

**PRARANCANGAN PABRIK AMIL ASETAT  
DARI ASAM ASETAT DAN AMIL ALKOHOL  
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

**Tugas Khusus  
Perancangan *Distillation Column* (MD-301)**

**(Skripsi)**

**Oleh:**

**FAZA AMALIA (1815041046)**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

**PRARANCANGAN PABRIK AMIL ASETAT  
DARI ASAM ASETAT DAN AMIL ALKOHOL  
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

**Tugas Khusus**

**Perancangan *Distillation Column* (MD-301)**

**Oleh:**

**FAZA AMALIA  
1815041046**

**(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  
2023**

## ABSTRAK

### PRARANCANGAN PABRIK AMIL ASETAT DARI ASAM ASAM ASETAT DAN AMIL ALKOHOL KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN (Perancangan *Distillation Coloumn* (MD-301))

Oleh

FAZA AMALIA

Amil asetat merupakan salah satu bahan kimia yang digunakan sebagai pelarut (*solvent*) pada industri cat, bahan pembuatan parfum, dan pemberi aroma pisang pada industri makanan. Bahan baku yang digunakan adalah asam asetat sebanyak 2.059,8333 kg/jam dan amil alkohol sebanyak 2.587,9204 kg/jam. Kapasitas produksi pabrik direncanakan sebesar 30.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun dan didirikan di Bringin, Kab. Semarang, Jawa Tengah. Bentuk perusahaan adalah badan usaha Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line and staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 179 orang.

Analisa ekonomi Prarancangan Pabrik Amil Asetat sebagai berikut:

<i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	= Rp549.777.089.411,-
<i>Working Capital Investment</i> (WCI)	= Rp97.019.486.366,-
<i>Total Capital Investment</i> (TCI)	= Rp646.789.575.777,-
<i>Break Even Point</i> (BEP)	= 44,70%
<i>Shut Down Point</i> (SDP)	= 25,81%
<i>Pay Out Time after Taxes</i> (POT) <sup>a</sup>	= 2,29 tahun
<i>Return on Investment before Taxes</i> (ROI) <sup>b</sup>	= 35,77%
<i>Return on Investment after Taxes</i> (ROI) <sup>a</sup>	= 28,62%
<i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	= 35,79%

Berdasarkan pertimbangan diatas, sudah selayaknya pendirian pabrik Amil Asetat ini dikaji lebih lanjut karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai prospek yang baik.

Kata kunci: Amil Asetat, Asam Asetat, Amil Alkohol, Ekonomi

## ABSTRACT

### MANUFACTURING OF AMYL ACETATE FROM ACETIC ACID AND AMYL ALCOHOL CAPACITY 30.000 TONS/YEAR (Design of Distillation Coloumn (MD-301))

Oleh

FAZA AMALIA

Amyl acetate is a chemical used as a solvent in the paint industry, an ingredient in making perfume, and banana flavoring agent in the food industry. The raw materials used consist of 2.059,8333 kg/hour of acetic acid and 2.587,9204 kg/hour of amyl alcohol. Production capacity is planned at 30.000 tons/year with 330 working days in a year and will be established in Bringin, Semarang Regency, Central Java. The company form is a Limited Liability Company (PT) using a line and staff organizational structure with a total of 179 employees.

An economic analysis of preliminary plant design of Amyl Acetate are:

<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	= Rp549.777.089.411,-
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	= Rp97.019.486.366,-
<i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= Rp646.789.575.777,-
<i>Break Even Point (BEP)</i>	= 44,70%
<i>Shut Down Point (SDP)</i>	= 25,81%
<i>Pay Out Time after Taxes (POT)<sup>a</sup></i>	= 2,29 tahun
<i>Return on Investment before Taxes (ROI)<sup>b</sup></i>	= 35,77%
<i>Return on Investment after Taxes (ROI)<sup>a</sup></i>	= 28,62%
<i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	= 35,79%

Based on the above considerations, the establishment of the Amyl Acetate factory should be studied further, because it is a profitable factory and has a good prospect.

Key words: Amyl Acetate, Acetic Acid, Amyl Alcohol, Economic

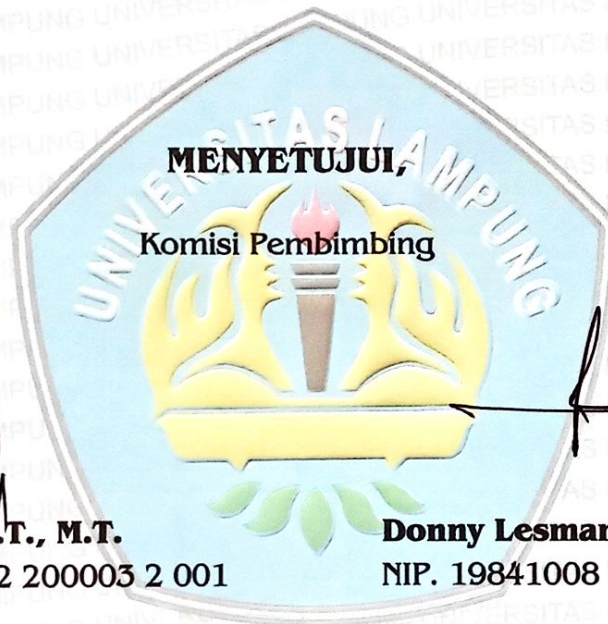
Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK AMIL ASETAT  
DARI ASAM ASETAT DAN AMIL ALKOHOL  
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN  
(Perancangan *Distillation Column* (MD-301))**

Nama Mahasiswa : **Faza Amalia**

No. Pokok Mahasiswa : **1815041046**

Program Studi : **Teknik Kimia**

Fakultas : **Teknik**



**Yuli Darni, S.T., M.T.**  
NIP. 19740712 200003 2 001

**Donny Lesmana, S.T., M.Sc.**  
NIP. 19841008 200812 1 003

**Ketua Jurusan Teknik Kimia**

**Yuli Darni, S.T., M.T.**  
NIP. 19740712 200003 2 001



**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

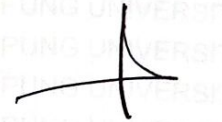
**Ketua**

**: Yuli Darni, S.T., M.T.**



**Sekretaris**

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



**Penguji**

**Bukan Pembimbing**

**: Dr. Herti Utami, S.T., M.T.**



**Lia Lismeri, S.T., M.T.**



**2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M. Sc. 1**

**NIP. 19750928 200112 1 002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 November 2023**

## 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, 27 November 2023



Faza Amalia

NPM. 1815041046

## RIWAYAT HIDUP



**Faza Amalia**, penulis laporan skripsi ini dilahirkan di Tanggamus pada tanggal 16 November 2000, putri ketiga dari pasangan Bapak Sudin, S.P. (alm) dan Ibu Asiyah.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 2 Tegal Sari pada tahun 2012, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Gading Rejo pada tahun 2015 dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Gading Rejo pada tahun 2018.

Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam berbagai organisasi antara lain sebagai Sekretaris Divisi CEEC (*Chemical Engineering English Club*) Departemen Edukasi Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung (Himatemia FT Unila) Periode 2020, dan Kepala Departemen Kaderisasi UKM Penelitian Unila Periode 2021.

Pada tahun 2021, penulis melaksanakan penelitian dengan Judul “Pemanfaatan Jerami Padi sebagai *Filler* dalam Pembuatan *Biodegradable Foam (Biofoam)*.” Selain itu, penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tegal Sari, Kec. Gading Rejo, Kab. Pringsewu dan melakukan Kerja Praktik (KP) di PT. Buma Cima Nusantara Unit Bungamayang dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja Alat *Sugar Dryer and Cooler*”.



## **Motto dan Persembahan**

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”  
(QS. Al Baqarah : 286)

“Dan bersabarlah. Sesungguhnya Allah beserta orang-orang sabar”  
(QS. Al Anfaal : 46)

“Ketahuilah bahwa kemenangan bersama kesabaran, kelapangan bersama  
kesempitan, dan kesulitan bersama kemudahan”  
(HR. Tirmidzi)

“Kamu bisa, jika kamu berpikir bahwa kamu bisa.”  
(Abu Bakar Ash-Shidiq RA)

“Pendidikan memiliki akar yang pahit, tapi buahnya manis”  
(Aristoteles)

“Setiap orang ada waktunya, setiap waktu ada orangnya. Jangan bandingkan  
hidupmu dengan orang lain, karena setiap orang memiliki nasib berbeda-beda”  
(Faza Amalia)

*Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT,  
Kupersembahkan karya kecilku ini kepada:*

*Kedua orang tuaku, Bapak (alm) dan Ibu tercinta,  
Alhamdulillah jaza kummullahu khoiro untuk segala bentuk kasih dan  
sayang yang hingga detik ini masih senantiasa tercurah untuk putrimu ini.*

*Kakak dan adik-adikku,  
Alhamdulillah jaza kumullahu khoiro untuk do'a dan dukungan positif  
selama ini.*

*Sahabat-sahabatku tersayang,  
Terima kasih selalu ada dan menemani dengan setulus hati.*

*Para pengajar sebagai tanda hormatku,  
Terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini*

*Serta kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta,  
semoga dapat berguna dikemudian hari.*

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Amil Asetat dari Asam Asetat dan Amil Alkohol Kapasitas 30.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana (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. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung dan Dosen Pembimbing I yang telah memberikan banyak ilmu, pengarahan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir.
2. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku Dosen Penanggung Jawab Mata Kuliah Tugas Akhir, Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan motivasi selama masa kuliah, dan Dosen Penguji II yang telah memberikan banyak saran dan kritikan dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
3. Bapak Donny Lesmana, S. T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
4. Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan saran, kritikan dan juga mengasah logika untuk mengarahkan ke jalan yang benar dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.

5. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu yang telah diberikan selama masa studi. Semoga dapat menjadi bekal dan acuan untuk terus berkembang di masa depan
6. Keluarga tercinta, alm. Bapak, Ibu, Mamas, Mbak, dan Adik-adik atas segala cinta, kasih, sayang, do'a, dukungan, kepercayaan, ketulusan dan semangat yang tak henti-hentinya diberikan kepada penulis sampai detik ini.
7. Nitha Arsyia Putri, selaku Partner TA penulis selama 1 tahun terakhir ini yang telah melalui suka maupun duka dalam menyelesaikan tugas akhir bersama.
8. Teman-teman Healing Part 2 yaitu Rahma Yunika, Bela Kurniasari, Jihan Falah Ariqoh, Anggi Anggraeni, dan Eva Mayanti yang menemani penulis selama ini. Banyak pengalaman berharaga yang telah penulis lalui bersama kalian. Terimakasih banyak, semoga kita bisa bertemu lagi dalam *healing part 3* dan seterusnya.
9. Teman-teman angkatan 2018 Teknik Kimia yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terimakasih banyak untuk 5,5 tahun ini sudah membantu dalam banyak hal selama penulis berada di Teknik Kimia.
10. Teman-teman UKM Penelitian Unila Periode 2021 terutama Prengki dan Amapel Odenia yang telah memberikan *support* serta banyak membantu saat penulis berada di UKM Penelitian.
11. Semua pihak lainnya yang telah membantu dan mendo'akan kebaikan untuk penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian dengan yang lebih baik dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Bandar Lampung, 27 November 2023

Penulis,

Faza Amalia

## DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Kegunaan Produk .....	2
1.3 Ketersediaan Bahan Baku .....	2
1.3.1 Asam Asetat .....	2
1.3.2 Amil Alkohol .....	3
1.4 Analisa Pasar .....	3
1.4.1 Kapasitas Produksi Amil Asetat .....	3
1.4.2 Data Impor .....	4
1.5 Penentuan Lokasi Pabrik .....	5
<b>BAB II PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES</b>	
2.1 Jenis-jenis Proses .....	8
2.1.1 Pembuatan Amil Asetat dari Asam Asetat dan Amil Alkohol .	8
2.1.2 Pembuatan Amil Asetat dari Amil Klorida dan Natrium Asetat .....	9
2.2 Pemilihan Proses .....	10
2.2.1 Tinjauan Ekonomi .....	10
2.2.2 Tinjauan Termodinamika .....	14
2.3 Uraian Proses .....	21



2.3.1	Persiapan Bahan Baku .....	21
2.3.2	Proses Esterifikasi .....	21
2.3.3	Pemisahan dan Pemurnian Produk .....	22

### **BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK**

4.1	Spesifikasi Bahan Baku .....	24
3.1.1	Asam Asetat .....	24
3.1.2	Amil Alkohol .....	26
4.2	Spesifikasi Bahan Penunjang .....	27
3.2.1	<i>Amberlyst-15</i> .....	27
4.3	Spesifikasi Produk .....	28
3.3.1	Amil Asetat .....	28

### **BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI**

4.1	Neraca Massa .....	30
4.1.1	<i>Mixed Point</i> (MP-101) .....	30
4.1.2	Reaktor (RE-201) .....	30
4.1.3	<i>Decanter</i> (DC-301) .....	31
4.1.4	Menara Distilasi (MD-301) .....	31
4.1.5	<i>Condenser</i> (CD-301) .....	31
4.1.6	<i>Reboiler</i> (RB-301) .....	32
4.2	Neraca Energi .....	32
4.2.1	<i>Heater</i> I (HE-101) .....	32
4.2.2	<i>Heater</i> II (HE-102) .....	32
4.2.3	Reaktor (RE-201) .....	33
4.2.4	<i>Cooler</i> I (CO-201) .....	33
4.2.5	<i>Decanter</i> (DC-301) .....	33
4.2.6	<i>Heater</i> III (HE-301) .....	34
4.2.7	Menara Distilasi (MD-301) .....	34
4.2.8	<i>Cooler</i> II (CO-301) .....	34
4.2.9	<i>Cooler</i> III (CO-301) .....	35

## **BAB V SPESIFIKASI ALAT**

5.1	Peralatan Proses .....	36
5.1.1	<i>Storage Tank</i> (ST-101) .....	36
5.1.2	<i>Storage Tank</i> (ST-102) .....	37
5.1.3	<i>Storage Tank</i> (ST-103) .....	37
5.1.4	Reaktor (RE-201) .....	38
5.1.5	<i>Decanter</i> (DC-301) .....	39
5.1.6	Menara Distilasi (MD-301) .....	39
5.1.7	<i>Condenser</i> (CD-301) .....	40
5.1.8	<i>Reboiler</i> (RB-301) .....	40
5.1.9	<i>Accumulator</i> (ACC-301) .....	41
5.1.10	<i>Heater</i> I (HE-101) .....	41
5.1.11	<i>Heater</i> II (HE-102) .....	42
5.1.12	<i>Heater</i> III (HE-301) .....	43
5.1.13	<i>Cooler</i> I (CO-201) .....	43
5.1.14	<i>Cooler</i> II (CO-301) .....	44
5.1.15	<i>Cooler</i> III (CO-302) .....	44
5.1.16	Pompa Proses (PP-101) .....	45
5.1.17	Pompa Proses (PP-102) .....	45
5.1.18	Pompa Proses (PP-103) .....	46
5.1.19	Pompa Proses (PP-104) .....	47
5.1.20	Pompa Proses (PP-105) .....	47
5.1.21	Pompa Proses (PP-106) .....	48
5.1.22	Pompa Proses (PP-107) .....	48
5.1.23	Pompa Proses (PP-108) .....	48
5.1.24	Pompa Proses (PP-109) .....	48
5.1.25	Pompa Proses (PP-110) .....	50
5.2	Peralatan Utilitas .....	51
5.2.1	Basin Sedimentasi (BS-401) .....	51
5.2.2	<i>Storage Tank Tawas</i> (ST-401) .....	51
5.2.3	<i>Storage Tank Kapur</i> (ST-402) .....	52

5.2.4	<i>Storage Tank Polyelektrolit (ST-403)</i>	52
5.2.5	<i>Storage Tank Kaporit (ST-404)</i>	53
5.2.6	<i>Storage Tank Water Filter (ST-405)</i>	54
5.2.7	<i>Storage Tank Dispersant (ST-406)</i>	54
5.2.8	<i>Storage Tank Inhibitor (ST-407)</i>	55
5.2.9	<i>Storage Tank H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ST-408)</i>	55
5.2.10	<i>Storage Tank NaOH (ST-409)</i>	56
5.2.11	<i>Storage Tank Demin Water (ST-410)</i>	57
5.2.12	<i>Storage Tank Hydrant Water (ST-411)</i>	57
5.2.13	<i>Clarifier (CL-401)</i>	58
5.2.14	<i>Sand Filter (SF-401)</i>	59
5.2.15	<i>Hot Basin (HB-401)</i>	59
5.2.16	<i>Cooling Tower (CT-401)</i>	60
5.2.17	<i>Cold Basin (CB-401)</i>	60
5.2.18	<i>Cation Exchanger (CE-401)</i>	61
5.2.19	<i>Anion Exchanger (AE-401)</i>	61
5.2.20	<i>Storage Tank Hidrazine (ST-501)</i>	62
5.2.21	<i>Deaerator (DA-501)</i>	62
5.2.22	<i>Boiler (BO-501)</i>	63
5.2.23	<i>Storage Tank Bahan Bakar (ST-502)</i>	64
5.2.24	<i>Cyclone (CY-601)</i>	64
5.2.25	<i>Air Dryer (AD-601)</i>	65
5.2.26	<i>Air Compressor (AC-601)</i>	65
5.2.27	<i>Blower Udara 1 (BU-601)</i>	66
5.2.28	<i>Blower Udara 2 (BU-602)</i>	66
5.2.29	<i>Blower Udara 3 (BU-603)</i>	66
5.2.30	<i>Blower Udara 4 (BU-604)</i>	66
5.2.31	<i>Generator (GS-701)</i>	67
5.2.32	<i>Storage Tank Limbah Cair (ST-801)</i>	67
5.2.33	<i>Pompa Utilitas (PU-401)</i>	68
5.2.34	<i>Pompa Utilitas (PU-402)</i>	68
5.2.35	<i>Pompa Utilitas (PU-403)</i>	69

5.2.36 Pompa Utilitas (PU-404) .....	69
5.2.37 Pompa Utilitas (PU-405) .....	70
5.2.38 Pompa Utilitas (PU-406) .....	70
5.2.39 Pompa Utilitas (PU-407) .....	71
5.2.40 Pompa Utilitas (PU-408) .....	71
5.2.41 Pompa Utilitas (PU-409) .....	72
5.2.42 Pompa Utilitas (PU-410) .....	72
5.2.43 Pompa Utilitas (PU-411) .....	73
5.2.44 Pompa Utilitas (PU-412) .....	73
5.2.45 Pompa Utilitas (PU-413) .....	74
5.2.46 Pompa Utilitas (PU-414) .....	75
5.2.47 Pompa Utilitas (PU-415) .....	75
5.2.48 Pompa Utilitas (PU-416) .....	76
5.2.49 Pompa Utilitas (PU-417) .....	76
5.2.50 Pompa Utilitas (PU-418) .....	77
5.2.51 Pompa Utilitas (PU-419) .....	77
5.2.52 Pompa Utilitas (PU-420) .....	78
5.2.53 Pompa Utilitas (PU-501) .....	78
5.2.54 Pompa Utilitas (PU-502) .....	79
5.2.55 Pompa Utilitas (PU-503) .....	79
5.2.56 Pompa Utilitas (PU-801) .....	80

## **BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH**

6.1 Unit Penyedia Air .....	81
6.2 Unit Penyedia <i>Steam</i> .....	92
6.3 Unit Pembangkit Tenaga Listrik .....	92
6.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar .....	92
6.5 Unit Penyediaan Udara Tekan .....	93
6.6 Unit Pengolahan Limbah .....	93
6.7 Unit Laboratorium .....	93
6.8 Instrumentasi dan Pengendalian Proses .....	96

## **BAB VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK**

7.1 Lokasi Pabrik .....	99
7.2 Tata Letak Pabrik .....	101
7.3 Estimasi Area Pabrik .....	104

## **BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN**

8.1 Bentuk Perusahaan .....	107
8.2 Struktur Organisasi Perusahaan .....	109
8.3 Tugas dan Wewenang .....	112
8.3.1 Pemegang Saham .....	112
8.3.2 Dewan Komisaris .....	113
8.3.3 Dewan Direksi .....	113
8.3.4 Kepala Bagian .....	114
8.4 Sistem Karyawan dan Sistem Penggajian .....	119
8.4.1 Status Karyawan .....	119
8.4.2 Gaji Karyawan .....	119
8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	120
8.5.1 Karyawan <i>Non Shift</i> .....	120
8.5.2 Karyawan <i>Shift</i> .....	120
8.6 Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan .....	122
8.6.1 Penggolongan Jabatan .....	122
8.6.2 Perincian Jumlah Karyawan .....	123
8.7 Kesejahteraan Karyawan .....	126

## **BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI**

9.1 Investasi .....	129
9.2 Evaluasi Ekonomi .....	134
9.3 Angsuran Pinjaman .....	136

## **BAB X SIMPULAN DAN SARAN**

10.1 Simpulan .....	138
10.2 Saran .....	138



**DAFTAR PUSTAKA ..... 139**

**LAMPIRAN**

**LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA**

**LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA ENERGI**

**LAMPIRAN C PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN PROSES**

**LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITAS**

**LAMPIRAN E PERHITUNGAN INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI**

**LAMPIRAN F TUGAS KHUSUS**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1.1	Pabrik Asam Asetat di Dunia ..... 2
Tabel 1.2	Pabrik Amil Alkohol di China ..... 3
Tabel 1.3	Pabrik Amil Asetat di Dunia ..... 3
Tabel 1.4	Data Impor Amil Asetat ..... 4
Tabel 1.5	Perbandingan Lokasi Pabrik ..... 5
Tabel 2.1	Harga Bahan Baku dan Produk (a) ..... 10
Tabel 2.2	Harga Bahan Baku dan Produk (b) ..... 12
Tabel 2.3	Data Entalpi Pembentukan Standar (a) ..... 15
Tabel 2.4	Data Konstanta Cp Masing-masing Komponen (a) ..... 16
Tabel 2.5	Data Energi Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) pada 298,15 K (a) ..... 17
Tabel 2.6	Data Entalpi Pembentukan Standar (b) ..... 18
Tabel 2.7	Data Konstanta Cp Masing-masing Komponen (b) ..... 19
Tabel 2.8	Data Energi Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) pada 298,15 K (b) ..... 20
Tabel 2.9	Perbandingan Proses ..... 21
Tabel 4.1	Neraca Massa di <i>Mixed Point</i> (MP-101) ..... 30
Tabel 4.2	Neraca Massa Reaktor (RE-201) ..... 30
Tabel 4.3	Neraca Massa <i>Decanter</i> (DC-301) ..... 31
Tabel 4.4	Neraca Massa Menara Distilasi (MD-301) ..... 31
Tabel 4.5	Neraca Massa <i>Condenser</i> (CD-301) ..... 31
Tabel 4.6	Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-301) ..... 32
Tabel 4.7	Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-101) ..... 32
Tabel 4.8	Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-102) ..... 32
Tabel 4.9	Neraca Panas Reaktor (RE-201) ..... 33
Tabel 4.10	Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-201) ..... 33

Tabel 4.11	Neraca Panas <i>Decanter</i> (DC-301) .....	33
Tabel 4.12	Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-301) .....	34
Tabel 4.13	Neraca Panas Menara Distilasi (MD-301) .....	34
Tabel 4.14	Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-301) .....	34
Tabel 4.15	Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-302) .....	35
Tabel 5.1.1	Spesifikasi Tangki CH <sub>3</sub> COOH (ST-101) .....	36
Tabel 5.1.2	Spesifikasi Tangki C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH (ST-102) .....	37
Tabel 5.1.3	Spesifikasi Tangki CH <sub>3</sub> COOC <sub>5</sub> H <sub>11</sub> (ST-103) .....	37
Tabel 5.1.4	Spesifikasi Reaktor (RE-201) .....	38
Tabel 5.1.5	Spesifikasi <i>Decanter</i> (DC-301) .....	39
Tabel 5.1.6	Spesifikasi Menara Distilasi (MD-301) .....	39
Tabel 5.1.7	Spesifikasi <i>Condenser</i> (CD-301) .....	40
Tabel 5.1.8	Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301) .....	40
Tabel 5.1.9	Spesifikasi <i>Accumulator</i> (ACC-301) .....	41
Tabel 5.1.10	Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-101) .....	41
Tabel 5.1.11	Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-102) .....	42
Tabel 5.1.12	Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-301) .....	43
Tabel 5.1.13	Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-201) .....	43
Tabel 5.1.14	Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301) .....	44
Tabel 5.1.15	Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-302) .....	44
Tabel 5.1.16	Spesifikasi Pompa Proses (PP-101) .....	45
Tabel 5.1.17	Spesifikasi Pompa Proses (PP-102) .....	45
Tabel 5.1.18	Spesifikasi Pompa Proses (PP-103) .....	46
Tabel 5.1.19	Spesifikasi Pompa Proses (PP-104) .....	47
Tabel 5.1.20	Spesifikasi Pompa Proses (PP-105) .....	47
Tabel 5.1.21	Spesifikasi Pompa Proses (PP-106) .....	48
Tabel 5.1.22	Spesifikasi Pompa Proses (PP-107) .....	48
Tabel 5.1.23	Spesifikasi Pompa Proses (PP-108) .....	49
Tabel 5.1.24	Spesifikasi Pompa Proses (PP-109) .....	49
Tabel 5.1.25	Spesifikasi Pompa Proses (PP-110) .....	50
Tabel 5.2.1	Spesifikasi Basin Sedimentasi (BD-401) .....	51
Tabel 5.2.2	Spesifikasi <i>Storage Tank Tawas</i> (ST-401) .....	51

Tabel 5.2.3	Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Kapur (ST-402)	52
Tabel 5.2.4	Spesifikasi <i>Storage Tank Polyelektrolit</i> (ST-403)	52
Tabel 5.2.5	Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Kaporit (ST-404)	53
Tabel 5.2.6	Spesifikasi <i>Storage Tank Water Filter</i> (ST-405)	54
Tabel 5.2.7	Spesifikasi <i>Storage Tank Dispersant</i> (ST-406)	54
Tabel 5.2.8	Spesifikasi <i>Storage Tank Inhibitor</i> (ST-407)	55
Tabel 5.2.9	Spesifikasi <i>Storage Tank</i> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ST-408)	55
Tabel 5.2.10	Spesifikasi <i>Storage Tank</i> NaOH (ST-409)	56
Tabel 5.2.11	Spesifikasi <i>Storage Tank Demin Water</i> (ST-410)	57
Tabel 5.2.12	Spesifikasi <i>Storage Tank Hydrant Water</i> (ST-411)	57
Tabel 5.2.13	Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL-401)	58
Tabel 5.2.14	Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401)	59
Tabel 5.2.15	Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB-401)	59
Tabel 5.2.16	Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401)	60
Tabel 5.2.17	Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401)	60
Tabel 5.2.18	Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401)	61
Tabel 5.2.19	Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401)	61
Tabel 5.2.20	Spesifikasi <i>Storage Tank Hidrazine</i> (ST-501)	62
Tabel 5.2.21	Spesifikasi Deaerator (DA-501)	62
Tabel 5.2.22	Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-501)	63
Tabel 5.2.23	Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Bahan Bakar (ST-502)	64
Tabel 5.2.24	Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CY-601)	64
Tabel 5.2.25	Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD-601)	65
Tabel 5.2.26	Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-601)	65
Tabel 5.2.27	Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 1 (BU-601)	66
Tabel 5.2.28	Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 2 (BU-602)	66
Tabel 5.2.29	Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 3 (BU-603)	66
Tabel 5.2.30	Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 4 (BU-604)	66
Tabel 5.2.31	Spesifikasi <i>Generator</i> (GS-701)	67
Tabel 5.2.32	Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Limbah Cair (ST-801)	67
Tabel 5.2.33	Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-401)	68
Tabel 5.2.34	Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-402)	68

Tabel 5.2.35	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403)	69
Tabel 5.2.36	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404)	69
Tabel 5.2.37	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405)	70
Tabel 5.2.38	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406)	70
Tabel 5.2.39	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407)	71
Tabel 5.2.40	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408)	71
Tabel 5.2.41	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409)	72
Tabel 5.2.42	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410)	72
Tabel 5.2.43	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411)	73
Tabel 5.2.44	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412)	73
Tabel 5.2.45	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-413)	74
Tabel 5.2.46	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-414)	75
Tabel 5.2.47	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-415)	75
Tabel 5.2.48	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416)	76
Tabel 5.2.49	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-417)	76
Tabel 5.2.50	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418)	77
Tabel 5.2.51	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-419)	77
Tabel 5.2.52	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-420)	78
Tabel 5.2.53	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-501)	78
Tabel 5.2.54	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-502)	79
Tabel 5.2.55	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-503)	79
Tabel 5.2.56	Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-801)	81
Tabel 6.1	Kebutuhan Air Umum	82
Tabel 6.2	Kebutuhan Air Pendingin	83
Tabel 6.3	Persyaratan Kualitas Air Pendingin	83
Tabel 6.4	Kebutuhan Air Pembangkit <i>Steam</i>	86
Tabel 6.5	Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	97
Tabel 6.6	Pengendalian Variabel Utama Proses	98
Tabel 7.1	Perincian Luas Area Pabrik Amil Asetat	104
Tabel 8.1	Jadwal Kerja Masing-masing Regu	121
Tabel 8.2	Perincian Tingkat Pendidikan	122
Tabel 8.3	Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses	123



Tabel 8.4	Jumlah Operator Berdasarkan Alat Utilitas .....	124
Tabel 8.5	Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan .....	124
Tabel 9.1	Perincian TCI Pabrik Amil Asetat .....	129
Tabel 9.2	Perincian TPC Pabrik Amil Asetat .....	131
Tabel 9.3	<i>General Expenses</i> .....	132
Tabel 9.4	Daftar Gaji Karyawan .....	132
Tabel 9.5	<i>Minimum Acceptable Percent Return of Investment</i> ..	134
Tabel 9.6	<i>Minimum Acceptable Percent Pay Out Time</i> .....	135
Tabel 9.7	Hasil Uji Kelayakan Ekonomi .....	137

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1.1 Kebutuhan Impor Amil Asetat di Indonesia .....	4
Gambar 1.2 Peta Lokasi Pabrik .....	6
Gambar 2.1 Diagram Alir Proses .....	23
Gambar 6.1 Diagram <i>Cooling Water System</i> .....	85
Gambar 7.1 Peta Lokasi Pabrik .....	105
Gambar 7.2 Tata Letak pabrik dan Fasilitas Pendukung .....	105
Gambar 7.3 Tata Letak Peralatan Proses .....	106
Gambar 8.1 Struktur Organisasi Perusahaan .....	111
Gambar 9.1 Grafik Analisa Ekonomi .....	136
Gambar 9.2 Kurva <i>Commulative Cash Flow</i> .....	137

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Menurut *Worldometers*, Indonesia merupakan negara dengan populasi penduduk terbanyak ke-empat didunia setelah China, India dan *United States* dengan jumlah penduduk sebanyak 273.523.615 jiwa. Seiring meningkatnya populasi di Indonesia menyebabkan meningkatnya keperluan akan produk-produk penunjang dalam mendukung kebutuhan sehari-hari, seperti halnya industri dibidang kimia seperti amil asetat.

Amil asetat merupakan salah satu ester yang dihasilkan dari proses esterifikasi antara amil alkohol dan asam asetat. Amil asetat biasa digunakan sebagai campuran cat, tekstil, dan bahan industri sablon. Selain itu, amil asetat juga digunakan sebagai bahan obat-obatan, parfum dengan aroma pisang.

Amil asetat merupakan senyawa yang cukup banyak dibutuhkan di Indonesia, dan pada saat ini Indonesia masih mengimpor amil asetat dari luar negeri seperti Vietnam, *United States*, *United Kingdom*, Turki, Uni Emirat Arab, Thailand, Taiwan, Spanyol, Singapura dalam jumlah yang cukup besar. Indonesia tidak memiliki pabrik yang memproduksi amil asetat, walaupun sebagian besar bahan bakunya terdapat didalam negeri. Hal ini mendorong perlu adanya industri amil asetat untuk memenuhi kebutuhan bahan baku dalam negeri.

Pembangunan pabrik amil asetat di Indonesia akan membantu memenuhi kebutuhan akan amil asetat di Indonesia. Pendirian amil asetat diharapkan mampu memberikan dampak positif bagi perkembangan industri cat,

farmasi, dan industri lainnya di Indonesia. Adanya pabrik amil asetat ini dapat mengurangi jumlah impor dan pengeluaran devisa negara untuk mengimpor amil asetat tersebut. Disamping itu dengan adanya pendirian pabrik amil asetat di Indonesia dapat membuka lapangan pekerjaan.

## 1.2 Kegunaan Produk

Amil asetat dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan sehari-hari masyarakat Indonesia, antara lain :

1. Sebagai pelarut cat
2. Sebagai bahan untuk pembuatan parfum
3. Sebagai penyamakan kerajinan kulit
4. Sebagai campuran untuk proses ekstraksi dan pemurnian pada pembuatan antibiotik
5. Sebagai pemberi aroma

## 1.3 Ketersediaan Bahan Baku

### 1.3.1 Asam Asetat

Asam asetat didapatkan dari PT. Indo Acidatama Chemical Industry yang terletak di Surakarta dengan kapasitas produksi 36.600 ton/tahun dengan konsentrasi 99,8 % (www.acidatama.co.id, 2023).

Tabel 1.1 Pabrik Asam Asetat di Dunia

No.	Nama Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)	Lokasi	Kemurnian	Harga (\$/kg)	Sumber
1.	PT. Indo Acidatama Chemical Industri	36.600	Sragen, Jawa Tengah	99,8%	0,35	www.acidatama.com
2.	Chang Chun Petrochemical	60.000	Mailiao, Taiwan	99,5%	0,34	www.ccp.com.tw www.alibaba.com
3.	Lotte Ineos Chemicals	650.000	Ulsan, Korea Selatan	99%	0,3	www.lotteineos.com www.alibaba.com
4.	Celanese Chemical	180.000	Texas, USA	99,85%	0,37	www.celanese.com www.alibaba.com
5.	BP Chemicals	675.000	London, UK	99,5%	0,35	www.bp.com www.alibaba.com

### 1.3.2 Amil Alkohol

Amil alkohol didapatkan dari Jiangsu Hengxing New Material Technology Co., Ltd yang terletak di China dengan kapasitas 300.000 ton/tahun dengan kemurnian 99%. ([www.jshengxing.en.made-in-china.com](http://www.jshengxing.en.made-in-china.com), 2023).

Tabel 1.2 Pabrik Amil Alkohol di China

No.	Nama Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)	Lokasi	Kemurnian	Harga (\$/kg)	Sumber
1.	Jiangsu Hengxing New Material Technology	300.000	Jiangsu, China	99%	1,5	<a href="http://www.jshengxing.en.made-in-china.com">www.jshengxing.en.made-in-china.com</a> <a href="http://www.alibaba.com">www.alibaba.com</a>
2.	Zhengzhou Yibang Industrial	8.000	Henan, China	>98%	1,2	<a href="http://www.yibangchem.com">www.yibangchem.com</a> <a href="http://www.alibaba.com">www.alibaba.com</a>
3.	Beijing Huamaoyuan Fragrance Flavor	6.000	Beijing, China	99%	1,5	<a href="http://www.bjhuamaoyuan.m.ec21.com">www.bjhuamaoyuan.m.ec21.com</a> <a href="http://www.alibaba.com">www.alibaba.com</a>

### 1.4 Analisa Pasar

Untuk mengetahui seberapa besar minat pasar terhadap suatu produk maka dilakukan Analisa pasar. Adapun data yang harus dimiliki yakni data impor amil asetat di Indonesia. Data impor ini akan digunakan untuk melakukan perhitungan kapasitas rancangan pabrik yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pabrik ini rencananya akan beroperasi pada tahun 2027.

#### 1.4.1 Kapasitas Produksi Amil Asetat

Berikut ini merupakan perusahaan yang memproduksi amil asetat di dunia:

Tabel 1.3 Pabrik Amil Asetat di Dunia

No.	Nama Pabrik	Kapasitas	Lokasi	Sumber
1.	G.J. Chemical	50.000	New Jersey, AS	<a href="http://www.gjchemical.com">www.gjchemical.com</a>
2.	Zhengzhou Yibang	60.000	Henan, China	<a href="http://www.alibaba.com">www.alibaba.com</a>
3.	Jiangsu Hengxing	300.000	Jiangsu, China	<a href="http://www.alibaba.com">www.alibaba.com</a>
4.	Shandong Baovi	9.600	Shandong, China	<a href="http://www.alibaba.com">www.alibaba.com</a>
5.	Guanlang Biotechnology	2.400	Hebei, China	<a href="http://www.alibaba.com">www.alibaba.com</a>
6.	Destilaciones Bordas Chinchurreta SA	95.000	Sevilla, Spanyol	<a href="http://www.bordas-sa.com">www.bordas-sa.com</a>

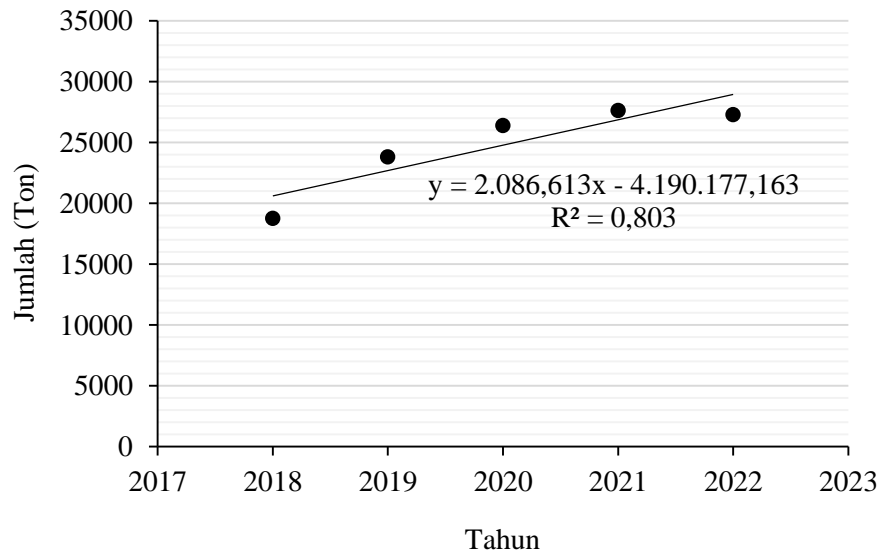
### 1.4.2 Data Impor

Berikut merupakan data impor amil asetat di Indonesia dari tahun 2018-2022 (BPS, 2023):

Tabel 1.4 Data Impor Amil asetat

Tahun	Data Impor (ton/tahun)
2018	18.762,351
2019	23.817,511
2020	26.404,818
2021	27.631,248
2022	27288,547

Dari data di atas terjadi kenaikan impor pada tahun 2018 sampai dengan 2022, sehingga diperlukan adanya industri yang memproduksi amil asetat guna menekan jumlah impor amil asetat diluar negeri dimana hal ini dapat pula dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Kebutuhan Impor Amil asetat di Indonesia

Pada Gambar 1.1 dengan menggunakan metode persamaan linear diperoleh persamaan  $y = 2.086,613x - 4.190.177,163$  dimana  $x$  adalah jumlah tahun yang dihitung. Dari persamaan ini, pada tahun 2028 diperoleh kebutuhan impor amil asetat sebesar 41.474,001 ton. Berdasarkan hasil perhitungan

peluang kapasitas dan dengan pertimbangan kebutuhan amil asetat didalam negeri, maka dalam perancangan ini dipilih kapasitas 40.000 ton/tahun.

Namun, berdasarkan UUD Republik Indonesia Nomor 5 tahun 1999 tentang larangan praktek monopoli dan persaingan usaha tidak sehat, bahwasanya satu pelaku usaha hanya boleh maksimal menguasai 75% pasar. Maka dari itu, pendirian pabrik ini direncanakan akan memenuhi 75% dari total kebutuhan dalam negeri.

$$\begin{aligned} \text{Impor di Indonesia} &= 75 \% \times 41.474,001 \text{ ton/tahun} \\ &= 31.105,50 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan peluang kapasitas dan dengan pertimbangan kebutuhan amil asetat didalam negeri, maka ditetapkan kapasitas pabrik amil asetat ini sebesar 30.000 ton/tahun.

## 1.5 Penentuan Lokasi Pabrik

Tabel 1.5 Perbandingan Lokasi Pabrik

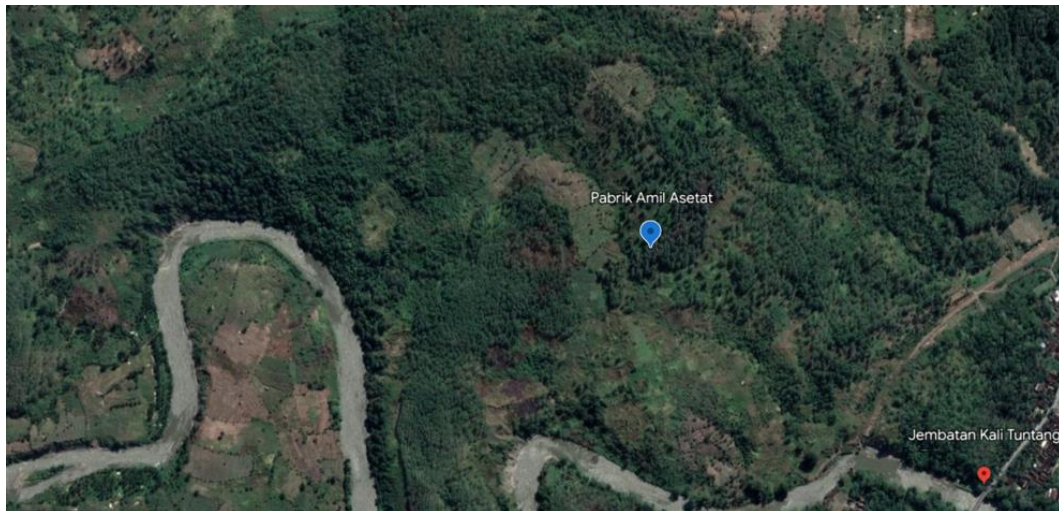
Tinjauan	Krajan, Tempuran, kec. Bringin, Kab. Semarang, Jawa Tengah	Gabeg, Wonosari, Kec. Gondangrejo, Kab. Karanganyar, Jawa Tengah
Titik Koordinat	7°12'06°S 110°36'16°E	7°29'30°S 110°52'57°E
Pelabuhan terdekat	Tanjung Emas	Tanjung Emas
Jarak ke pelabuhan	33,26 km***	78,66 km*
Pabrik asam asetat terdekat	48,97 km**	3,88 km***
Sumber Air	Sungai Tuntang	Sungai Bengawan Solo
Jarak dari sumber air	476,21 m**	305,89 m ***
Debit	893 m3/detik***	684 m3/detik**

Keterangan :

\* = cukup

\*\* = baik

\*\*\* = sangat baik



Gambar 1.2 Peta Lokasi Pabrik

Dari hasil perbandingan diatas, pabrik amil asetat ini direncanakan akan didirikan di Krajan, Tempuran, Kec. Bringin, Kab. Semarang, Jawa Tengah. Pertimbangan penentuan lokasi ini adalah:

1. Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama untuk melangsungkan operasi pabrik sehingga keberadaannya harus benar-benar diperhatikan. Bahan baku yang digunakan pada pembuatan amil asetat ini adalah asam asetat dan amil alkohol. Asam asetat dapat diperoleh langsung dari PT. Indo Acidatama Chemical Industri di Surakarta, Jawa Tengah. Sedangkan untuk amil alkohol diimpor langsung dari Jiangsu Hengxing New Material Technology Co., Ltd yang berada di China.

2. Pemasaran

Produk amil asetat yang dihasilkan akan dipasarkan ke beberapa daerah yang ada di Indonesia. Amil asetat banyak diaplikasikan sebagai bahan kimia pelarut cat, pelarut pada kerajinan kulit, dan digunakan pada industri sablon. Kota-kota yang paling banyak menggunakan produk cat seperti Jakarta, Bandung, Semarang dan Surabaya adalah tempat strategis untuk memasarkan produk ini.

3. Transportasi

Fasilitas transportasi yang ada di daerah Jawa Tengah baik darat maupun laut sudah sangat memadai. Kualitas jalan cukup baik dan letak pabrik dekat dengan pelabuhan Tanjung Emas di Semarang untuk pemasaran luar pulau



Jawa merupakan sarana transportasi bahan baku. Selain itu, dekat dengan jalan tol Bawen-Salatiga.

#### 4. Penyediaan Tenaga Listrik

Kebutuhan listrik pabrik ini seluruhnya dipenuhi dari PT. PLN Nusantara Power sedangkan untuk keadaan darurat, pabrik memiliki generator cadangan.

#### 5. Penyediaan Air

Penggunaan air pada industri sangatlah banyak jumlahnya. Kebutuhan air pendingin, umpan boiler, keperluan proses serta keperluan umum seluruhnya hasil pengolahan air sungai Kali Tuntang. Pemilihan sumber ini ditunjang oleh letak pabrik yang dekat dengan sungai.

#### 6. Kebutuhan Tenaga Kerja

Tenaga kerja sangat menunjang dalam pengoperasian pabrik, tenaga kerja untuk pabrik ini akan direkrut dari :

- a. Masyarakat sekitar pabrik.
- b. Tenaga ahli yang tinggal dekat dengan daerah pabrik dan luar daerah.

Tenaga kerja tersebut adalah tenaga kerja yang masih produktif.

#### 7. Keadaan Masyarakat

Lokasi pabrik ini terletak di Jawa Tengah, banyaknya industri serupa disekitarnya menyebabkan masyarakat sudah terbiasa dengan kehadiran pabrik-pabrik dengan resiko tinggi. Selain itu, berdirinya pabrik ini juga akan membantu menciptakan lapangan kerja bagi masyarakat sekitar pabrik.

#### 8. Kondisi Iklim dan Cuaca

Kondisi iklim di sekitar lokasi pabrik relatif stabil. Suhu udara beragam antara 24 - 34°C.

#### 9. Kontur Tanah dan Pengamanan terhadap Banjir

Tipe dan struktur tanah pada daerah Semarang, Jawa Tengah merupakan kontur tanah datar. Letak pabrik di Krajan, Jawa tengah merupakan daerah bebas banjir.

## **BAB II**

### **PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES**

#### **2.1 Jenis-jenis Proses**

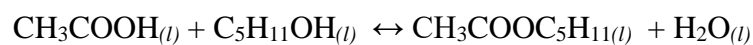
Proses pembuatan amil asetat biasanya menggunakan cara esterifikasi dengan bahan baku amil alkohol dan asam asetat sebagai asam karboksilatnya. Adapun cara-cara yang dapat dipakai dalam pembuatan amil asetat adalah sebagai berikut.

##### **2.1.1 Pembuatan Amil Asetat dari Asam Asetat dan Amil Alkohol**

Amil asetat biasanya diproduksi dengan reaksi esterifikasi antara asam asetat dengan amil alkohol. Esterifikasi merupakan reaksi untuk membentuk senyawa ester. Ester-ester organik banyak digunakan di industri sebagai solven, bahan parfum, dan bahan aroma buatan. Reaksi esterifikasi adalah reaksi yang berjalan lambat sehingga membutuhkan katalis untuk mempercepat laju reaksi. Katalis homogen yang biasanya digunakan pada reaksi esterifikasi adalah katalis cair seperti asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan asam klorida (HCl). Katalis tersebut menimbulkan efek katalitik yang sangat kuat tetapi menimbulkan efek samping seperti pembentukan alkil klorida, dehidrasi, maupun isomerisasi. Selain itu juga dapat menimbulkan korosi pada alat-alat proses dan kontaminasi pada produk ester (Mandake dkk., 2013).

Selain katalis asam kuat, terdapat katalis lain yang dapat digunakan pada reaksi esterifikasi adalah katalis padat. Katalis jenis *cation exchange resin* biasa digunakan untuk reaksi esterifikasi karena memiliki sifat selektif saat adsorpsi reaktan sehingga dapat memengaruhi konversi kesetimbangan (Zeng *et al.*, 2012). Kelemahan dari katalis ini adalah lebih mahal dari

katalis asam tetapi dapat digunakan pada *Contonous Stirrer Tank Reaktor* (CSTR) atau *Fixed Bed Reactor* sehingga lebih ekonomis. Katalis lainnya adalah *Amberlyst 15* yang memiliki stabilitas kimia serta termal yang baik membuat resin ini banyak digunakan khususnya reaksi esterifikasi sebagai katalis. Umumnya, reaksi yang menggunakan katalis ini menghasilkan konversi dan selektivitas produk ester yang besar sehingga katalis ini lebih direkomendasikan (Lee *et al.*, 2001). Adapun reaksi esterifikasi pembentukan amil asetat dari asam asetat dan amil alkohol adalah sebagai berikut.



Reaksi esterifikasi merupakan reaksi bolak-balik sehingga konversi dibatasi oleh konversi kesetimbangan. Untuk memperbesar konversi umumnya mengambil perbandingan komposisi pereaksi dengan jumlah alkohol berlebih. Untuk menggeser kesetimbangan kearah produk, dilakukan berbagai cara, salah satunya yaitu dengan menggunakan reaktan berlebih (*excess*). Orde reaksi dari persamaan reaksi asam asetat dan amil alkohol merupakan orde reaksi 1. Pada sistem heterogen cair-cair untuk amil alkohol dan asam asetat, dianggap hanya asam asetat yang berpindah ke fase amil alkohol (Fakhry, 2016).

Pembuatan amil asetat dari asam asetat dan amil alkohol menggunakan *Fixed Bed Reactor* dalam fasa cair. Proses ini terjadi pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm dengan konversi sebesar 84%. Perbandingan mol reaktan asam asetat dengan amil alkohol adalah 1:3 (Lee, 2001). Reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis atau reaksi yang melepaskan panas. Produk samping yang dihasilkan dari proses ini yaitu air (H<sub>2</sub>O). Kelebihan proses ini adalah pada suhu dan tekanan yang relatif rendah reaksi dapat berjalan dengan baik, bahan baku tidak beracun, dan reaksi berjalan reversibel.

### **2.1.2 Pembuatan Amil Asetat dari Amil Klorida dan Natrium Asetat**

Proses pembuatan amil asetat dari amil klorida dan natrium asetat dengan bahan baku berupa fasa cair-cair dijalankan pada suhu 210°C dan tekanan 14

atm dengan konversi yang dihasilkan sebesar 70%. Katalis yang biasanya digunakan adalah asam sulfat. Reaksi samping yang dihasilkan berupa natrium klorida (Koch and Burrell, 1927). Adapun reaksi yang terjadi pada pembuatan amil asetat dari amil klorida dan natrium asetat yaitu :



Kelemahan proses ini adalah bahan baku yang mahal, suhu dan tekanan operasi tinggi, konversi yang dihasilkan rendah, dan katalis yang digunakan bersifat korosif.

## 2.2 Pemilihan Proses

### 2.2.1 Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui keuntungan bruto yang dihasilkan oleh pabrik ini selama setahun dengan kapasitas 30.000 ton/tahun. Berikut beberapa harga bahan baku dan produk pada tahun 2023.

#### a) Pembuatan Amil Asetat dari Asam Asetat dan Amil Alkohol

Tabel 2.1 Harga Bahan Baku dan Produk

Bahan	BM (kg/kmol)	Harga/kg (\$)	Harga/kg (Rp)
Asam asetat	60,053	0,35	5.261,17
Amil alkohol	88,15	1,5	22.547,85
Amil asetat	130,188	3	45.095,7

Sumber: m.alibaba.com, 2023

Kurs 1\$ = Rp15.031,9 (Diakses pada 23 Januari 2023)

$$\text{Massa CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11} = 30.000 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Kemurnian CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11} = 99\%$$

$$\text{Mol CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11} = \frac{\text{massa CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}}{\text{BM CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11} &= \frac{30.0000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{100 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \\ &= 3.787,8788 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Untuk kapasitas produksi 3.787,8788 kg/jam dengan konversi 84% berdasarkan jurnal (Lee. 2001) sehingga jumlah kmol/jam amil asetat yang dihasilkan sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Mol CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11} &= \frac{\text{massa CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}}{\text{BM CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}} \\ &= \frac{3.787,8788 \text{ kg/jam}}{130,188 \text{ kg/kmol}} \\ &= 29,095 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

Dengan reaksi :

	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$+$	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$	$\leftrightarrow$	$\text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}$	$+$	$\text{H}_2\text{O}$
M	: 34,3		29,358		0,291		1,68
B	: 28,812		28,812		28,812		28,812
S	: 5,488		74,089		29,103		30,492

- Massa umpan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  = mol  $\text{CH}_3\text{COOH}$  x BM  
 = 34,3 kmol/jam x 60,053 kg/kmol  
 = 2.059,833 kg/jam  
 = 16.313.879,77 kg/tahun

Harga  $\text{CH}_3\text{COOH}$  = massa x harga  
 = 16.313.879,77 kg/tahun x \$0,35/kg  
 = \$5.709.857,92/tahun

- Massa umpan  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$  = mol  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$  x BM  
 = 29.358 kmol/jam x 88,15 kg/kmol  
 = 2857,92 kg/jam  
 = 20.496.329,65 kg/tahun

Harga  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$  = massa x harga  
 = 20.496.329,65 kg/tahun x \$1,5/kg  
 = \$30.744.494,48/tahun

- Harga produk  $\text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}$  = massa x harga  
 = 30.000.000 kg/tahun x \$3/kg

$$= \$90.000.000/\text{tahun}$$

Jumlah harga bahan baku :

$$\begin{aligned} &= \text{Harga CH}_3\text{COOH} + \text{Harga C}_5\text{H}_{11}\text{OH} \\ &= \$5.709.857,92/\text{tahun} + \$30.744.494,48/\text{tahun} \\ &= \$36.454.352,4/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Profit} &= \text{Harga produk} - \text{Harga bahan baku} \\ &= \$90.000.000/\text{tahun} - \$36.454.352,4/\text{tahun} \\ &= \$53.545.647,6/\text{tahun} \\ &= \text{Rp}804.892.820.219,45/\text{tahun} \end{aligned}$$

**b) Pembuatan Amil Asetat dari Amil Klorida dan Natrium Asetat**

Tabel 2.2 Harga Bahan Baku dan Produk

Bahan	BM (kg/kmol)	Harga/kg (\$)	Harga/kg (Rp)
Amil klorida	106	1,7	25.554,23
Natrium asetat	82	1,5	22.547,85
Amil asetat	130,188	3	45.095,7
Natrium klorida	58	2	30.063,8

Sumber: m.alibaba.com, 2023

Kurs 1\$ = Rp15.031,9 (Diakses pada 23 Januari 2023)

$$\text{Massa CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11} = 30.000 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Kemurnian CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11} = 99\%$$

$$\text{Mol CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11} = \frac{\text{massa CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}}{\text{BM CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11} &= \frac{30.0000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{100 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \\ &= 3.787,8788 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Untuk kapasitas produksi 3.787,8788 kg/jam dengan konversi 70% berdasarkan jurnal (Koch & Burrell, 1927) sehingga jumlah kmol/jam amil asetat yang dihasilkan sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Mol CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11} &= \frac{\text{massa CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}}{\text{BM CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}} \\ &= \frac{3.787,8788 \text{ kg/jam}}{130,188 \text{ kg/kmol}} \\ &= 29,095 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol CH}_5\text{H}_{11}\text{Cl} &= \frac{100\%}{70\%} \times 29,095 \text{ kmol/jam} \\ &= 41,565 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

Reaksi :

	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}$	+	$\text{CH}_3\text{COONa}$	$\rightarrow$	$\text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}$	+	$\text{NaCl}$
M	: 41,565		41,565		-		-
B	: 29,095		29,095		29,095		29,095
S	: 12,469		12,469		29,095		29,095

- Massa umpan  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}$ 
  - = mol  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}$  x BM
  - = 41,565 kmol/jam x 106 kg/kmol
  - = 4.405,883 kg/jam
  - = 348.945.592 kg/tahun

Harga  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}$ 

- = massa x harga
- = 348.945.592 kg/tahun x \$1,7/kg
- = \$59.320.806/tahun

- Massa umpan  $\text{CH}_3\text{COONa}$ 
  - = mol  $\text{CH}_3\text{COONa}$  x BM
  - = 41,565 kmol/tahun x 82 kg/kmol
  - = 3.408,324 kg/jam
  - = 269.939.929,66 kg/tahun

Harga  $\text{CH}_3\text{COONa}$ 

- = massa x harga
- = 269.939.929,66 kg/tahun x \$1,5/kg
- = \$40.490.894/tahun

- Massa produk  $\text{NaCl}$ 
  - = mol  $\text{NaCl}$  x BM
  - = 29,095 kmol/tahun x 58 kg/kmol
  - = 1.687.536 kg/jam

$$\begin{aligned}
 &= 13.365.287,12 \text{ kg/tahun} \\
 \text{Harga NaCl} &= \text{massa} \times \text{harga} \\
 &= 13.365.287,12 \text{ kg/tahun} \times \$2/\text{kg} \\
 &= \$26.730.574,25/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

- Harga amil asetat
 
$$\begin{aligned}
 &= \text{massa} \times \text{harga} \\
 &= 30.000.000 \text{ kg} \times \$3/\text{kg} \\
 &= \$90.000.000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah harga bahan baku} &= \text{Harga } C_5H_{11}Cl + \text{Harga } CH_3COONa \\
 &= \$59.320.806/\text{tahun} + \$40.490.894/\text{tahun} \\
 &= \$99.811.700,88/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah harga produk} &= \text{Harga } CH_3COOC_5H_{11} + \text{Harga NaCl} \\
 &= \$90.000.000/\text{tahun} + \$26.730.574,25/\text{tahun} \\
 &= \$116.730.574,25/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Profit} &= \text{Harga produk} - \text{Harga bahan baku} \\
 &= \$116.730.574,25/\text{tahun} - 99.811.700,88/\text{tahun} \\
 &= \$16.918.873,37/\text{tahun} \\
 &= \text{Rp}254.322.812.543,62/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

### 2.2.2 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan ini mempertimbangkan beberapa hal seperti tekanan operasi, entalpi reaksi ( $\Delta H^\circ$ ) dan energi gibbs ( $\Delta G^\circ$ ). Tekanan dan suhu reaksi yang digunakan dapat mempengaruhi besarnya konversi dan produk yang dihasilkan.

Entalpi reaksi ( $\Delta H^\circ$ ) merupakan besarnya panas reaksi yang mampu dihasilkan atau dibutuhkan untuk berlangsungnya suatu reaksi kimia.  $\Delta H^\circ$  dapat bernilai positif (+) yang menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas untuk melangsungkan reaksi kimia tersebut



(endotermis). Sedangkan untuk  $\Delta H^\circ$  yang bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi (eksotermis).

Energi Gibbs menunjukkan spontan atau tidak spontannya suatu reaksi kimia. Apabila  $\Delta G^\circ$  bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar. Sedangkan  $\Delta G^\circ$  bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya sedikit membutuhkan energi. Oleh karena itu, semakin kecil atau negatif  $\Delta G^\circ$  maka reaksi tersebut akan semakin baik karena untuk berlangsung spontan energi yang dibutuhkan semakin kecil, begitupun sebaliknya.

**a) Pembuatan Amil Asetat dari Asam Asetat dan Amil Alkohol**

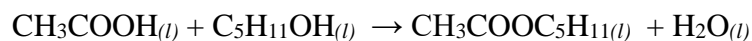
**1. Menentukan Nilai Entalpi Reaksi ( $\Delta H^\circ$ )**

**Tabel 2.3** Data Entalpi Pembentukan Standar ( $\Delta H_f^\circ$ ) pada 298,15 K

Komponen	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)
CH <sub>3</sub> COOH	-434,84
C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH	-302,38
CH <sub>3</sub> COOC <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	-505,5
H <sub>2</sub> O	-241,8

(Yaws, 1999)

Reaksi :



- Menghitung nilai entalpi reaksi pada 25°C atau 298,15 K ( $\Delta H^\circ_0$ )

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_0 &= \sum n.\Delta H_f^\circ \text{ produk} - \sum n.\Delta H_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= [\Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11} + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}] - [\Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{COOH} + \Delta H_f^\circ \text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}] \\ &= [-505,5 + (-241,8)] - [-434,84 + (-302,38)] \text{ kJ/mol} \\ &= -10,08 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

- Menghitung nilai entalpi reaksi pada suhu operasi ( $\Delta H^\circ$ )  
Untuk menghitung  $\Delta H^\circ$  pada suhu tertentu menggunakan persamaan berikut.

$$\Delta H^\circ = \Delta H_0^\circ + \Delta C_p^\circ \times \Delta T$$

Untuk mencari nilai  $\Delta C_p^\circ$  menggunakan persamaan berikut ini.

$$\Delta C_p^\circ = R \times \left[ \Delta A + \frac{\Delta B}{2} T_0 (\tau + 1) + \frac{\Delta C}{3} T_0^2 (\tau^2 + \tau + 1) + \frac{\Delta D}{\tau T_0^2} \right]$$

(Smith, 2001)

Di mana :

$$R = 8,314 \text{ kJ/mol.K}$$

$$T = 80^\circ\text{C} = 353,15 \text{ K}$$

$$T_0 = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\tau = \frac{T}{T_0} = \frac{353,15 \text{ K}}{298,15 \text{ K}} = 1,18$$

Untuk mencari nilai  $\Delta A$ ,  $\Delta B$ ,  $\Delta C$ , dan  $\Delta D$  harus diketahui nilai konstanta  $C_p$  masing-masing komponen yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.4 Data Konstanta  $C_p$  Masing-masing Komponen

Komponen	A	B	C	D
CH <sub>3</sub> COOH	-18,944	1,0971	-2,89E-03	2,93E-06
C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH	105,748	0,74623	-2,17E-03	2,73E-06
H <sub>2</sub> O	92,053	-0,03995	-2,11E-04	5,35E-07
CH <sub>3</sub> COOC <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	117,364	1,0496	-2,97E-03	3,66E-06

(Yaws, 1999)

Maka diperoleh nilai:

$$\begin{aligned} \Delta A &= A \text{ produk} - A \text{ reaktan} \\ &= (A \text{ CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11} + A \text{ H}_2\text{O}) - (A \text{ CH}_3\text{COOH} + A \text{ C}_5\text{H}_{11}\text{OH}) \\ &= (117,364 + 92,053) - (-18,944 + 105,748) \\ &= 122,613 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan nilai untuk  $\Delta B$ ,  $\Delta C$ , dan  $\Delta D$  sebagai berikut.

$$\Delta B = -0,8337$$

$$\Delta C = 0,00188$$

$$\Delta D = -1,46 \times 10^{-6}$$

$$\begin{aligned} \Delta C_p^\circ &= R \times \left[ \Delta A + \frac{\Delta B}{2} T_0(\tau + 1) + \frac{\Delta C}{3} T_0^2(\tau^2 + \tau + 1) + \frac{\Delta D}{\tau T_0^2} \right] \\ &= 8,314 \times \left[ 122,613 + \frac{-0,8337}{2} 298,15 (1,18 + 1) + \right. \\ &\quad \left. \frac{0,00188}{3} 298,15^2 (1,18^2 + 1,18 + 1) + \frac{-1,46 \times 10^{-6}}{1,18 \times 298,15^2} \right] \\ &= 426,197 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= \Delta H_0^\circ + \Delta C_p^\circ \times \Delta T \\ &= -10,08 + 426,197 (298,15 - 353,15) \\ &= -23.450,93 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Karena nilai  $\Delta H^\circ$  negatif, maka reaksi bersifat eksotermis atau melepaskan panas.

## 2. Menentukan Nilai Energi Gibbs ( $\Delta G^\circ$ )

Tabel 2.5 Data Energi Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) pada 298,15 K

Komponen	$\Delta G_f^\circ$ (kJ/mol)
CH <sub>3</sub> COOH	-376,69
C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH	-149,75
CH <sub>3</sub> COOC <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	-303,5
H <sub>2</sub> O	-228,57

Yaws, 1999

Nilai Energi Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ &= \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \Delta G_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= [\Delta G_f^\circ \text{H}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11} + \Delta G_f^\circ \text{H}_2\text{O}] - [\Delta G_f^\circ \text{CH}_3\text{COOH} + \\ &\quad \Delta G_f^\circ \text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}] \end{aligned}$$

$$= [-303,5 + (-228,57)] - [-376,69 + (-149,75)] \text{ kJ/mol}$$

$$= -5,63 \text{ kJ/mol}$$

Nilai Energi Gibbs reaksi di atas bernilai negatif, sehingga reaksi berjalan spontan.

## b) Pembuatan Amil Asetat dari Amil Klorida dan Natrium Asetat

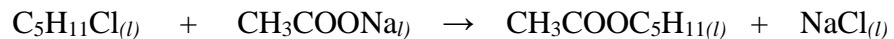
### 1. Menentukan Nilai Entalpi Reaksi ( $\Delta H^\circ$ )

Tabel 2.6 Data Entalpi Pembentukan Standar ( $\Delta H_f^\circ$ ) pada 298,15 K

Komponen	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)
$C_5H_{11}Cl$	-174,89
$CH_3COONa$	-709,32
$CH_3COOC_5H_{11}$	-505,5
$NaCl$	-411,2

(Yaws, 1999)

Reaksi :



- Menghitung nilai entalpi reaksi pada 25°C atau 298,15 K ( $\Delta H^\circ$ )  
Nilai  $\Delta H^\circ_R$  dapat dihitung dari perubahan entalpi pembentukan standar menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_0 &= \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \Delta H^\circ_f \text{ reaktan} \\ &= [\Delta H^\circ_f CH_3COOC_5H_{11} + \Delta H^\circ_f NaCl] - [\Delta H^\circ_f C_5H_{11}Cl + \Delta H^\circ_f CH_3COONa] \\ &= [-505,5 + (-411,2)] - [-174,89 + (-709,32)] \text{ kJ/mol} \\ &= -32,49 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

- Menghitung nilai entalpi reaksi pada suhu operasi ( $\Delta H^\circ$ )  
Untuk menghitung  $\Delta H^\circ$  pada suhu tertentu menggunakan persamaan berikut.

$$\Delta H^\circ = \Delta H^\circ_0 + \Delta C_p \times \Delta T$$

Untuk mencari nilai  $\Delta C_p$  menggunakan persamaan berikut ini.

$$\Delta C_p^\circ = R \times \left[ \Delta A + \frac{\Delta B}{2} T_0 (\tau + 1) + \frac{\Delta C}{3} T_0^2 (\tau^2 + \tau + 1) + \frac{\Delta D}{\tau T_0^2} \right]$$

(Smith, 2001)

Di mana :

$$R = 8,314 \text{ kJ/mol.K}$$

$$T = 205^\circ\text{C} = 478,15 \text{ K}$$

$$T_0 = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\tau = \frac{T}{T_0} = \frac{353,15 \text{ K}}{298,15 \text{ K}} = 1,6$$

Untuk mencari nilai  $\Delta A$ ,  $\Delta B$ ,  $\Delta C$ , dan  $\Delta D$  harus diketahui nilai konstanta  $C_p$  masing-masing komponen yang dapat dilihat pada Tabel 2.7 di bawah ini.

Tabel 2.7 Data Konstanta  $C_p$  Masing-masing Komponen

Komponen	A	B	C	D
$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}$	99,232	0,63409	-1,91E-03	2,60E-06
$\text{CH}_3\text{COONa}$	-	-	-	-
$\text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}$	117,364	1,0496	-2,97E-03	3,66E-06
$\text{NaCl}$	95,016	-0,03108	9,68E-07	5,51E-09

(Yaws, 1999)

Maka diperoleh nilai:

$$\begin{aligned} \Delta A &= A \text{ produk} - A \text{ reaktan} \\ &= (A \text{ CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11} + A \text{ NaCl}) - (A \text{ C}_5\text{H}_{11}\text{Cl} + A \text{ CH}_3\text{COONa}) \\ &= (117,364 + 95,016) - (99,232 + 0) \\ &= 113,148 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan nilai untuk  $\Delta B$ ,  $\Delta C$ , dan  $\Delta D$  sebagai berikut.

$$\Delta B = 0,38443$$

$$\Delta C = -0,0011$$

$$\Delta D = -1,065 \times 10^{-6}$$

$$\Delta C_p^\circ = R \times \left[ \Delta A + \frac{\Delta B}{2} T_0 (\tau + 1) + \frac{\Delta C}{3} T_0^2 (\tau^2 + \tau + 1) + \frac{\Delta D}{\tau T_0^2} \right]$$

$$\begin{aligned}
&= 8,314 \times \left[ 113,148 + \frac{0,38443}{2} 298,15 (1,6 + 1) + \right. \\
&\quad \left. \frac{-0,0011}{3} 298,15^2 (1,6^2 + 1,6 + 1) + \frac{-1,065 \times 10^{-6}}{1,6 \times 298,15^2} \right] \\
&= 836,088 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned}
\Delta H^\circ &= \Delta H_0^\circ + \Delta C_p^\circ \times \Delta T \\
&= -32,49 + 836,088 (298,15 - 353,15) \\
&= -150.528,45 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Karena nilai  $\Delta H^\circ$  negatif, maka reaksi bersifat eksotermis atau melepaskan panas.

## 2. Menentukan Nilai Energi Gibbs ( $\Delta G^\circ$ )

Tabel 2.8 Data Energi Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) pada 298,15 K

Komponen	$\Delta G^\circ_f$ (kJ/mol)
$C_5H_{11}Cl$	-37,4
$Na(C_2H_3O_2)$	-607,7
$CH_3COOC_5H_{11}$	-303,5
$NaCl$	-384,1

(Yaws, 1999)

Nilai Energi Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
\Delta G^\circ &= \Delta G^\circ_f \text{ produk} - \Delta G^\circ_f \text{ reaktan} \\
&= [\Delta G^\circ_f CH_3COOC_5H_{11} + \Delta G^\circ_f NaCl] - [\Delta G^\circ_f C_5H_{11}Cl + \\
&\quad \Delta G^\circ_f CH_3COONa] \\
&= [-303,5 + (-384,1)] - [-37,4 + (-607,7)] \text{ kJ/mol} \\
&= -42,5 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Nilai Energi Gibbs reaksi di atas bernilai negatif, sehingga reaksi berjalan spontan.

Tabel 2.9 Perbandingan Proses

Keterangan	Proses (a)	Proses (b)
	Pembuatan Amil asetat dari Asam Asetat dan Amil Alkohol	Pembuatan Amil Asetat dari Amil Klorida dan Natrium Asetat
Bahan baku	Asam asetat, amil alkohol	Amil klorida, natrium asetat
Kondisi operasi	T = 80°C	T = 210°C
	P = 1 atm	P = 14 atm
Konversi	84%	70%
Katalis	<i>Amberlyst-15</i>	Asam sulfat
Produk samping	Air	Natrium klorida
Profit	\$53.545.647,6/tahun	\$16.918.873,37/tahun
Panas reaksi ( $\Delta H^\circ$ )	-23.450,93 kJ/mol	-150.528,45 kJ/mol
Energi Gibbs ( $\Delta G^\circ$ )	-5,63 kJ/mol	-42,5 kJ/mol

Berdasarkan beberapa pertimbangan di atas, dipilih proses pembuatan amil asetat dari asam asetat dan amil alkohol dengan alasan:

1. Bahan baku tidak beracun dan mudah didapat
2. Suhu dan tekanan operasi lebih rendah
3. Konversi reaksi lebih tinggi, yaitu sebesar 84%
4. Produk samping yang dihasilkan berupa air
5. Biaya produksi lebih murah

## 2.3 Uraian Proses

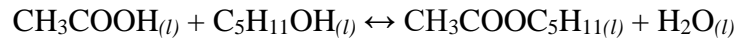
### 2.3.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku asam asetat dengan kemurnian 99,8% dan amil alkohol dengan kemurnian 99% disimpan dalam tangki penyimpanan dengan fase cair pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Kemudian bahan baku diumpankan ke Reaktor *Fixed Bed* (RE-201).

### 2.3.2 Proses Esterifikasi

Umpan segar asam asetat dipanaskan menggunakan *Heater* (HE-101) dan umpan segar amil alkohol dipanaskan menggunakan *Heater* (HE-102),

kemudian direaksikan dengan katalis padat *Amberlyst 15* di dalam Reaktor (RE-201) pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm. Reaksi berlangsung pada fase cair-cair, kondisi isotermal dan eksotermis. Adapun reaksi yang terjadi adalah:

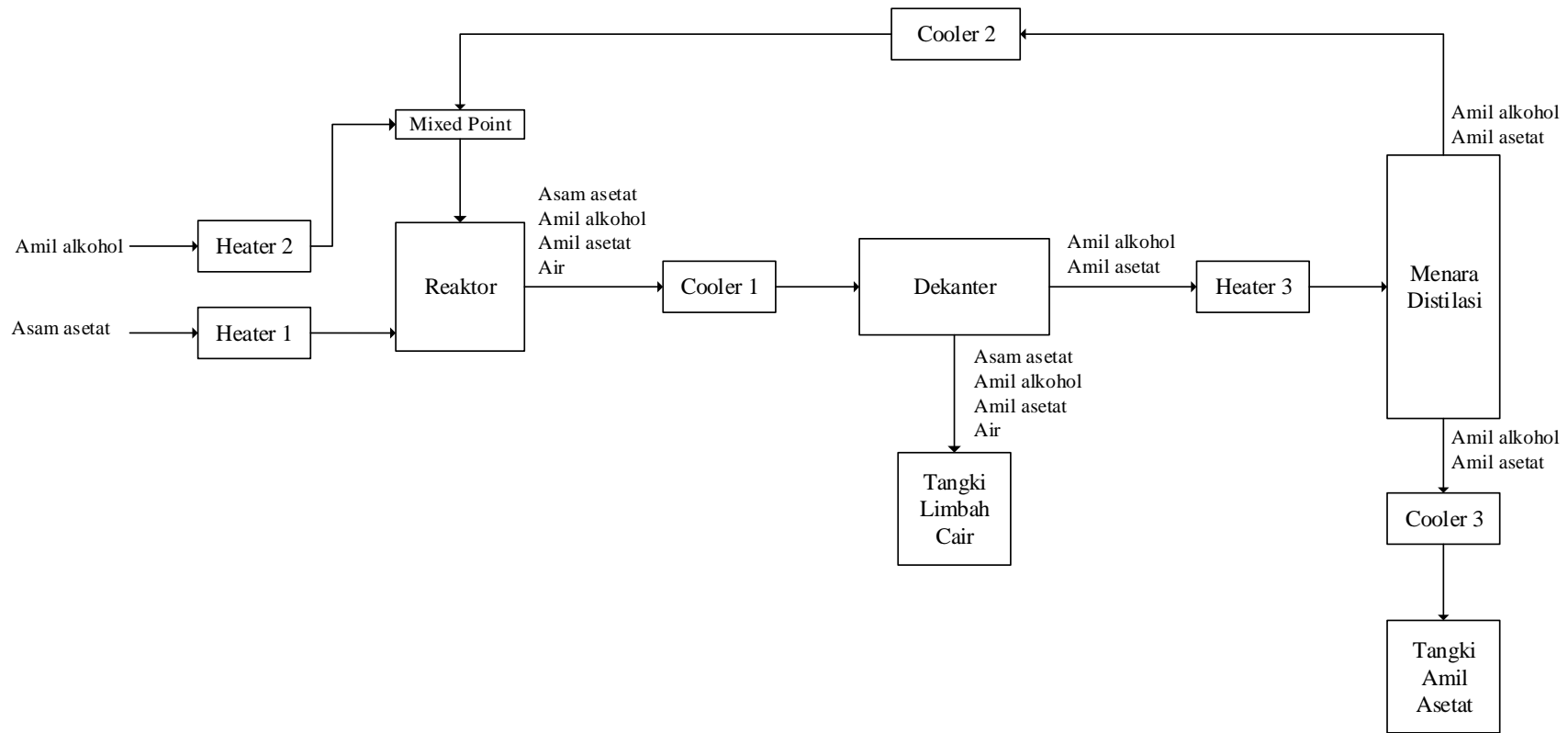


### 2.3.3 Pemisahan dan Pemurnian Produk

Hasil keluaran Reaktor (RE-201) kemudian didinginkan menggunakan *Cooler* (CO-201) sampai suhu 40°C, selanjutnya diumpankan ke dalam *Decanter* (DC-301) untuk memisahkan asam asetat, amil alkohol, amil asetat dan air berdasarkan kelarutan. Fase berat terdiri dari asam asetat, air dan sebagian kecil amil alkohol dan amil asetat, kemudian dialirkan menuju *Storage Tank* Limbah Cair (ST-801). Sedangkan fase ringan terdiri dari sebagian besar amil alkohol dan amil asetat dipanaskan menggunakan *Heater* (HE-301) kemudian diumpankan ke dalam Menara Distilasi (MD-301) untuk dipisahkan berdasarkan perbedaan titik didihnya.

Hasil atas Menara Distilasi (MD-301) berupa sebagian besar amil alkohol dan sebagian kecil amil asetat didinginkan ke dalam *Cooler* (CO-301) kemudian di-*recycle* ke dalam Reaktor (RE-201). Sedangkan hasil bawah menara yang terdiri dari 99% amil asetat dan 1% amil alkohol didinginkan ke dalam *Cooler* (CO-302) sampai suhu 40°C kemudian disimpan di dalam tangki penyimpanan amil asetat.





**Gambar 2.1** Diagram Alir Proses

## BAB III

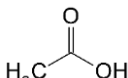
### SPESIFIKASI BAHAN DAN PRODUK

#### 3.1 Spesifikasi Bahan Baku

##### 3.1.1 Asam Asetat

Nama Lain : Asam Asetat

Rumus Molekul :  $\text{CH}_3\text{COOH}$

Struktur Kimia : 

Fasa : Cair

Warna : Tidak Berwarna

Berat Molekul : 60,053 kg/kmol

Titik Leleh : 16,6°C

Titik Didih : 117,87°C

Densitas : 1,049 g/cm<sup>3</sup>

Kelarutan : 1000 g/L air (40°C)

Viskositas : 1,22 mPa.s

Kemurnian : 99,8%

Impurities : 0,2% H<sub>2</sub>O

MSDS : 

*Hazard Statement* : H226 : Cairan dan uap yang sangat mudah terbakar

H314 : Menyebabkan luka bakar jika terkena kulit  
dan kerusakan mata

H332 : Berbahaya jika terhirup

H402 : Berbahaya bagi kehidupan akuatik

*Precautionary* : P210 : Jauhkan dari percikan api, permukaan

yang panas. dilarang merokok

P233 : Jaga supaya wadah tertutup dengan rapat.

P240 : Wadah pentanahan/ikatan dan peralatan penerima.

P241 : Gunakan peralatan listrik, ventilasi, penerangan yang tahan ledakan.

P242 : Gunakan peralatan yang tidak memicu.

P243 : Lakukan tindakan pencegahan terhadap muatan listrik statis.

P260 : Jangan menghirup kabut, uap, semprotan.

P264 : Cuci kulit yang terkena secara menyeluruh.

P271 : Gunakan di luar ruangan atau di area yang memiliki ventilasi.

P280 : Kenakan pakaian pelindung, sarung tangan pelindung, pelindung mata, pelindung wajah.

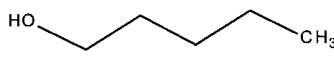
- Respons* :
- P301+P330+P331 : Jika tertelan bilas mulut.
  - P303+P361+P353 : Jika terkena kulit (atau rambut), Segera lepas semua pakaian yang terkena, kemudian bilas kulit dengan air/mandi.
  - P304+P340 : Jika terhirup, pindahkan korban dan jaga supaya tetap nyaman untuk bernapas.
  - P305+P351+P338 : Jika terkena mata, bilas menggunakan air dengan hati-hati selama beberapa menit.
  - P370+P378 : Jika terjadi kebakaran, Gunakan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), bubuk, busa tahan alkohol untuk memadamkan
  - P403+P235 : Simpan di tempat yang memiliki ventilasi. Tetap tenang.

(Merckmillipore, 2023)

### 3.1.2 Amil Alkohol

Nama Lain : Pentanol, Pentyl Alkohol

Rumus Molekul :  $C_5H_{11}OH$

Struktur Kimia : 

Fasa : Cair

Warna : Tidak Berwarna

Berat Molekul : 88,15 kg/kmol

Titik Leleh :  $-79^{\circ}C$

Titik Didih :  $137,95^{\circ}C$  (1 atm)

Densitas :  $0,815 \text{ g/cm}^3$

Kelarutan : 18,65 g/L air ( $40^{\circ}C$ )

Kemurnian : 99%

Impurities : 1%  $H_2O$

MSDS :



*Hazard Statement* : H226 : Cairan dan uap yang sangat mudah terbakar

H315 : Menyebabkan iritasi kulit.

H318 : Menyebabkan kerusakan mata.

H332 : Berbahaya jika terhirup.

H335 : Dapat menyebabkan iritasi pada pernafasan.

*Precautionary* : P210 : Jauhkan dari permukaan yang panas. dilarang merokok

P233 : Jaga supaya wadah tertutup dengan rapat.

P280 : Kenakan pakaian pelindung, sarung tangan pelindung, pelindung mata, pelindung wajah.

*Respons* : P302+P361+P353 : Jika terkena kulit atau rambut, Tanggalkan semua pakaian yang terkontaminasi. Bilas kulit dengan air

P304+P340+P312 : Jika terhirup, segera pindahkan korban dan posisikan yang nyaman untuk

bernapas.

P305+P351+P338 : Jika terkena mata, bilas menggunakan air secara hati-hati selama beberapa menit.

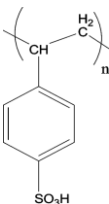
(Merckmillipore dan PT Hubei Chem Co., Ltd, 2023)

## 3.2 Spesifikasi Bahan Penunjang

### 3.2.1 Amberlyst 15

Nama dagang : *Amberlyst 15*

Rumus Molekul :  $C_{18}H_{18}O_3S$

Struktur Kimia : 

Fasa : Padat (25°C, 1 atm)

Warna : Coklat muda

Aroma : Tidak berbau

Bentuk : *Porous spherical beads*

Diameter partikel : 0,7 mm

Densitas partikel : 782 kg/m<sup>3</sup>

Porositas : 0,3

Luas muka : 53 m<sup>2</sup>/g

Masa simpan : 2 tahun

MSDS : 

*Precautionary* : - Kenakan sarung tangan pelindung/pakaian pelindung/pelindung mata/pelindung wajah.  
- Jika terkena mata, segera bilas menggunakan air secara hati-hati.

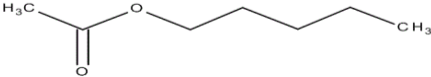
(ThermoFisher, 2023)

### 3.3 Spesifikasi Produk

#### 3.3.1 Amil Asetat

Nama Lain : Pentyl asetat, Acetic acid pentyl ester, Pear oil

Rumus Molekul :  $\text{CH}_3\text{COO}(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$

Struktur Kimia : 

Fasa : Cair

Warna : Tidak Berwarna

Berat Molekul : 130,188 kg/kmol

Titik Leleh :  $-70,8^\circ\text{C}$

Titik Didih :  $149,21^\circ\text{C}$  (1 atm)

Densitas :  $0,876 \text{ g/cm}^3$

Kelarutan : 1,8299 g/L air ( $40^\circ\text{C}$ )

Kemurnian : 99%

Impurities : 1%  $\text{H}_2\text{O}$

MSDS :



*Hazard Statement* : H226 : Cairan dan uap yang sangat mudah terbakar

*Precautionary* : P210 : Jauhkan percikan api, permukaan yang panas.  
dilarang merokok

P233 : Jaga supaya wadah tertutup dengan rapat.

P242 : Gunakan peralatan yang tidak menimbulkan  
percikan api

P243 : Hati-hati agar tidak tersengat listrik statis

(Merckmillipore, 2023)

## **BAB X**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **10.1. Simpulan**

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Amil Asetat dari Asam Asetat dan Amil Alkohol dengan Kapasitas 30.000 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

Aspek Ekonomi

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 35,77% dan sesudah pajak 28,62%.
2. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 1,92 tahun dan sesudah pajak 2,29 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 44,70% dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30 – 60% kapasitas produksi. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 25,81%, yakni batasan kapasitas produksi 20 – 30% sehingga pabrik masih dapat memproduksi karena mendapat keuntungan.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 35,79%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

#### **10.2. Saran**

Berdasarkan hasil kesimpulan diatas, Prarancangan Pabrik Amil Asetat dari Asam Asetat dan Amil Alkohol dengan Kapasitas 30.000 ton/tahun diharapkan segera untuk dicarikan investor agar dapat didirikan, karena pabrik ini memiliki potensi yang cukup baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acidatama. 2023. Produk Asam Asetat. URL : <http://www.acidatama.co.id/>.  
Diakses 3 Januari 2023, pukul 10.15 WIB.
- Alibaba. 2019. [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com). Diakses 11 Juli 2023 pukul 11.18 WIB.
- Anonimous G, 2020. [www.matches.com](http://www.matches.com). Diakses pada tanggal 11 Juli 2023 pukul  
15.12 WIB.
- Badan Pusat Statistik. 2023. *Statistic Indonesia*. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). Indonesia. Diakses  
3 Januari 2023 pukul 14:20 WIB.
- Bincer and Dincer. 2018. *Ammonia production*. Canada : University of Ontario  
Institute of Technology, Oshawa.
- Broughton, J., 1994, *Process Utility System: Introduction to Design, Operation and  
Maintenance*, Institute of Chemical Engineers, United Kingdom
- Brown G.George. 1950. *Unit Operation 6<sup>ed</sup>*. Wiley & Sons. USA.
- Brownell Lloyd E. and Young Edwin H. 1959. *Process Equipment Design*. John  
Wiley & Sons, Inc. New York.
- Coulson J.M., and Richardson J.F. 1983. *Chemical Engineering Volume 2 5<sup>th</sup>  
Edition Particle Technology and Separation Process*. Butterworth-  
Heinemann. Washington.
- Fakhry, dkk. 2016. Pengaruh Suhu dan Esterifikasi Amil Alkohol dengan Asam  
Asetat Menggunakan Asam Sulfat Sebagai Katalisator. *Jurnal Rekayasa  
Proses*
- Fogler, H.Scott. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering. 4<sup>th</sup> Edition*.  
Prentice Hall
- Geankoplis, Christie J. 1993. *Transport Processes and unit Operation 3<sup>th</sup> Edition*.  
Allyn & Bacon Inc. New Jersey.
- Google Earth. 2023. <https://earth.google.com/web/>. Diakses 25 Juli 2023 pukul:  
17.00.



- Himmeblau, David. 1996. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering 6<sup>th</sup> Edition*. Prentice Hall Inc. New Jersey.
- Holman, J.P. 2002. *Heat Transfer*, Mc.Graw-Hill, Inc. Amerika Serikat
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Permenkes No. 32 Tahun 2017, tentang Standar Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan *Higiene* Sanitasi, Kolam renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum
- Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. Keputusan Kepala Bapedal No. 113 Tahun 2000, tentang Pedoman Umum dan Pedoman Teknis Laboratorium Lingkungan
- Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Mc-Graw-Hill. New York.
- Kirbaslar, S.I, Baykal, Z., K., and Dramur, U., (2000), *Esterification of Methyl Acetic acid with Ethanol Catalysed by an Acidic Ion-Exchange Resin*. J. Chinese Journal of Chemical Engineering 9(1): 569-577
- Kirk, R.E and Othmer. 1983. *Encyclopedia of Chemical Technology*. International Student Edition. Mc.Graw-Hill Kogasuka Company Ltd, Tokyo.
- Koch, G.T. & Burrell, G.A. 1927. *Manufacture of Amyl Acetate from Natural Gasoline*. Industrial and Engineering Chemistry Journal. Pitteburgh, USA.
- Komisi Pengawas Persaingan Usaha Republik Indonesia. UU Nomor 5 Tahun 1999, tentang Larangan Praktek Monopoli dan Persaingan Usaha Tidak Sehat ([https://kppu.go.id/docs/UU/UU\\_No.5.pdf](https://kppu.go.id/docs/UU/UU_No.5.pdf))
- Lee, dkk. 2001. *Kinetics pf Catalytic Esterification of Acetic Acid with Amyl Alcohol over Amberlyst 15*. *Journal of Chemical Engineering of Japan*
- Mc. Cabe W.L. and Smith J.C., 1985. *Operasi Teknik Kimia*. Erlangga. Jakarta.
- Megyesy, E.F. 1983. *Pressure Vessel Handbook*. Pressure Vessel Publishing Inc., USA.
- Merckmillipore. 2022. *Safety Data of Amyl Acetate*. [https://www.merckmillipore.com/INTL/en/product/n-Amyl-acetate,MDA\\_CHEM-8187005](https://www.merckmillipore.com/INTL/en/product/n-Amyl-acetate,MDA_CHEM-8187005) (Diakses pada 5 Januari 2023, pukul 14.35)
- Merckmillipore. 2022. *Safety Data of Amyl Alcohol*. [https://www.merckmillipore.com/ID/id/product/msds/MDA\\_CHEM-100975](https://www.merckmillipore.com/ID/id/product/msds/MDA_CHEM-100975) (Diakses pada 5 Januari 2023, pukul 14.30)

- Perry, Robert H and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill. New York.
- Pertamina. 2023. [pertamina.com](http://pertamina.com). Diakses 25 Mei 2023 pukul 19.21.
- Powell, S. 1954. *Water Conditioning for Industry*. Mc-Graw Hill Book Company. New York.
- Rase, H.F and Holmes JR. 1977. *Chemical Reactor Design for Process Plant, Volume One : Principles and Techniques*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Ronald W. R., and Richard M. F. 1976. *Elementary Principles of Chemical Engineering 3<sup>rd</sup> Edition*. John Willey & Sons Inc., USA.
- Severn, W. H., degler, H. E., and Miles, J.C., 1954. *Steam, Air and Gas Power 5<sup>th</sup> Edition*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Smith, J.M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott. 2006. *Chemical Engineering Thermodynamics 7<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill : New York.
- Thermo Fisher Scientific. 2023. Material Safety Data Sheet Acetic Acid
- Thermo Fisher Scientific. 2023. Material Safety Data Sheet Amberlyst 15
- Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 1991. *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3<sup>th</sup> edition*. Mc-Graw Hill Book Company. New York.
- Towler, G., & Sinnott, R., 2013, *Chemical Engineering Design*, 2<sup>nd</sup> ed., Elsevier Ltd., United Kingdom.
- Treyball, R.E. 1981. *Mass Transfer Operation 3rd edition*. McGraw-Hill, Kogakusha, Ltd., Tokyo.
- Ulrich.G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Walas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann. Washington.
- [www.bjhuangmayuan.m.ec21.com](http://www.bjhuangmayuan.m.ec21.com). Diakses pada 10 Februari 2023 pukul 19.27 WIB.
- [www.bordas-sa.com](http://www.bordas-sa.com). Diakses pada 21 Januari 2023 pukul 15.08 WIB.
- [www.bp.com](http://www.bp.com). Diakses pada 10 Februari 2023 pukul 14.02 WIB.
- [www.ccp.com](http://www.ccp.com). Diakses pada 12 Februari 2023 pukul 10.25 WIB.

[www.gjchemical.com](http://www.gjchemical.com). Diakses pada 14 Februari 2023 pukul 12.49 WIB.

[www.jshengxing.en.made-in-china.com](http://www.jshengxing.en.made-in-china.com). Diakses pada 11 Februari 2023 pukul 11.50 WIB.

[www.lotteineous.com](http://www.lotteineous.com). Diakses pada 12 Februari 2023 pukul 21.19 WIB.

[www.yibangchem.com](http://www.yibangchem.com). Diakses pada 10 february 2023 pukul 10.52 WIB.

Yaws, Carl L. 1996. *Handbook of Chemical Compound Data for Process Safety*. Gulf Publishing Company. Huston, Texas.