2-Ethylhexyl Acrylate Production Using Reactive Distillation: Design, Control, and Economic Evaluation*” *Ind Eng Chem Res*, vol. 57, no. 46, pp. 15773–15784, Nov. 2018, doi: 10.1021/acs.iecr.8b03368.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia, “Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum,” Peraturan Menteri kesehatan Republik Indonesia, pp. 1–20, 2017.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup, “Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.03 Tahun 2010 Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri,” *J Chem Inf Model*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2010.

- M. Peters and R. E. W. Timmerhaus, K, “*Plant Design and Economics for Chemical Engineering*”, 2003.
- P. Nowak, “*Kinetics of the liquid phase esterification of acrylic acid with n-octanol and 2-ethylhexanol catalyzed by sulfuric acid*,” *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*, vol. 66, no. 2, pp. 375–380, Mar. 1999, doi: 10.1007/BF02475815.
- PT Petro OXO Nusantara, “2-Ethylhexanol MSDS.”
- PT Indonesian Acid Industry, “Asam Sulfat MSDS.”
- PT Asahimas Chemical, “Natrium Hidroksida MSDS.”
- R. Turton, *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes*, Five Editi. 2012.
- R. H. Perry, *Perry’s Chemical Engineers Handbook*. 1997.
- R. W. Serth, *Process Heat Transfer Principles and Applications*. Oxford : Elsevier, 2014. doi: 10.1201/9780203912454.ch6.
- Santa Cruz Biotechnology, “*Acrylic Acid* MSDS.”
- Sinnott, R. K. 2005. *Chemical Engineering Design* (Edisi ke-4). Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., Abbott, M. M., & Swihart, M. T. 2018. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics* (Edisi ke-8). New York: McGraw-Hill Education
- UNData, Available: <https://data.un.org/>