

**PRARANCANGAN PABRIK *METHYL ACETATE* DARI  
*ACETIC ACID* DAN *METHANOL* DENGAN KAPASITAS 22.500  
TON/TAHUN (Perancangan Reaktor (RE-201))**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Chindy Febriana Juwita Sirait**

**(1715041004)**



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

## ABSTRACT

### MANUFACTURING OF METHYL ACETATE FROM ACETIC ACID (AND METANOL WITH CAPACITY 22.500 TONS/YEAR Design of Reactor (RE-201)

By

**CHINDY FEBRIANA JUWITA SIRAIT**

Methyl Acetate is one of the chemical industry products used in industrial as a solvent in paint, lacquer, resin, thinner, perfume, cosmetics and nail polish remover. Methyl Acetate is produced by an Esterification process using solid catalyst or liquid catalyst. In the methyl acetate plant design, the Esterification process using a solid catalyst, namely the amberlist-15 catalyst, was chosen because it is more profitable from economic and environmental aspects.

The plant's production capacity is planned at 22.500 tons/year with 330 working days in 1 year. The factory location is planned to be established in Lippo Cikarang Industrial Estate. The required workforce of 147 people with the form of a Limited Liability Company (PT) business entity led by a President Director assisted by the Director of Production and Director of Marketing and Finance with the organizational structure of line and staff.

From the economic analysis, it is obtained that :

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 371.735.868.968,73,-
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 66.600.447.465,-
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 437.336.316.434,-
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 34,37%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 13,73%
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT)	= 1,79 tahun
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI)	= 38,75%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 40,02%

Considering the summary above, it is appropriate that the establishment of this Methyl Acetate plant is further reviewed, because it is a profitable factory and has good prospects.

## ABSTRAK

### PRARANCANGAN PABRIK *METHYL ACETATE* DARI *ACETIC ACID* DAN *METHANOL* DENGAN KAPASITAS 22.500 TON/TAHUN Perancangan Reaktor (RE-201)

Oleh

**CHINDY FEBRIANA JUWITA SIRAIT**

*Methyl Acetate* merupakan salah satu produk industri kimia yang digunakan sebagai pelarut pada industri cat, lak, resin, *thinner*, parfum, kosmetik dan penghapus cat kuku. *Methyl Acetate* di produksi dengan Proses Esterifikasi menggunakan katalis padat maupun katalis cair. Dalam Prarancangan Pabrik *Methyl Acetate* ini dipilih proses Esterifikasi menggunakan katalis padat yaitu katalis Amberlist-15 karena lebih menguntungkan dari aspek ekonomi dan aspek lingkungan.

Kapasitas produksi pabrik direncanakan 22.500 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di Kawasan Industri Lippo Cikarang. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 147 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi dan Direktur Pemasaran dan Keuangan dengan struktur organisasi *line and staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 371.735.868.968,73,-
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 66.600.447.465,-
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 437.336.316.434,-
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 34,37%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 13,73%
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT)	= 1,79 tahun
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI)	= 38,75%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 40,02%

Mempertimbangkan rangkuman di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik *Methyl Acetate* ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai prospek yang baik.

**PRARANCANGAN PABRIK *METHYL ACETATE* DARI  
*ACETIC ACID* DAN *METHANOL* DENGAN KAPASITAS 22.500  
TON/TAHUN**

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

**Oleh**

**Chindy Febriana Juwita Sirait**

**(1715041004)**



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

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK METHYL ACETATE DARI ACETIC ACID DAN METHANOL DENGAN KAPASITAS 22.500 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor (RE-201))**

Nama Mahasiswa : **Chindy Febriana Juwita Sirait**

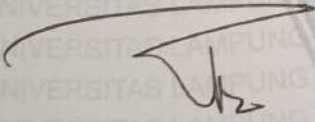
No. Pokok Mahasiswa : 1715041004

Program Studi : Teknik Kimia

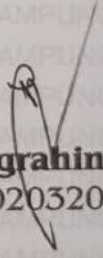
Fakultas : Teknik



**MENYETUJUI,**  
**Komisi Pembimbing**

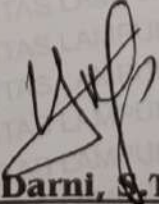


**Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.**  
NIP. 196809021997022005



**Panca Nugrahini F, S.T., M.T.**  
NIP. 197302032000032001

**Ketua Jurusan Teknik Kimia**

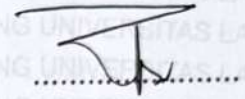


**Yuli Darni, S.T., M.T.**  
NIP. 19740712 200003 2 001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

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



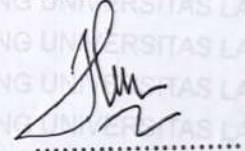
**Sekretaris : Panca Nugrahini F, S.T., M.T**



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Dr. Herti Utami, S.T., M.T.**



**Muhammad Haviz, S.T., M.T**



**2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S. T., M. Sc. J**  
NIP. 197509282001121002



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 09 Maret 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.

Bandarlampung, April 2023



Chindy Febriana Juwita Sirait  
NPM. 1715041004

## RIWAYAT HIDUP



Penulis merupakan anak kedua dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Yudi Sirait dan Ibu Puji Astuti, dilahirkan di Kalimantan Barat, pada tanggal 2 Februari 2000.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri Kota Baru X Bekasi pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMP Beringin Ratu Way Kanan pada 2014, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Purbolinggo Lampung Timur pada tahun 2017.

Penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2017. Selama kuliah penulis aktif dalam organisasi. Diantaranya ialah Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Lampung,

Pada tahun 2020 penulis melakukan Kerja Kuliah Nyata (KKN) di desa Kacamarga, Tanggamus. Pada tahun 2021 penulis melakukan Kerja Praktik di PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk dengan tugas khusus “Evaluasi Kinerja *Cement Mill*. Kemudian pada tahun 2021 juga penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Sebagai *Filler* Untuk Meningkatkan Permeabilitas Membran *Cellulose Acetate* (CA) Termodifikasi Zeolit Alam Lampung (ZAL) Pada Pemurnian Biogas” dimana penelitian tersebut telah dipublikasikan pada tahun 2023.



## SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan YME yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga tugas akhir ini dengan judul “Prarancangan Pabrik *Methyl Acetate* Dari *Acetic Acid* dan *Methanol* Dengan Kapasitas 22.500 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. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan ilmu, pengarahan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir ini. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
2. Ibu Panca Nugrahini, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan ilmu, pengarahan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir ini. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
3. Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan ilmu, pengarahan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.

4. Bapak Muhammad Havis, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir, serta semua ilmu dan motivasi yang telah penulis dapatkan.
5. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
6. Bapak, Mama atas segala pengorbanan, do'a, ketulusan serta kesabaran sehingga Chindy bisa menyelesaikan perkuliahan ini.
7. Ka Desy, Bryian, Viony dan Alfon yang selalu kasih semangat dan dukungan buat Chindy. Terutama buat Ka Desy yang selalu jadi tempat curhat dan berkeluh kesah soal apapun drama tentang perkuliahan ini.
8. Partner Tugas Akhir, Bunga Veranika, yang selalu membantu, mengingatkan dan saling menyemangati. Terimakasih dan selamat sudah melewati drama per tekkim-an ini.
9. Calon partner hidupku, Enal yang selalu memberikan semangat, doa dukungan dan menjadi pembimbing dibalik layar selama menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih selalu ada walaupun bukan dalam wujud fisik.
10. Manusia-manusia gokillkuh : Ferin, Fida, Nikki. Atas semua bantuan serta semangat yang diberikan. Terimakasih karna selalu memberikan hiburan disaat jenuh, lelah dan pusing. Semoga kita semua selalu diberikan kelancaran dalam segala hal. *Thankyou so much.*
11. Teman-teman seperjuangan Angkatan 2017. Terimakasih atas bantuan dan dukungannya selama penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Tuhan YME membalas kebaikan mereka terhadap penulis dan semoga skripsi ini berguna di kemudian hari.

Bandar Lampung, April 2023

Penulis,

Chindy Febriana Juwita Sirait

## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Kegunaan Produk.....	2
1.3 Kapasitas Rancangan Produksi .....	2
1.4 Ketersediaan Bahan Baku .....	6
1.5 Tempat dan Lokasi Pabrik .....	7
<b>II. DESKRIPSI PROSES</b>	
2.1 Jenis-Jenis Proses.....	10
2.2 Pemilihan Proses.....	11
2.3 Uraian Proses Esterifikasi .....	27
2.3.1 Persiapan Bahan Baku .....	28
2.3.2 Tahapan Pembentukan Produk .....	28
2.3.3 Tahapan Pemurnian .....	29

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

3.1	Spesifikasi Bahan Baku .....	32
3.2	Spesifikasi Bahan Baku Penunjang .....	35
3.3	Produk Utama .....	36

### **IV.NERACA MASSA DAN NERACA PANAS**

4.1	Neraca Massa .....	39
4.2	Neraca Panas .....	40

### **V. SPESIFIKASI ALAT**

5.1	Spesifikasi Alat Proses.....	43
5.2	Spesifikasi Alat Utilitas .....	56

### **VI.UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH**

6.1	Unit Penyediaan Air.....	80
6.2	Unit Penyediaan Steam .....	96
6.3	Unit Penyedia Tenaga Listrik .....	97
6.4	Unit Penyediaan Bahan Bakar .....	97
6.5	Unit Penyediaan Udara Tekan .....	98
6.6	Unit Pengolahan Limbah .....	98
6.7	Unit Laboratorium .....	99
6.8	Instrumen dan Pengendalian Proses .....	103

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

7.1	Lokasi Pabrik .....	106
7.2	Tata Letak Pabrik.....	108
7.3	Estimasi Area Pabrik .....	110

7.4	Tata Letak Peralatan .....	113
<b>VIII. SISTEM MANAJEMEN DAN OPERASI PERUSAHAAN</b>		
8.1.	Bentuk Perusahaan.....	115
8.2.	Struktur Organisasi Perusahaan .....	118
8.3.	Tugas dan Wewenang .....	121
8.4.	Status Karyawan dan Sistem Penggajian .....	131
8.5.	Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	134
8.6.	Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan.....	136
8.7.	Kesejahteraan Karyawan .....	141
<b>IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI</b>		
9.1	Investasi .....	146
9.2	Evaluasi Ekonomi .....	151
9.3	<i>Discounted Cash Flow(DCF)</i> .....	154
<b>X. KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
10.1	Kesimpulan .....	156
10.2	Saran .....	156
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN A (NERACA MASSA)</b>		
<b>LAMPIRAN B (NERACA PANAS)</b>		
<b>LAMPIRAN C (SPESIFIKASI ALAT)</b>		
<b>LAMPIRAN D (UTILITAS)</b>		
<b>LAMPIRAN E (INVESTASI EKONOMI)</b>		
<b>LAMPIRAN F (TUGAS KHUSUS)</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1. Grafik Data Impor <i>Methyl Acetate</i> di Indonesia.....	4
1.2. Lokasi Pabrik.....	9
2.1. Diagram Alir Proses .....	31
6.1. <i>Cooling Tower</i> .....	85
6.2. Diagram <i>Cooling Water System</i> .....	86
6.3. <i>Deaerator</i> .....	88
6.4. Diagram Alir Pengolahan Air.....	89
7.1. Peta Provinsi Jawa Barat .....	112
7.2. Lokasi Pabrik.....	112
7.3. Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung.....	113
7.4. Tata Letak Peralatan Proses.....	113
8.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	120
9.1. Grafik Analisa Ekonomi .....	150
9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> .....	151

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1. Data Impor <i>Methyl Acetate</i> di Indonesia .....	3
1.2. Pabrik di Indonesia yang menggunakan <i>Methyl Acetate</i> .....	5
1.3. Daftar Negara ASEAN yang membutuhkan <i>Methyl Acetate</i> .....	6
1.4. Perbandingan Pemilihan Lokasi Pabrik.....	7
2.1. Data Entalpi Pembentukan Standar Masing-masing Senyawa.....	13
2.2. Data Konstanta Masing-masing Komponen.....	13
2.3. Data Energi Bebas Gibbs Standar tiap Komponen.....	15
2.4. Mol dan harga bahan baku dan produk Proses Esterifikasi dengan Katalis H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	19
2.5. Data Entalpi Pembentukan Standar Masing-masing Senyawa.....	20
2.6. Data Konstanta Masing-masing Komponen.....	21
2.7. Data Energi Bebas Gibbs Standar tiap Komponen.....	22
2.8. Mol dan harga bahan baku dan produk proses Esterifikasi dengan Katalis Amberlyst-15 .....	25
2.9. Perbedaan Proses .....	26
4.1. Neraca Massa Reaktor (RE-201).....	39
4.2. Neraca Massa <i>Distillation Column</i> (DC-301) .....	39
4.3. Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-301).....	40
4.4. Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-301).....	40
4.5. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-101) .....	40
4.6. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-102) .....	41
4.7. Neraca Panas Reaktor (RE-201).....	41
4.8. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-201) .....	41
4.9. Neraca Panas <i>Distillation Column</i> (DC-301) .....	42
4.10. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-301).....	42
5.1. Spesifikasi Tangki <i>Acetic Acid</i> (ST-101) .....	43
5.2. Spesifikasi Tangki <i>Methanol</i> (ST-102) .....	44
5.3. Spesifikasi Tangki <i>Methyl Acetate</i> (ST-301).....	44
5.4. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-101) .....	45



5.5. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-102) .....	46
5.6. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-201) .....	47
5.7. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301) .....	48
5.8. Spesifikasi Reaktor (RE-201) .....	49
5.9. Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-301) .....	50
5.10. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301).....	51
5.11. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301).....	51
5.12. Spesifikasi Pompa Proses (PP-101).....	52
5.13. Spesifikasi Pompa Proses (PP-102).....	53
5.14. Spesifikasi Pompa Proses (PP-201).....	54
5.15. Spesifikasi Pompa Proses (PP-301).....	54
5.16. Spesifikasi Pompa Proses (PP-302).....	55
5.17. Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401).....	56
5.18. Spesifikasi Tangki Alum (ST-401).....	56
5.19. Spesifikasi Tangki Kaporit (ST-402).....	57
5.20. Spesifikasi Tangki Soda Kaustik (ST-403) .....	57
5.21. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CF-401).....	58
5.22. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401) .....	59
5.23. Spesifikasi Tangki Air Filter (ST-404).....	59
5.24. Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB-401) .....	60
5.25. Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-405).....	60
5.26. Spesifikasi Tangki Dispersan (ST-406).....	61
5.27. Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST-407).....	61
5.28. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401) .....	62
5.29. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401) .....	63
5.30. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401) .....	63
5.31. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401) .....	64
5.32. Spesifikasi <i>Demin Water Tank</i> (ST-408).....	64
5.33. Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DE-401).....	65
5.34. Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-409).....	66
5.35. Spesifikasi <i>Boiler</i> (B-401) .....	66
5.36. Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-410).....	67

5.37. Spesifikasi <i>Blower Steam</i> (BS-401).....	67
5.38. Spesifikasi Generator Listrik (GS-401) .....	68
5.39. Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-401) .....	68
5.40. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401).....	68
5.41. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402).....	69
5.42. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403).....	69
5.43. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404).....	70
5.44. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405).....	70
5.45. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406).....	71
5.46. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407).....	71
5.47. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408).....	72
5.48. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409).....	72
5.49. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410).....	73
5.50. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411).....	73
5.51. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412).....	74
5.52. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-413).....	74
5.53. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-414).....	75
5.54. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-415).....	75
5.55. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416).....	76
5.56. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-417).....	76
5.57. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418).....	77
5.58. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-419).....	77
5.59. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-420).....	78
5.60. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-421).....	79
5.61. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-422).....	79
6.1. Kebutuhan Air Pendingin .....	83
6.2. Kebutuhan Air Umpan Boiler.....	86
6.3. Kebutuhan Air Pabrik .....	88
6.4. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian.....	104
6.5. Pengendalian Variabel Utama Proses .....	105
7.1. Perincian luas area Pabrik <i>Methyl Acetate</i> .....	111
8.1. Jadwal Kerja Masing-masing Regu .....	132

8.2.	Perincian Tingkat Pendidikan.....	133
8.3.	Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat.....	135
8.4.	Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan .....	136
9.1.	<i>Fixed Capital Investment</i> .....	143
9.2.	<i>Manufacturing Cost</i> .....	144
9.3.	<i>General Expenses</i> .....	146
9.4.	Biaya Administrasi .....	146
9.5.	<i>Minimum Acceptable Percent Return on Investment</i> .....	148
9.6.	<i>Acceptable Payout Time</i> untuk Tingkat Resiko Pabrik .....	149
9.7.	Hasil Uji Kelayakan Ekonomi .....	151

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia perlu melakukan pembangunan di berbagai bidang, salah satunya di bidang industri kimia. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi ketergantungan impor pada negara lain dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri dan juga dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi serta dapat memperluas kesempatan tenaga kerja. Industri kimia Indonesia dari tahun ke tahun telah mengalami peningkatan baik kualitas maupun kuantitas, sehingga kebutuhan akan bahan baku maupun bahan pembantu semakin meningkat, salah satunya *methyl acetate*. Apabila bahan tersebut bisa didapatkan dari dalam negeri, maka biaya produksi dapat berkurang dan akan berdampak pada penurunan harga jual produk. Harga produk yang relatif murah akan seimbang dengan pendapatan perkapita negara Indonesia.

*Methyl acetate* adalah senyawa kimia dengan rumus  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ . Cairan ini digunakan dalam pembuatan industri cat cepat kering, lak, resin, oli dan *coatings*. Selain itu, pada beberapa industri kimia *methyl acetate* kerap digunakan sebagai

*solvent* (pelarut) sebab senyawa ini mempunyai titik didih yang relatif rendah (Widodo, 2016).

*Methyl acetate* juga merupakan bahan baku pembuatan anhidrida asetat, dimana anhidrida asetat adalah senyawa yang digunakan dalam pembuatan *cellulose acetate*, serat asetat, obat-obatan, aspirin, plastik dan berperan sebagai pelarut. Sehingga *methyl acetate* sangat dibutuhkan sebagai bahan utama pembuatan senyawa anhidrida asetat (Kirk & Othmer, 1996).

Indonesia selama ini mengimpor *Acetic acid methyl esters* sebanyak 3% dari kebutuhan impor dunia (oec.world). Maka perlu didirikan pabrik *methyl acetate* yang dapat diharapkan bisa memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mengurangi ketergantungan impor Indonesia.

## **1.2 Kegunaan Produk**

Kegunaan *methyl acetate* banyak digunakan sebagai pelarut dalam cat cepat kering, resin, *thinner*, parfum dan penghapus cat kuku. *Methyl acetate* digunakan sebagai pelarut dalam pembuatan cat cepat kering karena mudah menguap dan bersifat hidrofobik. Dalam pembuatan cat, penggunaan *methyl acetate* sebesar 30%.

## **1.3. Kapasitas Rancangan Produksi**

Hingga saat ini, pabrik *methyl acetate* masih belum ada yang didirikan di Indonesia, hal ini mengakibatkan masih tidak adanya persaingan dari dalam negeri

dan membuka adanya peluang ekspor ke luar negeri. Dengan pendirian pabrik *methyl acetate* di Indonesia maka diharapkan dapat mengurangi impor dan memacu pertumbuhan industri lainnya, terutama industri yang membutuhkan *methyl acetate* sebagai bahan baku. Maka dari itu diperlukannya didirikan pabrik *methyl acetate* di Indonesia dengan kapasitas tertentu. Adapun faktor - faktor yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan kapasitas pabrik *methyl acetate* yaitu :

### 1. Data Impor *Methyl Acetate* di Indonesia

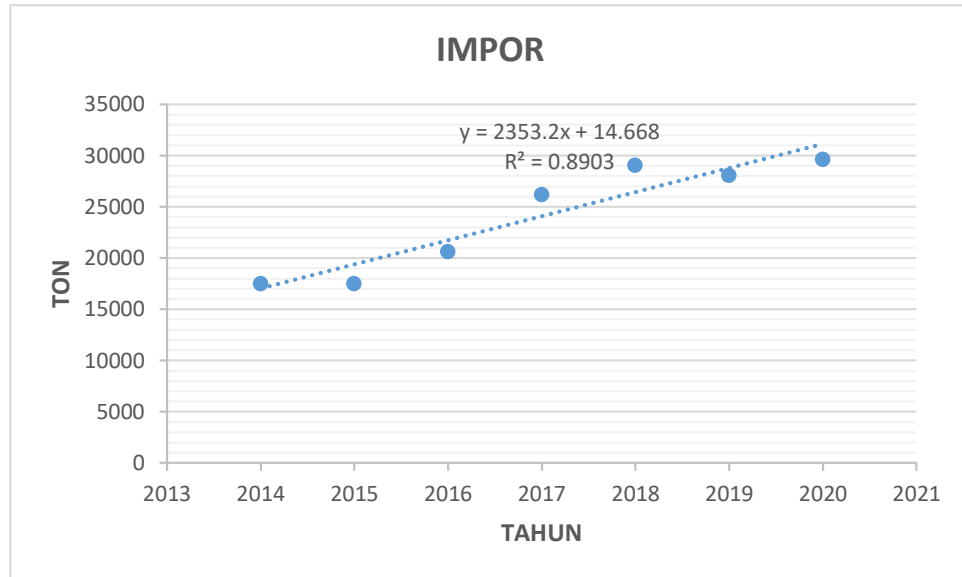
Berikut adalah data impor *methyl acetate* di Indonesia:

Tabel 1.1 Impor *Methyl Acetate* di Indonesia 2014-2020

<b>Tahun</b>	<b>Volume (Ton)</b>
2014	17502,82
2015	17495,65
2016	20638,59
2017	26199,26
2018	29045,3
2019	28073,4
2020	29612,3

Sumber : (BPS, 2020)

Berdasarkan data Tabel 1.1 diperoleh persamaan regresi linier seperti gambar berikut:



Gambar 1.1 Grafik data impor *methyl acetate* Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.1 diatas didapatkan persamaan  $y = 2353,2x + 14.668$  untuk memperkirakan kebutuhan impor *methyl acetate* pada tahun 2026 di indonesia sebesar 45.230 ton/tahun.

## 2. Data Konsumsi *Methyl Acetate* di Indonesia

Di Indonesia konsumsi *methyl acetate* digunakan sebagai pelarut dalam cat cepat kering sebanyak 30%. Data konsumsi *methyl acetate* ditunjukkan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Pabrik Indonesia yang menggunakan *Methyl Acetate*

No.	Nama Pabrik	Produk	Lokasi Pabrik	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
1.	PT. ICI <i>Paints</i> Indonesia, Dulux	<i>Paint/Cat</i>	Bekasi, Jawa Barat	30.000
2.	PT. Jotun Indonesia	<i>Paint/Cat</i>	Cikarang Barat, Bekasi	19.000
3.	PT. Pan Oceanic <i>Paint</i>	<i>Paint/Cat</i>	Cengkareng Timur, Jakarta	10.000
4.	PT. Pasific <i>Paint</i>	<i>Paint/Cat</i>	Tangerang, Banten	20.000
5.	PT. Gunung Sagara Buana (Gusana <i>Paint</i> )	<i>Paint/Cat</i>	Bekasi, Jawa Barat	11.000
6.	PT. Futanlux Chemitraco	<i>Paint/Cat</i>	Tangerang, Banten	8.300
Total				98.300
Total Kebutuhan <i>paint/cat</i> 30% <i>methyl acetate</i>				<b>29.490</b>

Sumber : <http://daftarperusahaanindonesia.com/>

Berdasarkan data diatas, kebutuhan impor *methyl acetate* di Indonesia mencapai 45.230 ton/tahun. Oleh karena itu, pabrik *methyl acetate* yang akan didirikan berkapasitas 22.500 ton/tahun dengan pertimbangan mengurangi 50% ketergantungan impor *methyl acetate* di Indonesia, dengan itu kebutuhan *methyl acetate* dalam negeri dapat tercukupi dan *methyl acetate* berlebih dapat



di ekspor untuk bersaing dengan pasar global. Sisa *methyl acetate* akan di ekspor ke beberapa negara di ASEAN antara lain :

Tabel 1.3 Daftar Negara ASEAN yang membutuhkan *Methyl Acetate*

Negara	Kebutuhan <i>Methyl Acetate</i> (Ton/Tahun)
Singapura	4.238,320
Filipina	17.991,731
Myanmar	1.614,882
Malaysia	52.951,865

Sumber: data.un.org

#### 1.4 Ketersediaan Bahan Baku

Pembuatan *methyl acetate* pada proses esterifikasi yaitu dengan cara mereaksikan *acetic acid* dan *methanol*. Oleh karena itu, bahan baku *methanol* akan didapat dari PT. Kaltim *Methanol* Industri Kalimantan Timur yang berkapasitas 660.000 ton/tahun. *Acetic acid* diperoleh dari PT. Samchem Prasadha dengan kapasitas 30.000 ton/tahun yang berada di daerah Kembangan, Jakarta Barat dan *amberlyst15* diperoleh dari Jinan Boss *Chemical Industry Co., Ltd.* China.

Dengan tersedianya bahan baku pembuatan *methyl acetate* yang melimpah di dalam negeri, maka akan memenuhi kebutuhan bahan baku pada pabrik pembuatan *methyl acetate*.

## 1.5 Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik merupakan salah satu faktor penting dalam pendirian suatu pabrik untuk keberlangsungan operasi pabrik. Banyak pertimbangan yang menjadi dasar dalam menentukan lokasi pabrik, antara lain: penyediaan bahan baku, pemasaran produk, fasilitas transportasi, utilitas dan factor penunjang lainnya.

Berikut pertimbangan pemilihan lokasi pabrik:

Tabel 1.4 Perbandingan pemilihan Lokasi Pabrik

Lokasi	Harga Lahan/m <sup>2</sup> (Rp)	Jarak Bahan Baku (km)	
		<i>Acetic Acid</i> (Jakarta Barat)	<i>Methanol</i> (Kalimantan Timur)
Lippo Cikarang	2.300.000	77	2.283
Bontang, Kaltim	1.500.000	2.217	211
Cilegon, Banten	2.500.000	89	2.424

Tabel 1.4 merupakan tabel pertimbangan berdasarkan harga lahan per m<sup>2</sup> dan jarak bahan baku per km. Berdasarkan beberapa faktor tersebut maka dipilih lokasi pabrik *methyl acetate* di Kawasan Industri Lippo Cikarang dikarenakan memiliki jarak pembelian bahan baku yang lebih dekat dengan kawasan pendirian pabrik. Pemilihan ini bertujuan untuk mendapatkan keuntungan secara teknis dan ekonomis berdasarkan pertimbangan-pertimbangan dibawah ini :

### 1. Penyediaan Bahan Baku

Pabrik *methyl acetate* ini memerlukan bahan baku *acetic acid* yang direncanakan dibeli dari PT. Samchem Prasadha yang berada di daerah Kembangan, Jakarta Barat. Bahan baku utama lain adalah *methanol* yang direncanakan dibeli dari PT. Kaltim *Methanol* Industri, Kalimantan Timur. Serta bahan penunjang *amberlyst15* direncanakan dibeli dari Jinan Boss *Chemical Industry Co., Ltd. China*.

### 2. Pemasaran

Pemasaran produk diharapkan mencukupi kebutuhan impor dalam negeri dengan prioritas utama pemasaran metil asetat sebagai bahan pelarut pada cat serta bisa memenuhi kebutuhan industri lainnya seperti industri, lak, resin, *thinner*, parfum dan penghapus cat kuku.

### 3. Transportasi

Lippo Cikarang merupakan kawasan industri, dimana kawasan ini memiliki akses yang memadai seperti pintu tol, dermaga dan jalan raya yang dapat digunakan sebagai sarana pengiriman ke dalam negeri maupun luar negeri.

Lippo Cikarang merupakan kawasan industri yang berdekatan dengan sungai Cibeet, maka sungai ini dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada unit utilitas pabrik metil asetat.

### 4. Lahan dan Area

Pendirian pabrik direncanakan tidak terlalu dekat dengan pemukiman penduduk dan lebih baik memilih didalam suatu kawasan industri dimana prasarana penunjangnya lebih memadai.

## 5. Tenaga kerja

Menurut data Badan Pusat Statistik 2019, Bekasi memiliki total pengangguran 10,97 % dari total usia siap kerja. Dengan jumlah angkatan kerja 1.572.155 jiwa. Tingginya jumlah pengangguran memungkinkan untuk memperoleh tenaga kerja yang mencukupi. Dengan memanfaatkan masyarakat sekitar sebagai tenaga kerja maka dapat meningkatkan perekonomian masyarakat di daerah tersebut.



Gambar 1.2 Lokasi Pabrik

Google Maps - ©2022 Google

## BAB II

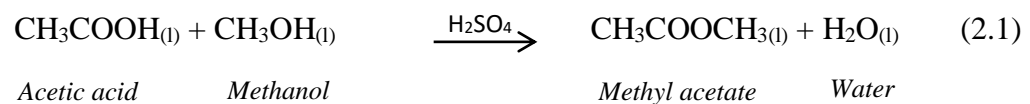
### PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES

Pada pabrik kimia terdapat berbagai jenis proses untuk mengubah bahan baku menjadi produk yang diinginkan. Untuk menentukan pemilihan proses dapat dilihat dari keuntungan yang bisa didapatkan dari segi ekonomi maupun teknik. Berikut adalah jenis-jenis proses pembuatan *Methyl acetate*:

#### 2.1 Jenis-jenis Proses

##### a. Esterifikasi *Acetic acid* dan *Methanol* dengan katalis $H_2SO_4$

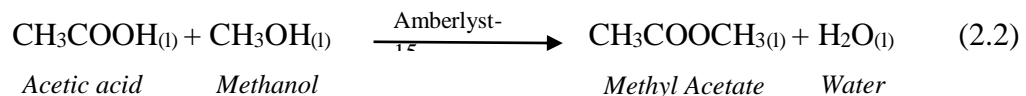
Proses ini menggunakan bahan baku berupa *acetic acid* dan *methanol*. *Acetic acid* dan *methanol* dengan perbandingan rasio mol 1:1 direaksikan dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) secara kontinu dengan aliran *counter current* menggunakan katalis asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) sebanyak 1% dari massa *acetic acid* pada suhu  $50^\circ C$  dan tekanan 1 atm. Konversi reaksi yang didapat 90% dengan kemurnian 99%. Reaksinya adalah sebagai berikut:



(Mekala *et al*, 2015)

## b. Esterifikasi *Acetic Acid* dan *Methanol* dengan katalis Amberlyst-15

Proses ini juga menggunakan *acetic acid* dan *methanol* sebagai bahan baku. *Acetic acid* dan *methanol* dengan perbandingan rasio mol 1:1 direaksikan dalam reaktor *fixed bed* secara kontinu menggunakan katalis amberlyst-15 sebanyak 3,35 gram tiap 1 mol *acetic acid* pada suhu 50° C dan tekanan 1 atm. Konversi reaksi yang didapat 90% dengan kemurnian 99%. Keuntungan menggunakan katalis Amberlyst-15 adalah katalisnya langsung dapat dipisahkan sehingga produk reaktor hanya terdiri dari hasil reaktor dan sisa reaktor, dari segi ekonomi harga amberlyst lebih mahal dibandingkan dengan asam sulfat. Reaksinya adalah sebagai berikut :



(T. Popken, 2000)

## 2.2 Pemilihan Proses

### 2.2.1 Esterifikasi *Acetic Acid* dengan *Methanol* dengan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

#### a. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika reaksi dilakukan dengan membandingkan nilai entalpi reaksi ( $\Delta H_r$ ) dan energi bebas Gibbs reaksi ( $\Delta G$ ). Nilai  $\Delta H_r$  menunjukkan energi yang dibutuhkan atau dihasilkan selama reaksi.  $\Delta H$  positif (+) berarti reaksi memerlukan panas (endoterm). Nilai negatif (-) dari  $\Delta H$  menunjukkan bahwa panas akan dihasilkan selama reaksi

(eksoterm). Untuk menghitung nilai  $\Delta H_r$ , digunakan hubungan antara panas reaksi dan suhu (Smith, Van Ness dan Abbott, 2001):

$$\Delta H_r = \Delta H_r^0 + R \int_{T_0}^T \frac{C_p^0}{R} dT \quad (2.3)$$

dimana:

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^0}{R} dT = (\Delta A) T_0 (\tau - 1) + \frac{\Delta B}{2} T_0^2 (\tau^2 - 1) + \frac{\Delta C}{3} T_0^3 (\tau^3 - 1) + \frac{\Delta D}{T_0} \left( \frac{\tau - 1}{\tau} \right)$$

$$\text{dan } \tau \equiv \frac{T}{T_0}$$

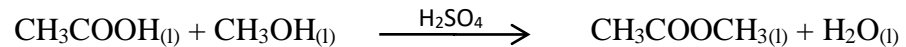
Sedangkan untuk  $\Delta G$  digunakan persamaan berikut:

$$\Delta G = \Delta H^0 - \frac{T}{T_0} (\Delta H^0 - \Delta G^0) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} \times \frac{dT}{T} \quad (2.4)$$

dimana:

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

Reaksi yang terjadi pada proses esterifikasi adalah:



Reaksi yang terjadi pada proses esterifikasi adalah : Data  $\Delta H_f^0$  standar untuk masing-masing senyawa diberikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Data Entalpi Pembentukan Standar Masing-masing Senyawa

Komponen	Rumus Molekul	$\Delta H_f^0$ 298,15 K (kJ/mol)
<i>Acetid acid</i>	CH <sub>3</sub> COOH	-434,84
<i>Methanol</i>	CH <sub>3</sub> OH	-201,17
<i>Methyl acetate</i>	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>3</sub>	-410,00
<i>Water</i>	H <sub>2</sub> O	-285,85

Sumber : Yaws, 1999

Berdasarkan data  $\Delta H_f^0$  standar tersebut dapat dihitung besarnya panas reaksi standar ( $\Delta H_r^0$ ) pembentukan *methyl acetate*:

$$\Delta H_r^0 = \Delta H_f^0 \text{ produk} - \Delta H_f^0 \text{ reaktan} \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} \Delta H_r^0 &= (\Delta H_f^0 \text{CH}_3\text{COOCH}_3 + \Delta H_f^0 \text{H}_2\text{O}) - \Delta H_f^0 \text{CH}_3\text{COOH} + \Delta H_f^0 \text{CH}_3\text{OH} \\ &= (-410,00 + (-285,85)) - (-434,84 + (-201,17)) \\ &= -59,84 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas disimpulkan bahwa reaksi bersifat eksotermis atau melepaskan panas.

Tabel 2.2. Data Konstanta Masing-masing Komponen

Komponen	A	B	C	D
CH <sub>3</sub> COOCH <sub>3</sub>	57,308	0,63751	-0,001308	0,000003569
CH <sub>3</sub> COOH	-18,944	1,0971	-0,0028921	0,0000029275
CH <sub>3</sub> OH	40,152	0,31046	-0,0010291	0,0000014598
H <sub>2</sub> O	92,053	-0,039953	-0,00021103	0,00000053469

Sumber : Yaws, 1999



$$\begin{aligned}
\Delta A &= \sum A_{\text{produk}} - \sum A_{\text{reaktan}} \\
&= (57,308 + 92,053) - (-18,944 + 40,152) \\
&= 128,153
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta B &= \sum B_{\text{produk}} - \sum B_{\text{reaktan}} \\
&= (0,63751 + (-0,039953)) - (1,0971 + 0,31046) \\
&= -0,810003
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta C &= \sum C_{\text{produk}} - \sum C_{\text{reaktan}} \\
&= (-0,0021308 + (-0,00021103)) - (-0,0028921 + (-0,0010291)) \\
&= 0,00157937
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta D &= \sum D_{\text{produk}} - \sum D_{\text{reaktan}} \\
&= (0,0000030569 + 0,00000053469) - (0,0000029275 + 0,0000014598) \\
&= -0,00000079571
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^0}{R} dT &= (\Delta A)T_0(\tau - 1) + \frac{\Delta B}{2}T_0^2(\tau^2 - 1) + \frac{\Delta C}{3}T_0^3(\tau^3 - 1) + \frac{\Delta D}{T_0}\left(\frac{\tau-1}{\tau}\right) \\
&= \left( (128,153)(298,15) \left( \frac{323,15}{298,15} - 1 \right) \right) + \\
&\quad \left( \left( \frac{-0,810003}{2} \right) (298,15^2) \left( \left( \frac{323,15}{298,15} \right)^2 - 1 \right) \right) + \\
&\quad \left( \left( \frac{0,00157937}{3} \right) (298,15^3) \left( \left( \frac{323,15}{298,15} \right)^3 - 1 \right) \right) + \\
&\quad \left( \left( \frac{-0,00000079571}{298,15} \right) \left( \frac{\frac{323,15}{298,15} - 1}{\frac{323,15}{298,15}} \right) \right) \\
&= 725,56
\end{aligned}$$

Sehingga nilai  $\Delta H_r$  adalah:

$$\begin{aligned}\Delta H_r &= \Delta H_r^0 + R \int_{T_0}^T \frac{C_p^0}{R} dT & (2.6) \\ &= -59,30 + ((8,314 \times 10^{-3}) \times (725,56)) \\ &= -53,81 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Karena harga  $\Delta H_r$  bernilai negatif, maka reaksi pembentukan *methyl acetate* tersebut bersifat eksoterm.

Tabel 2.3. Data Energi Bebas Gibbs Standar tiap Komponen

Komponen	Rumus Molekul	$\Delta G^0$ 298,15 K (kJ/mol)
<i>Acetid acid</i>	CH <sub>3</sub> COOH	-376,69
<i>Methanol</i>	CH <sub>3</sub> OH	-162,51
<i>Methyl acetate</i>	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>3</sub>	-321,50
Water	H <sub>2</sub> O	-237,190

Sumber : Yaws, 1999

Berdasarkan data  $\Delta G^0$  di atas, dapat dihitung besarnya energi bebas Gibbs standar  $\Delta G^0$ :

$$\begin{aligned}\Delta G^0 &= \Delta G^0 \text{ produk} - \Delta G^0 \text{ reaktan} & (2.7) \\ \Delta G^0 &= (\Delta G^0 \text{ CH}_3\text{COOCH}_3 + \Delta G^0 \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta G^0 \text{ CH}_3\text{COOH} + \\ &\quad \Delta G^0 \text{ CH}_3\text{OH}) \\ &= (-321,50 + (-237,190)) - (-376,69 + (-162,51)) \\ &= -19,49 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} \times \frac{dT}{T} &= \Delta A \ln \tau + \left[ \Delta B T_0 + \left( \Delta C T_0^2 + \frac{\Delta D}{\tau^2 T_0^2} \right) \left( \frac{\tau+1}{2} \right) \right] (\tau - 1) \\
&= \left( 128,153 \times \ln \frac{323,15}{298,15} \right) + \left[ (-0,810003 \times 298,15) + \right. \\
&\quad \left( \left( (0,00157937 \times (298,15^2)) + \left( \frac{-0,00000079571}{\left( \left( \frac{323,15}{298,15} \right)^2 \times (298,15^2) \right)} \right) \right) \right) \times \\
&\quad \left. \left( \frac{\left( \frac{323,15}{298,15} + 1 \right)}{2} \right) \right] \times \left( \frac{323,15}{298,15} - 1 \right) \\
&= -90,79
\end{aligned}$$

Sehingga nilai  $\Delta G$  adalah:

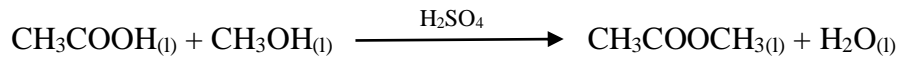
$$\begin{aligned}
\Delta G &= \Delta H^0 - \frac{T}{T_0} (\Delta H^0 - \Delta G^0) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} \times \frac{dT}{T} \\
&= (-59,84) - \left( \frac{323,15}{298,15} \times (-59,84 - (-19,49)) \right) + \left( (8,314 \times 10^{-3}) \times \right. \\
&\quad \left. (725,56) - \left( (8,314 \times 10^{-3}) \times (323,15) \times (-90,79) \right) \right) \\
&= -273,62 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas nilai  $\Delta G_{rx}$  negatif (-), hal ini menunjukkan bahwa reaksi dapat berlangsung tanpa membutuhkan energi yang besar karena diinginkan  $\Delta G_{rx} < 0$  agar tidak membutuhkan energi berupa panas yang terlalu besar (konsumsi energi kecil).

## b. Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui potensi ekonomi berdasarkan perhitungan ekonomi kasar dari pembelian bahan baku dan penjualan produk.

Reaksi yang terjadi pada proses esterifikasi dengan asam sulfat adalah:



Pada proses esterifikasi ini konversi reaksi yang didapat 90% pada suhu 50° C dan tekanan 1 atm.

Berdasarkan reaksi stokiometri, maka dapat ditentukan mol dan massa dari masing-masing produk maupun reaktan.

Konversi = 90%

Basis = 1 CH<sub>3</sub>COOCH<sub>3</sub> terbentuk

### Produk :

1) Mol CH<sub>3</sub>COOCH<sub>3</sub> =  $\frac{1 \text{ kg}}{74,06 \text{ kg/kmol}} = 0,0135 \text{ kmol}$

2) Massa CH<sub>3</sub>COOCH<sub>3</sub> = mol x BM = 0,0135 kmol x 74,06 kg/kmol  
= 1 kg

3) Mol H<sub>2</sub>O =  $\frac{1}{1} \times \text{mol CH}_3\text{COOCH}_3 = \frac{1}{1} \times 0,0135 \text{ kmol} = 0,0135$   
kmolP

4) Massa H<sub>2</sub>O = mol x BM = 0,0135 kmol x 18,02 kg/kmol = 0,243 kg

**Reaktan :**

$$1) \text{ Mol CH}_3\text{COOH} = \frac{\frac{1}{1} \times \text{mol CH}_3\text{COOCH}_3}{\text{konversi}} = \frac{\frac{1}{1} \times 0,0135}{0,91} = 0,015 \text{ kmol}$$

$$2) \text{ Massa CH}_3\text{COOH} = \text{mol} \times \text{BM} = 0,015 \text{ kmol} \times 60,05 \text{ kg/kmol} = 0,9 \text{ kg}$$

$$3) \text{ Mol CH}_3\text{OH} = \frac{1}{1} \times \text{mol CH}_3\text{COOH} = \frac{1}{1} \times 0,015 \text{ kmol} = 0,015 \text{ kmol}$$

$$4) \text{ Massa CH}_3\text{OH} = \text{mol} \times \text{BM} = 0,015 \text{ kmol} \times 32,04 \text{ kg/kmol} = 0,48 \text{ kg}$$

Tabel 2.4. Mol dan harga bahan baku serta produk proses esterifikasi dengan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Material	Rumus molekul	Berat molekul (kg/kmol)	Massa		Harga (\$/kg)
			Kmol	Kg	
<i>Acetic acid</i>	CH <sub>3</sub> COOH	60,05	0,015	0,9	0,7005
<i>Methanol</i>	CH <sub>3</sub> OH <sub>p</sub>	32,04	0,015	0,48	0,2233
<i>Methyl acetate</i>	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>3</sub>	74,06	0,0135	1	2,0023
<i>Water</i>	H <sub>2</sub> O	18,02	0,0135	0,243	0

$$1) \text{ Harga penjualan produk utama: } \text{CH}_3\text{COOCH}_3 = 1 \text{ kg} \times \$2,0023 = \$2,0023$$

2) Biaya pembelian bahan baku:

$$\text{CH}_3\text{COOH} = 0,9 \text{ kg} \times \$0,7005 = \$0,6304$$

$$\text{CH}_3\text{OH} = 0,48 \text{ kg} \times \$0,2233 = \$0,1071$$

$$\text{Total harga pembelian} = \$0,7375$$

$$3) \text{ Profit} = \text{Harga penjualan produk} - \text{biaya pembelian bahan baku}$$

$$= \$1,8274 - \$0,7375$$

$$= \$1,0899$$

## 2.2.2 Esterifikasi *Acetic Acid* dan *Methanol* dengan katalis Amberlyst-15

### a. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika reaksi dilakukan dengan membandingkan nilai entalpi reaksi ( $\Delta H_r$ ) dan energi bebas Gibbs reaksi ( $\Delta G$ ). Nilai  $\Delta H_r$  menunjukkan energi yang dibutuhkan atau dihasilkan selama reaksi.  $\Delta H$  positif (+) berarti reaksi memerlukan panas (endoterm). Nilai negatif (-) dari  $\Delta H$  menunjukkan bahwa panas akan dihasilkan selama reaksi (eksoterm). Untuk menghitung nilai  $\Delta H_r$ , digunakan hubungan antara panas reaksi dan suhu (Smith, Van Ness dan Abbott, 2001):

$$\Delta H_r = \Delta H_r^0 + R \int_{T_0}^T \frac{C_p^0}{R} dT \quad (2.8)$$

dimana:

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^0}{R} dT = (\Delta A)T_0(\tau - 1) + \frac{\Delta B}{2}T_0^2(\tau^2 - 1) + \frac{\Delta C}{3}T_0^3(\tau^3 - 1) + \frac{\Delta D}{T_0} \left( \frac{\tau-1}{\tau} \right)$$

$$\text{dan } \tau \equiv \frac{T}{T_0}$$

Sedangkan untuk  $\Delta G$  digunakan persamaan berikut:

$$\Delta G = \Delta H^0 - \frac{T}{T_0}(\Delta H^0 - \Delta G^0) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} \times \frac{dT}{T} \quad (2.9)$$

dimana:

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

Reaksi yang terjadi pada proses esterifikasi adalah:



Reaksi yang terjadi pada proses esterifikasi adalah : Data  $\Delta H_f^0$  standar untuk masing-masing senyawa diberikan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Data Entalpi Pembentukan Standar Masing-masing Senyawa

Komponen	Rumus Molekul	$\Delta H_f^0$ 298,15 K (kJ/mol)
<i>Acetid acid</i>	CH <sub>3</sub> COOH	-434,84
<i>Methanol</i>	CH <sub>3</sub> OH	-201,17
<i>Methyl acetate</i>	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>3</sub>	-410,00
<i>Water</i>	H <sub>2</sub> O	-285,85

Sumber : Yaws, 1999

Berdasarkan data  $\Delta H_f^0$  standar tersebut dapat dihitung besarnya panas reaksi standar ( $\Delta H_r^0$ ) pembentukan *methyl acetate*:

$$\begin{aligned} \Delta H_r^0 &= \Delta H_f^0 \text{ produk} - \Delta H_f^0 \text{ reaktan} \\ \Delta H_r^0 &= (\Delta H_f^0 \text{CH}_3\text{COOCH}_3 + \Delta H_f^0 \text{H}_2\text{O}) - \Delta H_f^0 \text{CH}_3\text{COOH} + \Delta H_f^0 \text{CH}_3\text{OH} \\ &= (-410,00 + (-285,85)) - (-434,84 + (-201,17)) \\ &= -59,84 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas disimpulkan bahwa reaksi bersifat eksotermis atau melepaskan panas.

Tabel 2.6. Data Konstanta Masing-masing Komponen

<b>Komponen</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<i>Acetid acid</i>	57,308	0,63751	-0,001308	0,000003569
<i>Methanol</i>	-18,944	1,0971	-0,0028921	0,0000029275
<i>Methyl acetate</i>	40,152	0,31046	-0,0010291	0,0000014598
<i>Water</i>	92,053	-0,039953	-0,00021103	0,00000053469

Sumber : Yaws, 1999

$$\Delta A = \sum A_{\text{produk}} - \sum A_{\text{reaktan}}$$

$$= (57,308 + 92,053) - (-18,944 + 40,152)$$

$$= 128,153$$

$$\Delta B = \sum B_{\text{produk}} - \sum B_{\text{reaktan}}$$

$$= (0,63751 + (-0,039953)) - (1,0971 + 0,31046)$$

$$= -0,810003$$

$$\Delta C = \sum C_{\text{produk}} - \sum C_{\text{reaktan}}$$

$$= (-0,0021308 + (-0,00021103)) - (-0,0028921 + (-0,0010291))$$

$$= 0,00157937$$

$$\Delta D = \sum D_{\text{produk}} - \sum D_{\text{reaktan}}$$

$$= (0,0000030569 + 0,00000053469) - (0,0000029275 + 0,0000014598)$$

$$= -0,00000079571$$



$$\begin{aligned}
\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^0}{R} dT &= (\Delta A)T_0(\tau - 1) + \frac{\Delta B}{2}T_0^2(\tau^2 - 1) + \frac{\Delta C}{3}T_0^3(\tau^3 - 1) + \frac{\Delta D}{T_0}\left(\frac{\tau-1}{\tau}\right) \\
&= \left( (128,153)(298,15) \left( \frac{323,15}{298,15} - 1 \right) \right) + \\
&\quad \left( \left( \frac{-0,810003}{2} \right) (298,15^2) \left( \left( \frac{323,15}{298,15} \right)^2 - 1 \right) \right) + \\
&\quad \left( \left( \frac{0,00157937}{3} \right) (298,15^3) \left( \left( \frac{323,15}{298,15} \right)^3 - 1 \right) \right) + \\
&\quad \left( \left( \frac{-0,00000079571}{298,15} \right) \left( \frac{\frac{323,15}{298,15} - 1}{\frac{323,15}{298,15}} \right) \right) \\
&= -725,56
\end{aligned}$$

Sehingga nilai  $\Delta H_r$  adalah:

$$\begin{aligned}
\Delta H_r &= \Delta H_r^0 + R \int_{T_0}^T \frac{C_p^0}{R} dT & (2.10) \\
&= -59,84 + \left( (8,314 \times 10^{-3}) \times (725,56) \right) \\
&= -53,81 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Karena harga  $\Delta H_r$  bernilai negatif, maka reaksi pembentukan *methyl acetate* tersebut bersifat eksoterm.

Tabel 2.7. Data Energi Bebas Gibbs Standar tiap Komponen

Komponen	Rumus Molekul	$\Delta G^0$ 298,15 K (kJ/mol)
<i>Acetid acid</i>	CH <sub>3</sub> COOH	-376,69
<i>Methanol</i>	CH <sub>3</sub> OH	-162,51
<i>Methyl acetate</i>	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>3</sub>	-321,50
<i>Water</i>	H <sub>2</sub> O	-237,190

Sumber : Yaws, 1999

Berdasarkan data  $\Delta G^0$  di atas, dapat dihitung besarnya energi bebas Gibbs standar  $\Delta G^0$ :

$$\Delta G^0 = \Delta G^0 \text{ produk} - \Delta G^0 \text{ reaktan} \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned} \Delta G^0 &= (\Delta G^0 \text{ CH}_3\text{COOCH}_3 + \Delta G^0 \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta G^0 \text{ CH}_3\text{COOH} + \\ &\quad \Delta G^0 \text{ CH}_3\text{OH}) \\ &= (-321,50 + (-237,190)) - (-376,69 + (-162,51)) \\ &= -19,49 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} \times \frac{dT}{T} &= \Delta A \ln \tau + \left[ \Delta B T_0 + \left( \Delta C T_0^2 + \frac{\Delta D}{\tau^2 T_0^2} \right) \left( \frac{\tau+1}{2} \right) \right] (\tau - 1) \\ &= \left( 128,153 \times \ln \frac{323,15}{298,15} \right) + \left[ (-0,810003 \times 298,15) + \right. \\ &\quad \left. \left( \left( (0,00157937 \times (298,15^2)) + \left( \frac{-0,00000079571}{\left( \frac{323,15}{298,15} \right)^2 \times (298,15^2)} \right) \right) \right) \times \right. \\ &\quad \left. \left. \left( \frac{\frac{323,15}{298,15} + 1}{2} \right) \right) \right] \times \left( \frac{323,15}{298,15} - 1 \right) \\ &= -90,79 \end{aligned}$$

Sehingga nilai  $\Delta G$  adalah:

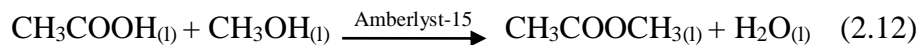
$$\begin{aligned} \Delta G &= \Delta H^0 - \frac{T}{T_0} (\Delta H^0 - \Delta G^0) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} \times \frac{dT}{T} \\ &= (-59,84) - \left( \frac{323,15}{298,15} \times (-59,84 - (-19,49)) \right) + \left( (8,314 \times 10^{-3}) \times \right. \\ &\quad \left. (752,56) - ((8,314 \times 10^{-3}) \times (323,15) \times (-90,79)) \right) \\ &= -273,62 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas nilai  $\Delta G_{rx}$  negatif (-), hal ini menunjukkan bahwa reaksi dapat berlangsung tanpa membutuhkan

energi yang besar karena diinginkan  $\Delta G_{rx} < 0$  agar tidak membutuhkan energi berupa panas yang terlalu besar (konsumsi energi kecil).

## b. Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui potensi ekonomi berdasarkan perhitungan ekonomi kasar dari pembelian bahan baku dan penjualan produk. Reaksi yang terjadi pada proses esterifikasi dengan katalis Amberlyst-15 adalah:



Reaksi dilaksanakan pada suhu  $50^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm. Adapun konversi yang diperoleh tetap 90%. Rasio reaktan antara *acetic acid* dan *methanol* adalah 1:1. Dengan perbandingan katalis sebanyak 3,35 gram tiap 1 mol *acetic acid* (T. Popken, 2000).

Berdasarkan reaksi stokiometri, maka dapat ditentukan mol dan massa dari masing-masing produk maupun reaktan.

Konversi = 90%

Basis = 1  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$  terbentuk

### Produk :

1) Mol  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3 = \frac{1 \text{ kg}}{74,06 \text{ kg/kmol}} = 0,0135 \text{ kmol}$

2) Massa  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3 = \text{mol} \times \text{BM} = 0,0135 \text{ kmol} \times 74,06 \text{ kg/kmol}$   
 $= 1 \text{ kg}$

$$3) \text{ Mol H}_2\text{O} = \frac{1}{1} \times \text{mol CH}_3\text{COOCH}_3 = \frac{1}{1} \times 0,0135 \text{ kmol} = 0,0135 \text{ kmol}$$

$$4) \text{ Massa H}_2\text{O} = \text{mol} \times \text{BM} = 0,0135 \text{ kmol} \times 18,02 \text{ kg/kmol} = 0,243 \text{ kg}$$

**Reaktan :**

$$1) \text{ Mol CH}_3\text{COOH} = \frac{\frac{1}{1} \times \text{mol CH}_3\text{COOCH}_3}{\text{konversi}} = \frac{\frac{1}{1} \times 0,0135}{0,91} = 0,015 \text{ kmol}$$

$$2) \text{ Massa CH}_3\text{COOH} = \text{mol} \times \text{BM} = 0,015 \text{ kmol} \times 60,05 \text{ kg/kmol} = 0,9 \text{ kg}$$

$$3) \text{ Mol CH}_3\text{OH} = \frac{1}{1} \times \text{mol CH}_3\text{COOH} = \frac{1}{1} \times 0,015 \text{ kmol} = 0,015 \text{ kmol}$$

$$4) \text{ Massa CH}_3\text{OH} = \text{mol} \times \text{BM} = 0,015 \text{ kmol} \times 32,04 \text{ kg/kmol} = 0,48 \text{ kg}$$

Tabel 2.8. Mol dan harga bahan baku serta produk proses esterifikasi dengan katalis amberlyst-15

Material	Rumus molekul	Berat molekul (kg/kmol)	Massa		Harga (\$/kg)
			kmol	Kg	
<i>Acetic acid</i>	CH <sub>3</sub> COOH	60,05	0,015	0,9	0,7005
<i>Methanol</i>	CH <sub>3</sub> OH	32,04	0,015	0,48	0,2233
<i>Methyl acetate</i>	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>3</sub>	74,06	0,0135	1	2,0023
<i>Water</i>	H <sub>2</sub> O	18,02	0,0135	0,243	0

- 1) Harga penjualan produk utama:  
 $\text{CH}_3\text{COOCH}_3 = 1 \text{ kg} \times \$2,0023 = \$2,0023$
- 2) Biaya pembelian bahan baku:  
 $\text{CH}_3\text{COOH} = 0,9 \text{ kg} \times \$0,7005 = \$0,6304$   
 $\text{CH}_3\text{OH} = 0,48 \text{ kg} \times \$0,2233 = \$0,1071$   
 Total harga pembelian = \$0,7375
- 3) Profit = Harga penjualan produk – biaya pembelian bahan baku  
 $= \$1,8274 - \$0,7375$   
 $= \$1,0899$

Tabel 2.9. Perbedaan Proses

No	Parameter	Asam Sulfat	Amberlyst-15
<b>Teknis</b>			
1.	Bahan baku	<i>Acetic acid-Methanol</i>	<i>Acetic acid-Methanol</i>
2.	Fasa	Cair-Cair	Cair-Cair
3.	Suhu	50 °C	50 °C
4.	Tekanan	1 atm	1 atm
5.	Konversi	90 %	90 %
6.	Kemurnian	99 %	99 %
7.	Jenis reaksi	Eksoterm	Eksoterm
8.	Jenis reaktor	RATB	<i>Fixed bed multitube</i>
<b>Ekonomi</b>			
		Lebih mahal (lebih banyak alat proses yang diperlukan)	Lebih murah (katalis dapat diregenerasi dan minim peralatan yang diperlukan)
1.	Alat proses	3 menara distilasi, 1 reaktor, 1 neutralizer, 1 dekanter, 1 evaporator, 2 <i>mixing tank</i>	2 menara distilasi, 1 reaktor, 1 WWTP ( <i>Waste Water Treatment Plant</i> )

No	Parameter	Asam Sulfat	Amberlyst-15
<b>Lingkungan</b>			
1.	Produk samping	H <sub>2</sub> O, sodium sulfat dan sodium asetat	H <sub>2</sub> O

Berdasarkan 3 aspek pada Tabel 2.9, maka dipilih proses esterifikasi *acetic acid* dan *methanol* menggunakan katalis Amberlyst-15 dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Aspek ekonomi, lebih murah dikarenakan alat proses yang diperlukan lebih sedikit dan katalis dapat diregenerasi.
2. Aspek lingkungan, produk samping yang dihasilkan hanya H<sub>2</sub>O (air), sehingga aman untuk lingkungan dan tidak memerlukan instalasi unit tambahan untuk pengolahannya.

### 2.3 Uraian Proses Esterifikasi

Proses produksi *methyl acetate* (CH<sub>3</sub>COOCH<sub>3</sub>) dengan proses esterifikasi dapat dibagi menjadi 3 tahapan proses yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan produk
3. Tahap pemurnian produk

### 2.3.1. Persiapan Bahan Baku

a. *Acetic Acid* ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )

Bahan baku *methanol* yang digunakan adalah kemurnian 99,8%. *Methanol* ini disimpan pada sebuah *Storage Tank* (ST-101) pada fasa cair dengan suhu penyimpanan 30 °C dan pada tekanan 1 atm. *Methanol* dialirkan ke *heater* (HE-101) untuk dipanaskan hingga suhu 50 °C sebelum dipompakan dengan pompa sentrifugal (P-101) ke dalam reaktor (RE-201) sebagai umpan.

b. *Methanol* ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )

Bahan baku *acetic acid* yang digunakan adalah *acetic acid* dengan kemurnian 99,8% yang disimpan pada *Storage Tank* (ST-102) dalam fasa cair pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Sebelum dipompakan Pompa sentrifugal (PO-102) menuju Reaktor (RE-201) *acetic acid* dialirkan ke *Heater* (HE-102) untuk dipanaskan hingga suhu 50 °C.

c. Katalis Amberlyst-15

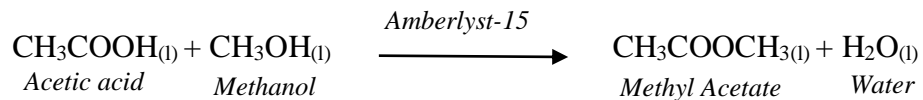
Amberlyst-15 dimasukkan ke dalam Reaktor (RE-201). Amberlyst-15 merupakan resin penukar kation yang berbentuk butiran padatan

### 2.3.2. Tahapan Pembentukan Produk

Bahan baku yang digunakan yaitu *methanol* dan *acetic acid* dengan perbandingan rasio mol 1:1 dengan bahan penunjang berupa katalis amberlyst-15 sebanyak 3,35 gram tiap 1 mol *acetic acid*. Reaktor yang

digunakan yaitu reaktor *fixed bed multitube* (RE-201). *Acetic acid* dan *methanol* direaksikan selama 5 jam pada suhu 50 °C (T. Popken, 2000)

Reaksi yang terjadi adalah:



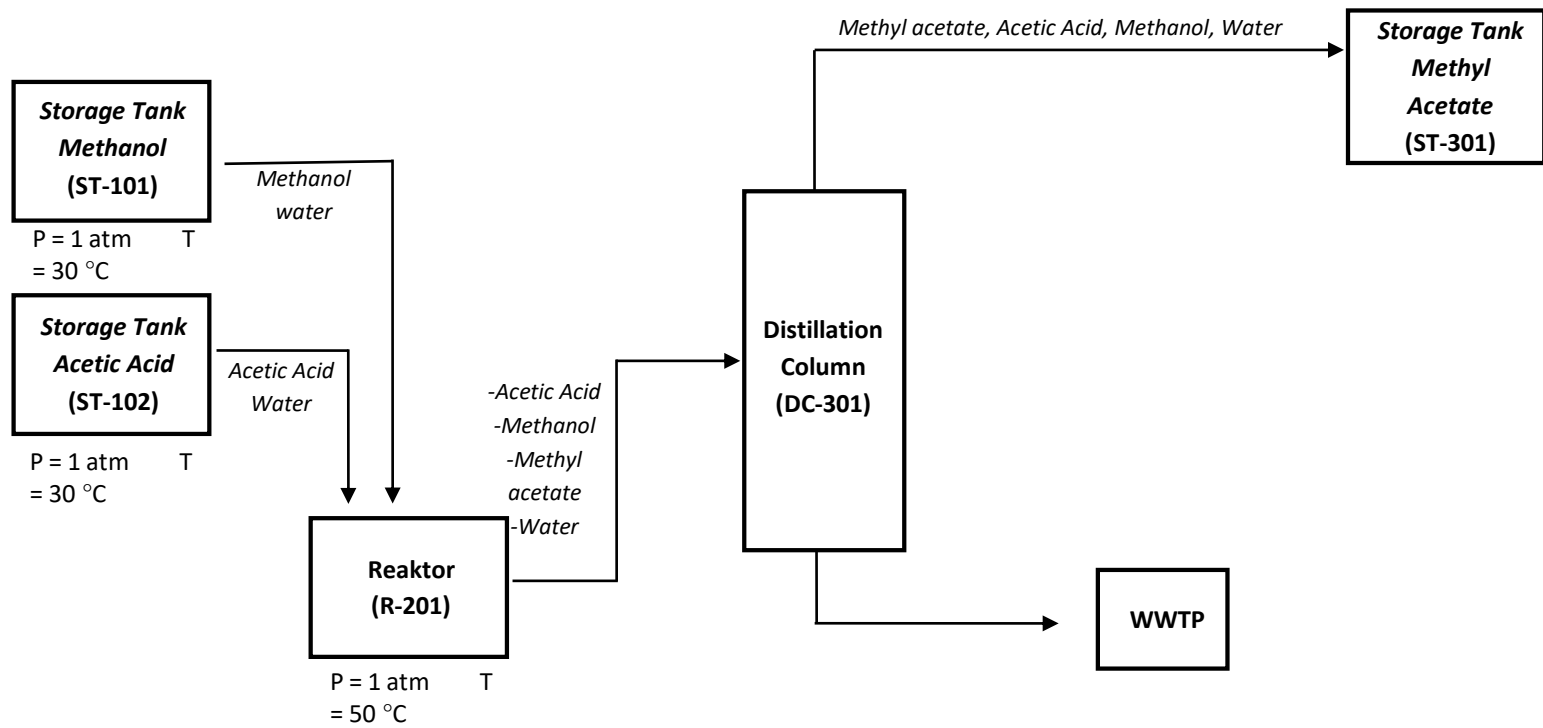
Reaksi bersifat eksotermis maka dibutuhkan pendingin berupa air untuk menjaga suhu didalam Reaktor (RE-201). Produk yang keluar dari reaktor (RE-201) terdiri dari campuran *methyl acetate*, *methanol*, air, dan *acetic acid*. Selanjutnya campuran larutan dialirkan menuju Pompa (PO-201) menuju *Heater* (HE-201) untuk menaikkan suhu menjadi 72,90 °C, lalu diumpankan kedalam *Distillation Column* (DC-301) untuk dilakukan pemurnian.

### 2.3.3. Tahapan Pemurnian

*Distillation Column* (DC-301) untuk memurnikan *methyl acetate* sebagai produk yang keluar sebagai distilat, hasil atas DC-301 berupa *methyl acetate* dengan kemurnian 99,8 % dengan sedikit *methanol*, dan air, selanjutnya produk atas berupa uap *methyl acetate* dialirkan ke *Condensor* (CD-301) untuk mengubah fasa menjadi cair dengan suhu 58,04 °C, selanjutnya *methyl acetate* dialirkan dengan Pompa sentrifugal (PO-301) menuju *Cooler* (CL-301) untuk menurunkan suhu menjadi 35 °C, lalu diumpankan ke dalam *Storage Tank* produk *methyl acetate* (ST-



301), sedangkan hasil bawah *Distillation Column* (DC-301) berupa *methyl acetate*, *methanol*, *acetic acid* dan air dimasukkan ke dalam Reboiler (RB-301), lalu dialirkan menggunakan Pompa sentrifugal (PO-301) menuju WWTP (*Waste Water Treatment Plant*) sebelum dibuang ke lingkungan.



Gambar 2.1. Diagram Alir Proses

## BAB III

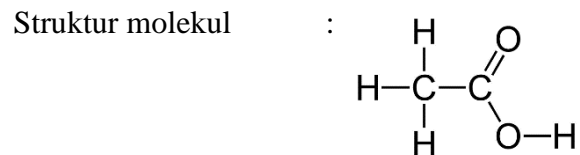
### SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

#### A. Spesifikasi Bahan Baku Utama

##### 1. Bahan Baku Utama (Kirk & Othmer (1983) dan Pubchem)

###### a. *Acetic Acid*

Rumus molekul : CH<sub>3</sub>COOH



Berat molekul : 60,05 g/mol

Bau : Menyengat

Fasa : Cair

Warna : Tidak berwarna

Kemurnian : 99,8% berat 0,2% air

Titik didih (1 atm) : 117,87 °C

Titik leleh (1 atm) : 16,64 °C

Titik nyala : 39 °C

Titik beku : 16,6 °C

Temperatur kritis : 512,58 K

Tekanan kritis : 80,96 bar

Densitas (20 °C) : 1,05 g/m<sup>3</sup>

Viskositas (20 °C) : 11,83 Cp

MSDS :



*Hazard Statement* : H 226 : Cairan dan uap mudah menyala.

H 314 : Menyebabkan kulit terbakar yang parah dan kerusakan mata.

*Precautionary* : P 210 : Jauhkan dari panas/percikan api/api terbuka. Dilarang merokok.

P 233 : Jaga wadah tertutup rapat.

P 240 : Tanam/Bond wadah dan peralatan penerima.

P 305 + P 351 + P 338

JIKA TERKENA MATA : Bilas dengan seksama dengan air untuk beberapa menit. Lepaskan lensa kontak jika memakainya dan mudah melakukannya. Lanjutkan membilas.

JANGAN merangsang muntah.

P 303 + P 361 + P 353

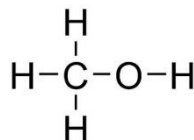
JIKA TERKENA KULIT (atau rambut): Tanggalkan segera seluruh pakaian yang terkontaminasi. Bilas kulit dengan air.

(Sumber : *Perry's Chemical Engineers's Handbook, 1999; Kirk Othmer, 1969; dan MSDS*)

#### b. *Methanol*

Rumus molekul : CH<sub>3</sub>OH

Struktur molekul :



Berat molekul : 32,04 g/mol

Fasa	: Cair
Bau	: Bau alkohol
Warna	: Tidak berwarna
Titik didih (1 atm)	: 64,7 °C
Titik leleh (1 atm)	: -97 °C
Titik nyala	: 11 °C
Titik beku	: -97,6 °C
Temperatur kritis	: 592,71 K
Tekanan kritis	: 57,86 bar
Densitas (25 °C)	: 792 kg/m <sup>3</sup>
Viskositas (20 °C)	: 0,8 cP
Kemurnian	: 99% berat 1% air

MSDS : 

*Hazard Statement* : H 225 : Cairan dan uap amat mudah menyala.

H 301 + H 311 + H 331

Toksik bila tertelan, terkena kulit atau bila terhirup.

H 370 : Menyebabkan kerusakan pada organ (mata, system saraf pusat).

*Precautionary* : P 210 : Jauhkan dari panas/percikan api/api terbuka. Dilarang merokok.

P 233 : Jaga wadah tertutup rapat.

P 280 : Kenakan sarung tangan pelindung/ pakaian pelindung/ pelindung mata/ pelindung wajah.

P 301 + P 310

JIKA TERTELAN : Segera hubungi  
SENTRA INFORMASI KERACUNAN  
atau dokter/ tenaga medis.

JANGAN merangsang muntah.

P 303 + P 361 + P 353

JIKA TERKENA KULIT (atau rambut) :  
Tanggalkan segera semua pakaian yang  
terkontaminasi. Bilas kulit dengan air.

P 304 + P 340 + P 311

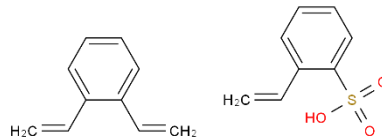
JIKA TERHIRUP: Pindahkan korban ke  
udara segar dan posisikan yang nyaman  
untuk bernapas. Hubungi SENTRA  
INFORMASI KERACUNAN atau  
dokter/ tenaga medis.

## 2. Bahan Baku Penunjang

### a. Amberlyst-15

Bentuk : Butiran padat/manik-manik kecil

Struktur molekul :



Warna : Coklat kehijauan

Densitas *Bulk* : 1,2 g/ml (pada suhu 25 °C)

*Surface Area* : 53 m<sup>2</sup>/g

Temperatur kritis : 120 °C

MSDS :



*Hazard Statement* : H 314 : Menyebabkan kulit terbakar yang parah  
dan kerusakan mata.

H 290 : Dapat korosif terhadap logam.

*Precautionary* : P 273 : Hindarkan pelepasan ke lingkungan.

P 280 : Pakai sarung tangan pelindung/pakaian pelindung/pelindung mata/wajah.

P 301 + P 330 + P 331

JIKA TERTELAN : Basuh mulut

JANGAN merangsang muntah.

P 305 + P 351 + P 338

JIKA TERKENA MATA : Bilas dengan

seksama dengan air untuk beberapa

menit. Lepaskan lensa kontak jika

memakainya dan mudah melakukannya.

Lanjutkan membilas.

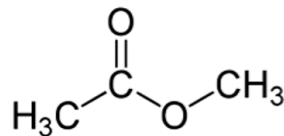
### 3. Produk Utama

#### a. *Methyl Acetate*

Rumus molekul :  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$

Berat molekul : 74,06 g/mol

Struktur molekul :



Fasa : Cair

Warna : Tidak berwarna

Bau : Seperti wewangian

Titik didih (1 atm) : 57 °C

Titik leleh (1 atm) : -98,05 °C

Titik nyala : -10 °C

Temperatur kritis : 506,80 K

Tekanan kritis : 46,90 bar

Densitas (20 °C) : 0,932 kg/m<sup>3</sup>

Viskositas (25 °C) : 0,364 cP

Kemurnian : 99,97% metil asetat, 0,05% metanol dan air  
0,0003245%

MSDS :



*Hazard* : H 314 : Menyebabkan kulit terbakar yang parah dan kerusakan mata.  
H 335 : Dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan.

*Precautionary* : P 280 : Pakai sarung tangan pelindung/pakaian pelindung/pelindung mata/wajah.  
P 301 + P 330 + P 331  
JIKA TERTELAN : Basuh mulut.  
JANGAN merangsang muntah.  
P 305 + P 351 + P 338  
JIKA TERKENA MATA : Bilas dengan seksama dengan air untuk beberapa menit. Lepaskan lensa kontak jika memakainya dan mudah melakukannya. Lanjutkan membilas.  
P 308 + P 310  
Jika terpapar atau dikuatirkan : Segera hubungi SENTRA INFORMASI KERACUNAN atau dokter/tenaga medis.



## **BAB X**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Simpulan**

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik *Methyl acetate* dari *acetic acid* dan *methanol* dengan kapasitas 22.500 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak adalah 45,98%
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak adalah 1,56 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 30,58% dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30 – 60% kapasitas produksi. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 12,25% kapasitas produksi, yaitu batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti melakukan produksi karena merugi.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 47,90%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

#### **B. Saran**

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Prarancangan Pabrik *methyl acetate* kapasitas

22.500 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya sebelum didirikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. 2022. [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com). Diakses 8 Februari 2022 pukul: 14.25.
- Anonimous G, 2022. [www.matches.com](http://www.matches.com). Diakses pada tanggal 8 Februari 2022 pukul 14.35 WIB.
- Badan Pusat Statistik. 2020. *Statistic Indonesia*. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). Indonesia. Diakses 7 Februari 2022 pukul: 13:20.
- Branan, Carl. 2002. *Rules Of Thumb for Chemical Engineers - Third Edition*. Amsterdam: Gulf Professional Publishing an imprint of Elsevier Science.
- 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.
- Chan, Arthur and Seider, Warren D. 2004. *Batch Manufacture of Propylene Glycol*. Department of Chemical and Biomolecular Engineering University of Pennsylvania. Pennsylvania.
- Chemical Engineering Essentials For The Cpi Professional*. 2021. [www.chemengonline.com](http://www.chemengonline.com). Diakses 10 Februari 2022 pukul: 14.30.
- 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.

Couper, J.R. and Penney W.R., 2005. *Chemical Process Equipment Selection and Design 2<sup>nd</sup> Edition*. Elsevier Inc. USA.

E.Hugot. 1986. *Handbook Of Cane Sugar Engineering*. Elsevier Science Publishing Company Inc.52, Vanderbilt Avenue, New York.

Evans,Alan W. 1972. *On The Theory Of The Valuation And Allocation Of Time*.  
Scottish Journal of Political Economy, Volume 19, Issue 1 p. 1-17.

Geankoplis, Christie J. 1993. *Transport Processes and unit Operation 3<sup>th</sup> Edition*.  
Allyn & Bacon Inc. New Jersey.

Google Maps. 2022. [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps). Diakses 10 Februari 2022 pukul:  
15.10.

Hesse, H.C and Rushton, J.H. 1981. *Process Equipment Design*. D. Van Nostrand  
Co. New Jersey.

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

Igor. J. Karassik, Joseph P. Messina, Paul Cooper, Charles C. Heald. 2001. *Pump  
Handbook. Third Edition*. McGraw-Hill Book Co. New York.

*Independent Commodity Inteligence Services*. 2022. [icis.com](http://icis.com) Diakses pada Tanggal  
11 Februari 2022 pukul 13.00 WIB.

- Jing.Li, Wang Keliang, Lian Minglei, Li Zhi and Du Tingzhao. 2018. *Extractive Distillation of Methyl Acetate-Methanol Azeotrope Using [DMIM] DMP as Solvent*. China Petroleum Processing and Petrochemical Technology, Vol.20,No.4, pp 109-116.
- Joshi, M.V. 1981. *Process Equipment Design. 2 ed.* Bombay, Delhi: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Kementrian Perindustrian. 2011. [kemenperin.go.id](http://kemenperin.go.id). Indonesia. Diakses 5 Februari 2022 pukul: 11.00.
- Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Mc-Graw-Hill. New York.
- Kirbaslar, S.I, H.Z.Terzioglu, and Dramur, U., (2001), *Catalytic Esterification of Methyl Alcohol with Acetic acid*, J. Chinese Journal of Chemical Engineering 9(1): 90-96.
- Kirk, R.E and Othmer. 1983. *Encyclopedia of Chemical Technology*. International Student Edition. Mc.Graw-Hill Kogasuka Company Ltd, Tokyo.
- Kister, H. Z., 1992. *Distillation Design*. Mc Graw-Hill, California.
- Laval, Alfa. 2001. *Pump Handbook*. USA.
- Lebanoff, Val S and Robert R Ross. 1992. *Centrifugal Pumps Design & Application, Second Edition*. Gulf Publishing Company, Houston, TX.
- Lin.Jiang-jen, Round Rock, John F, Knifton, Austin. 1984. *Process For Preparing Acetaldehyde From Methanol And Synthesis Gas Using A Novel Catalyst Composition*. United States Patent 4,433,178.

- Magyesy, eugene F. 1983. *Pressure Vessel Handbook*. Publishing. Inc.
- Mc. Cabe W.L. and Smith J.C., 1985. *Operasi Teknik Kimia*. Erlangga. Jakarta.
- Mekala.Mallaiah dan Venkat, RG. 2015. *Kinetics Of Esterification Of Methanol And Acetic Acid With Mineral Homogeneous Acid Catalyst*. Chinese Journal of Chemical Engineering 23 (2015) 100–105.
- Michael. 2020. *Indonesia Salary Benchmark*. Michael Page Indonesia Salary Benchmark.
- Missen, R. W., Mims. C.A., &Saville, B. A., 1999, “*Introduction to Chemical. Reaction Engineering and Kinetics*”, John Wiley and Sons Inc, USA.
- Neptune Engineering For Future. 2021. [www.neptune-india.com](http://www.neptune-india.com). Diakses 25 Februari 2022 pukul: 11.00.
- 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 Januari 2023 pukul: 13.00.
- PLN. 2023. [web.pln.co.id](http://web.pln.co.id). Diakses 25 Januari 2023 pukul: 10.46.
- Powell, S. 1954. *Water Conditioning for Industry*. Mc-Graw Hill Book Company. New York.
- Pubchem. 2022. [pubchem.ncbi.nlm.nih.gov](http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov). Diakses 22 Februari 2022 pukul: 09.40.

- Radlein, Barbara. 2010. *Final Supplemental Environmental Assessment for Proposed Amended Rule*. Wilson Boulevard. Arlington. VA22209.
- Rana. Karan, Pravin S, Siddharthsinh P, Akshaysinh M. 2017. *To Study Reaction Kinetics Of Acetic Acid- Methanol System And Determine Conversion In Defferent Reactors. Vol-3 Issue-3, IJARIE-ISSN(O)-2395-4396*.
- 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.
- Richard M. Felder, Ronald W. Rousseau. 1976. *Elementary Principles of Chemical Process*”, 3<sup>th</sup> edition, John Willey and Sons. New York.
- Santiasih,Indri. 2016. *Review: The Secondary Particulate Matter From Painting*. Politeknik Perkapalan Negri Surabaya.
- Seidell, Atherton. 1917. *Solubilities of Inorganic and Organic Substances,4th Corrected*. D.Van Nostrand Company., New York.
- Severn, WH, Degler, HE, and Miles, JC. 1954. *Steam, Air and Gas Power, 5th Edition*. John Wiley and Sons, Inc., New York
- Sinnot, R.K. 2003. *Chemical Engineering Design*. Elsivier. UK.
- Smith, J.M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott. 2006. *Chemical Engineering Thermodynamics 7<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill : New York.

*The Observatory of Economic Complexity*. 2022. [oec.world](https://oec.world). Diakses 8 Maret 2022  
pukul: 17.00.

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.

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.

Utami, Ayu Widya. 2019. *Kualitas Air Sungai Citarum*. Universitas Trisakti, Indonesia.

Vilbrandt, F.C. and Dryden, C.E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design, 4th edition*. McGraw Hill International Book Company, Kogakusha Ltd, Tokyo.

Walas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann. Washington.

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