

**PRARANCANGAN PABRIK METIL ISOBUTIL KETON DENGAN
ASETON DAN HIDROGEN KAPASITAS 32.000 TON/TAHUN
(Perancangan Menara Distilasi 303 (MD-303))**

(Skripsi)

Oleh:

**AGTASHAH FAHAR ANDHIKA
(1755041006)**



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

2024

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK METIL ISOBUTIL KETON DENGAN ASETON DAN HIDROGEN KAPASITAS 32.000 TON/TAHUN (Perancangan Menara Distilasi 303 (MD-303))

Oleh

AGTASHAH FAHAR ANDHIKA

Metil isobutyl keton (MIBK) merupakan zat kimia turunan keton yang biasa digunakan sebagai pelarut vinil, epoksi dan resin akrilat. MIBK dapat dibuat dengan menggunakan Aseton dan Hidrogen. Penyediaan kebutuhan MIBK dalam negeri masih sepenuhnya diperoleh dari impor, sehingga peluang untuk didirikannya pabrik MIBK memiliki prospek yang bagus. Penyediaan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air, sistem refrigerasi, serta penyedia udara dan instrumentasi. Kapasitas produksi pabrik MIBK direncanakan sebesar 32.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di Kawasan Industri Merak, Banten. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 134 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi lini.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp 558.196.015.687
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp 98.505.179.239
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp 656.701.194.926
<i>Total Production Cost</i>	(TPC) = Rp 1.019.020.691.767
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 44,29%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 26,55%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b = 2,42 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a = 2,85 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b = 26.54%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a = 21.23%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF) = 30%

Berdasarkan hasil analisis diatas, maka pendirian pabrik Metil Isobutil Keton ini layak untuk dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dari sisi ekonomi dan mempunyai prospek yang relatif baik.

ABSTRACT

PRE-DESIGN OF METHYL ISOBUTYL KETONE FACTORY USING ACETONE AND HYDROGEN CAPACITY OF 32.000 TON/YEAR (Design of Distillation Tower 303 (MD-303))

By

AGTASHAH FAHAR ANDHIKA

Methyl isobutyl ketone (MIBK) is a chemical derivative of ketone which is commonly used as a solvent for vinyl, epoxy and acrylate resins. MIBK can be made using Acetone and Hydrogen. The supply of domestic MIBK needs is still entirely obtained from imports, so the opportunity for establishing an MIBK factory has good prospects. Provision of factory utilities in the form of water processing and supply systems, refrigeration systems, as well as air and instrumentation supplies. The production capacity of the MIBK factory is planned at 32,000 tons/year with 330 working days in 1 year. The factory location is planned to be established in the Merak Industrial Area, Banten. The workforce required is 134 people in the form of a Limited Liability Company (PT) with a line organizational structure.

From the economic analysis obtained:

Fixed Capital Investment	(FCI) = Rp 558.196.015.687
Working Capital Investment	(WCI) = Rp 98.505.179.239
Total Capital Investment	(TCI) = Rp 656.701.194.926
Total Production Cost	(TPC) = Rp 1.019.020.691.767
Break Even Point	(BEP) = 44,29%
Shut Down Point	(SDP) = 26,55%
Pay Out Time before taxes	(POT) _b = 2,42 year
Pay Out Time after taxes	(POT) _a = 2,85 year
Return on Investment before taxes	(ROI) _b = 26.54%
Return on Investment after taxes	(ROI) _a = 21.23%
Discounted cash flow	(DCF) = 30%

Based on the results of the analysis above, the establishment of a Methyl Isobutyl Ketone factory is worthy of further study, because it is a factory that is profitable from an economic perspective and has relatively good prospects.

**PRARANCANGAN PABRIK METIL ISOBUTIL KETON DENGAN
ASETON DAN HIDROGEN KAPASITAS 32.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan Menara Distilasi 303 (MD-303))**

**Oleh
Agtashah Fahar Andhika
1755041006**

**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
2024**

Judul Skripsi

**: PRARANCANGAN PABRIK METIL
ISOBUTIL KETON DENGAN ASETON DAN
HIDROGEN KAPASITAS 32.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan Menara Distilasi 303
(MD-303))**

Nama Mahasiswa

: Agtashah Fahar Andhika

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1755041006

Program Studi

: Teknik Kimia

Fakultas

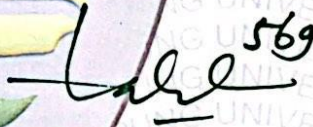
: Teknik

MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**


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

NIP. 198503122008122004


Taharuddin, S.T., M.Sc.

NIP. 197001261995121001

2. **Ketua Jurusan**


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

NIP. 197407122000032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Sekretaris : **Taharuddin, S.T., M.Sc.**

Penguji

Bukan Pembimbing I : **Panca Nugrahini F., S.T., M.T.**

Bukan Pembimbing II : **Donny Lesmana, S.T., M.Sc.**

2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. }

NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 21 Juni 2024

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, 23 Juni 2024



Agtasnan Fahar Andhika
NPM 1755041006

RIWAYAT HIDUP



Agtashah Fahar Andhika, penulis laporan ini dilahirkan di Depok pada tanggal 6 Agustus 1999, putra pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Agung Trianto dan Ibu Otta Nur Kirana.

Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDIKT Robbi Rodhiya pada tahun 2011, pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN 22 Bandar Lampung pada tahun 2014 dan pendidikan sekolah menengah atas di SMAN 5 Bandar Lampung pada tahun 2017.

Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi antara lain sebagai Staff Brand&IM AIESEC in Unila Periode 2017, Sekretaris Dinas KOMINFO BEM FT Unila Periode 2017, Staff Media Informasi Himatemia FT Unila Periode 2018, Wakil Ketua Himatemia FT Unila Periode 2019, dan Pimpinan Pusat Koordiantor Bidang Publikasi dan Komunikasi Periode 2019-2022.

Pada tahun 2019, penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Bandar Lampung, Lampung. Pada tahun 2022, melakukan Kerja Praktik (KP) di PTPN VII Unit Bekri dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *Oil Purifier* di Stasiun Purifikasi” dan penulis melakukan penelitian dengan judul “*Biomethane Upgrading Dengan Metode Multi-Stage Module Membrane dan H₂S Removal Menggunakan Wet Scrubber*” di Laboratorium Kimia Terapan, Teknik Kimia, Universitas Lampung.

Motto dan Persembahan

“Sesungguhnya Allah tidak akan merubah nasib suatu kaum kecuali kaum itu sendiri yang mengubah nasibnya.”

(QS. Ar-Ra'd Ayat 11)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(QS. Al-Baqarah Ayat 286)

“Pada akhirnya, walaupun hancur sejadi-jadinya namun yang tak pernah menyerahlah yang akan memenangkan pertempuran.”

(Anonim)

Sebuah Karya

Dengan sepenuh hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:

Allah SWT

Hanya dengan berkat Rahmat dan Ridho-nya aku dapat menyelesaikan karyaku ini dan mampu bertahan selama ini.

Kedua Orang Tuaku

Terima kasih atas segala doa, kasih sayang, pengorbanan, keikhlasan serta kesabarannya. Terimakasih untuk tidak menyerah dan terus mendukungku selama ini.

Keluargaku

Terimakasih atas dukungan, doa dan motivasinya selama ini.

Sahabat-sahabatku,

Terimakasih atas dukungan, doa, bantuan dan ketulusannya selama ini.

Para Pengajar sebagai tanda hormatku,

Terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini baik itu berupa ilmu keteknikkimiaan maupun ilmu kehidupan yang tentunya sangat berguna dan bermanfaat.

Dan tak lupa kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta, semoga kelak 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 Metil Isobutil Keton dengan Aseton dan Hidrogen Kapasitas 32.000 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 yang telah memberikan motivasi serta senantiasa mengingatkan dalam penyelesaian tugas akhir.
2. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan dan motivasinya dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
3. Bapak Taharuddin, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II sekaligus Dosen Pembimbing Akademik, yang telah memberikan bimbingan dan motivasinya dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
4. Ibu Panca Nugrahini F, S.T., M.T. dan Bapak Donny Lesmana, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji I dan Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan kritiknya dalam penyelesaian tugas akhir, serta terima kasih telah mengaktifkan logika berfikir terhadap tugas akhir yang dikerjakan dan memberikan kemudahan untuk menyelesaikan studi di Teknik Kimia Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, S.Si., M.T. dan Bapak Muhammad Irsyad, S.T., M.T. yang telah memberikan arahan dan motivasinya dalam penyelesaian tugas akhir.

6. Otta Nur Kirana, SKM., M.KM, dan Ir. Agung Trianto, S.T. selaku kedua orang tua penulis yang selalu berusaha memberikan yang terbaik untuk penulis dan selalu sabar sehingga penulis bisa menjadi seorang Sarjana.
7. Keluarga yang selalu mendukung dan memberikan doa serta motivasi kepada penulis hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Yovina Nugroho dan Calvin Lim yang selalu mendukung dan menjaga setiap langkah yang dijalani. Terima kasih telah hadir dalam hidup penulis sebagai *support system* yang selalu ada.
9. Bhismar Imansyah, Mario, Alba Sutanto, dan Hardianto Danu atas canda tawanya yang membuat penulis tetap semangat serta selalu mendengarkan keluh kesah penulis. Terima kasih sudah menjadi teman yang baik dan sabar selama ini.
10. Muhammad Taufan Kamal sebagai partner Tugas Akhir yang sudah membantu, menemani dan mengerti dalam penulisan tugas akhir ini. Terimakasih sudah memberikan yang terbaik dan sudah menjadi teman yang baik dan sabar selama ini.
11. Fikri Muhammad yang telah membantu penyelesaian tugas akhir dan perkuliahan dengan sabar dan ikhlas. Terimakasih sudah menjadi teman yang baik hingga saat ini.
12. Teman-teman Angkatan 2017 yang berjalan beriringan dan saling mendukung selama masa perkuliahan ini. Terimakasih sudah meringankan beban perkuliahan maupun organisasi.
13. Gusti Made Adrian Putradinata, Lukman Nur Hidayat, Muhamamd Adli Ito, dan Dimas Adi Krisna selaku teman-teman yang sudah berbagi canda tawa bersama penulis.
14. Teman-teman MABESHOD yang sudah banyak mengukir cerita selama masa perkuliahan dengan segala drama, dan candaan yang diluar nalar.
15. Adik-adik Mahasiswa Teknik Kimia yang telah banyak membantu dalam penyusunan maupun kehidupan selama masa perkuliahan.
16. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.

17. Semua pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu.

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

Bandarlampung, 23 Juni 2024

Penulis

Agtashah Fahar Andhika

NPM. 1755041006

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
<i>Motto dan Persembahan</i>	viii
SANWACANA	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Kegunaan Produk	2
1.3. Ketersediaan Bahan Baku	2
1.4. Analisis Pasar	3
1.5. Kapasitas Pabrik	5
1.6. Lokasi Pabrik.....	6
BAB II PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES.....	9
2.1. Jenis-Jenis Proses	9
2.2. Pemilihan Proses	11
2.3. Uraian Proses.....	22
BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK.....	25
3.1. Spesifikasi Produk.....	25
3.2. Bahan Baku	27
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI	30
6.1. Neraca Massa	30
4.2. Neraca Energi	37
BAB V SPESIFIKASI ALAT.....	42

5.1. Peralatan Proses.....	42
BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH.....	63
6.1. Unit Penyedia Air.....	63
6.2. Unit Penyedia <i>Steam</i>	76
6.3. Unit Penyediaan Oksigen dan Udara Instrumen	77
6.4. Unit Pembangkit dan Pendistribusian Listrik (<i>Power Plant and Power Distribution System</i>)	78
6.5. Laboratorium	78
6.6. Instrumentasi dan Pengendalian Proses	82
BAB VII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	85
7.1. Lokasi Pabrik.....	85
7.2. Tata Letak Pabrik	88
7.3. Tata Letak Alat Proses	92
BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN. 94	
8.1. Bentuk Perusahaan	94
8.2. Struktur Organisasi Perusahaan.....	97
8.3. Status Karyawan Dan Sistem Penggajian.....	108
8.4. Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	109
8.5. Penggolongan Jabatan Dan Jumlah Karyawan.....	112
BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI.....	121
10.1. Investasi	121
10.2. Angsuran Pinjaman.....	129
10.3. Discounted Cash Flow (DCF).....	129
BAB X SIMPULAN DAN SARAN.....	131
10.1. Simpulan	131
10.2. Saran	131
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA	
LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA ENERGI	
LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT	
LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITAS	
LAMPIRAN E PERHITUNGAN EKONOMI DAN EVALUASI EKONOMI	

**LAMPIRAN F TUGAS KHUSUS PERANCANGAN MENARA DISTILASI
303 (MD-303)**

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Harga bahan baku dan produk	3
Tabel 1.2 Data impor metil isobutil keton di Indonesia tahun 2022.....	3
Tabel 2.1 Perbandingan Proses Pembuatan MIBK.....	11
Tabel 2.1. Data Entalpi Pembentukan Standar Masing-masing Senyawa	13
Tabel 2.2. Data Konstanta Masing-masing Komponen	14
Tabel 2.3 Nilai ΔG°_f masing-masing Komponen	16
Tabel 2.4 Harga bahan baku dan produk	19
Tabel. 2.5. Mol dan BM bahan baku dan produk.....	19
Tabel 4.1. Neraca Massa Reaktor (RE-201)	30
Tabel 4.2. Neraca Massa Menara Distilasi Aseton (MD-301).....	30
Tabel 4.3. Neraca Massa Kondensor 301.....	31
Tabel 4.4. Neraca Massa Reboiler 301	32
Tabel 4.5. Neraca Massa Menara Distilasi-302	33
Tabel 4.6. Neraca Massa Kondensor 302.....	33
Tabel 4.7. Neraca Massa Reboiler 302	34
Tabel 4.8. Neraca Massa Menara Distilasi-303	35
Tabel 4.9. Neraca Massa Kondensor 303.....	35
Tabel 4.10. Neraca Massa Reboiler 303	36
Tabel 4.11 Neraca energi HE-102.....	37
Tabel 4.12 Neraca Energi Mix Point 101 (MP-101).....	38
Tabel 4.13 Neraca energi Kompresor 101 (CP-101).	38
Tabel 4.14 Neraca energi Heater 102 (HE-102)	39
Tabel 4.15 Neraca Energi Mix Point 102 (MP-102).....	39
Tabel 4.16. Neraca Energi Reaktor 201 (RE-201).....	39
Tabel 4.17 Neraca Energi Cooler-201 (CO-201).....	40
Tabel 4.18 Neraca Energi Menara Distilasi 301 (DC-301)	40
Tabel 4.19 Neraca energi Heater 103 (HE-103)	40
Tabel 4.20 Neraca Energi Menara Distilasi 302 (DC-302)	41
Tabel 4.21 Neraca Energi Menara Distilasi 303 (DC-303)	41
Tabel 4.22 Neraca Energi Cooler 401 (CO-401)	41
Tabel. 5.1 Spesifikasi Tangki Aseton (ST-101).....	42
Tabel. 5.2. Spesifikasi Tangki Metil Isobutil Keton (ST-301)	43
Tabel 5.3 Spesifikasi Pompa (PP – 101).....	43
Tabel 5.4 Spesifikasi <i>Heater</i> -101 (HE-101)	44
Tabel 5.5 Spesifikasi <i>Heater</i> -102 (HE-102)	45
Tabel 5.6 Spesifikasi Kompresor (CP-101)	46
Tabel 5.7. Spesifikasi reaktor (RE-201).....	47
Tabel 5.8 Spesifikasi <i>Cooler</i> -301 (CO-301)	47
Tabel 5.9 Spesifikasi Expander Valve - 201 (EV-201).....	48
Tabel 5.10 Spesifikasi Blower-201 (BL-201).....	49

Tabel. 5.11. Spesifikasi DC-301	49
Tabel 5.12 Spesifikasi <i>Condensor</i> –301 (CD-301)	50
Tabel 5.13 Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301)	51
Tabel 5.14 Spesifikasi <i>Accumulator</i> (AC-301)	52
Tabel 5.15 Spesifikasi Pompa (PP – 301)	53
Tabel 5.16 Spesifikasi <i>Heater</i> -103 (HE-103)	53
Tabel. 5.17. Spesifikasi MD-302	54
Tabel 5.18 Spesifikasi <i>Condensor</i> –302 (CD-302)	55
Tabel 5.19 Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-302)	56
Tabel 5.20 Spesifikasi <i>Accumulator</i> (AC-302)	57
Tabel 5.21 Spesifikasi Pompa (PP – 302)	57
Tabel. 5.22 Spesifikasi DC-303	58
Tabel 5.23 Spesifikasi <i>Condensor</i> –303 (CD-303)	59
Tabel 5.24. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-303)	60
Tabel 5.25 Spesifikasi <i>Accumulator</i> (AC-303)	61
Tabel 5.26 Spesifikasi <i>Cooler</i> -401 (CO-401)	61
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Umum	64
Tabel 6.2 Kebutuhan Air untuk kebutuhan hidrogen	64
Tabel 6.3. Kebutuhan Air untuk Pembangkit <i>Steam (Boiler Feed Water)</i>	66
Tabel 6.4 Kebutuhan Air Pendingin	68
Tabel 6.5 Kebutuhan Air Proses	71
Tabel 6.6. Kebutuhan Air <i>Hydrant</i>	72
Tabel 6.7 Kebutuhan Air Total	76
Tabel 6.8 Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian.	83
Tabel 6.9 Pengendalian Variabel Utama Proses	84
Tabel 8.1. Jadwal Kerja Masing-Masing Regu	111
Tabel 8.2. Perincian Tingkat Pendidikan	112
Tabel 8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses	114
Tabel 8.4. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	114
Tabel 8.5. Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	115
Tabel 9.1. Perincian TCI Pabrik Metil Isobutil Keton	122
Tabel 9.2. Manufacturing Cost	124
Tabel 9.3. General Expenses	125
Tabel 9.5 Minimum Acceptable Percent Return On Investment	126
Tabel 9.6 <i>Acceptable Pay Out Time</i> untuk Tingkat Resiko Pabrik	127
Tabel 9.7. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi	130

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Prediksi impor metil isobutil keton di Indonesia	5
Gambar. 6.1. Diagram Cooling Water System	71
Gambar 7.2. Tata Letak Pabrik Metil Isobutil Keton.....	91
Gambar 7.3. Tata Letak Alat Proses	93
Gambar 8.1 Struktur Organisasi	99
Gambar 9.1. Grafik Analisa Ekonomi	129
Gambar 9.2. Kurva Cumulative Cash Flow	130

BAB I PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Perkembangan teknologi di bidang industri saat ini semakin pesat dengan meningkatnya kemajuan teknologi dan beragam kebutuhan masyarakat dunia. Salah satu industri kimia yang mempunyai kegunaan yang penting dan peluang yang besar di masa mendatang adalah metil isobutil keton. Metil isobutil keton (MIBK) yang dikenal juga dengan nama lain yaitu heksone, 4-metil-2-pentanon atau isopropilaseton dengan rumus molekul $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COCH}_3$ pertama kali diperkenalkan pada tahun 1980 oleh negara pelopor seperti Amerika, Jepang, dan beberapa negara Eropa. MIBK merupakan cairan yang stabil dan tidak berwarna, sedikit larut dalam air dan larut di dalam pelarut organik.

Senyawa turunan keton ini pada mulanya digunakan terbatas sebagai pelarut untuk keperluan tertentu saja, karena ketika itu orang lebih mengenal senyawa aseton. Setelah itu diketahui bahwa MIBK merupakan suatu pelarut yang dapat digunakan untuk pelarut vinil, epoksi, dan resin akrilat. Perkembangan kebutuhan MIBK terus meningkat dengan semakin meluasnya pemakaian MIBK di berbagai sektor industri terutama industri cat karena pelarut MIBK diketahui memberikan mutu yang lebih baik dibandingkan pelarut-pelarut sebelumnya. Industri cat dan *thinner* di Indonesia diketahui juga mulai banyak memakai MIBK ini sebagai bahan pelarut. Selain itu, MIBK diketahui dapat

digunakan sebagai pelarut untuk pelapis tekstil dan pelarut untuk ekstraksi dan pemurnian antibiotik.

Namun hingga saat ini industri MIBK belum dikembangkan walaupun permintaannya cenderung meningkat. Dengan belum tergarapnya industri ini, ketergantungan Indonesia terhadap senyawa MIBK yang selama ini dipenuhi dengan mengimpor, diharapkan dapat terpenuhi dengan pendirian pabrik MIBK di Indonesia, karena memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan, baik ditinjau dari prospek pasar dan perkembangan konsumsi MIBK di Indonesia untuk berbagai sektor industri yang memakainya.

1.2.Kegunaan Produk

Produk metil isobutil keton telah banyak digunakan dalam berbagai macam industri diantaranya:

1. Sebagai pelarut resin akrilat dan vinil akrilat
2. Sebagai pelarut untuk lapisan pelindung pada industri cat dan *thinner*
3. Sebagai pelarut pelapis tekstil dan kulit
4. Sebagai pelarut dalam ekstraksi dan pemurnian antibiotik, obat-obatan, dan pestisida
5. Bahan kimia intermediet pembuat metil amil alkohol

1.3.Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan metil isobutil keton adalah aseton ($\text{CH}_3\text{CCH}_3\text{O}$) dan hidrogen (H_2). Bahan baku aseton diimpor dari Jepang di Sunoco Haverhill, Ohio yaitu pabrik aseton di Jepang (kapasitas 267.000 ton/thn). Sedangkan gas hidrogen didapat dari PT. Air Liquid, Banten

(kapasitas 49.500 ton/tahun). Dengan mengadakan kontrak kerjasama dengan kedua pabrik tersebut maka diharapkan kebutuhan aseton dan gas hidrogen sebagai bahan baku pembuatan metil isobutil keton dapat terpenuhi.

1.4. Analisis Pasar

1. Harga bahan Baku dan Produk

Harga bahan baku dan produk pada pabrik metil isobutil keton (MIBK) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.1 Harga bahan baku dan produk

Bahan	Harga (US\$/kg)
Aseton	2
Hidrogen	3,5
MIBK	2,8

2. Kebutuhan Pasar

Data statistik yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa di Indonesia hingga saat ini belum ada pabrik metil isobutil keton sehingga untuk memenuhi kebutuhan metil isobutil keton selama ini masih mengimpor dari negara-negara seperti Jepang, Hongkong, Taiwan, USA, China, Jerman dan Belanda. Data statistik yang diperoleh dari BPS mengenai jumlah impor metil isobutil keton dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.2 Data impor metil isobutil keton di Indonesia tahun 2022

Tahun	Jumlah impor (Ton)
2018	33181,52
2019	32797,56
2020	38587,38
2021	43400,26
2022	45843,62

Sumber : Undata 2022

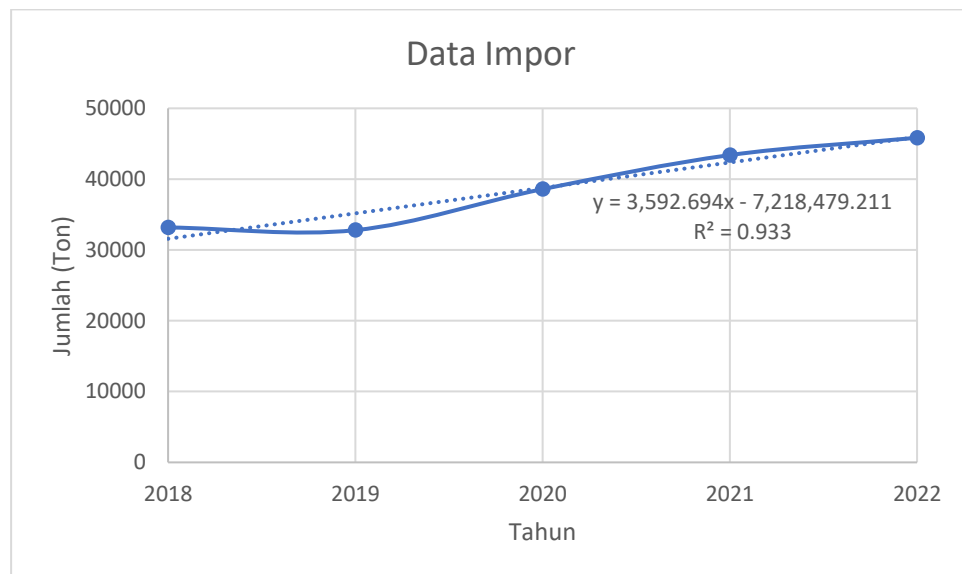
Dari Tabel 1.2 terlihat bahwa kebutuhan metil isobutil keton (MIBK) dalam negeri mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan di Indonesia belum terdapat pabrik MIBK sehingga untuk memenuhi kebutuhan MIBK diperoleh dari impor.

Konsumsi MIBK di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat. Proyeksi pertumbuhan tersebut didasari semakin membaiknya perekonomian nasional dan peningkatan daya beli masyarakat, serta pertambahan jumlah penduduk, meskipun pada tahun 2009 terjadi penurunan impor MIBK yang dikarenakan krisis global yang berdampak pada memburuknya perekonomian nasional.

Peningkatan konsumsi MIBK didasarkan atas perkembangan industri pemakainya yang mengalami perkembangan cukup pesat. Di samping masih tingginya minat investasi pada sektor industri, industri pemakai yang ada juga aktif melakukan perluasan pabrik. Sehingga dengan pendirian pabrik ini diharapkan kebutuhan MIBK dalam industri di Indonesia dapat terpenuhi dan akan merangsang pertumbuhan pabrik baru yang menggunakan bahan baku MIBK.

1.5.Kapasitas Pabrik

Prediksi kapasitas pabrik diambil berdasarkan data statistik yang diperoleh dari Undata prihal data impor MIBK di Indonesia. Peningkatan impor MIBK dari tahun ke tahun dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1.1 Prediksi impor metil isobutil keton di Indonesia

Dari persamaan yang diperoleh pada Gambar 1.1 dengan menggunakan metode regresi Polynomial, kebutuhan metil isobutil keton di Indonesia untuk tahun 2027, diyakini sebesar 64.000 ton/tahun. Berdasarkan data kebutuhan tersebut, maka besarnya kapasitas pabrik metil isobutil keton yang direncanakan sebesar 50 % dari total kebutuhan di Indonesia, yaitu 32.000 ton/tahun.

Pemilihan kapasitas ini juga didasarkan pada kapasitas pabrik metil isobutil keton yang sudah ada di dunia, yaitu berkisar antara 15.000 ton/tahun yang dimiliki oleh *Jilin Chemical*, China sampai 50.000 ton/tahun yang dimiliki oleh *Mitsui Chemicals*, Jepang.

1.6.Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat penting pada suatu perancangan karena akan berpengaruh secara langsung terhadap kelangsungan hidup pabrik. Berdasarkan faktor-faktor di bawah ini maka pabrik yang akan didirikan berlokasi di Kawasan Industri Merak, Banten dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Sumber Bahan Baku

Lokasi pabrik dekat dengan produsen bahan baku seperti gas H_2 yang telah banyak diproduksi di Indonesia, salah satunya yang diproduksi oleh PT. Air Liquid di Cilegon, Banten. Sedangkan aseton sampai sekarang masih di impor dari negara lain seperti : Jepang, Hongkong, Taiwan, USA, China, Jerman dan Belanda.

2. Daerah Pemasaran

Lokasi pabrik dekat dengan daerah pemasaran produk. Konsumen terbesar MIBK adalah industri cat dan thinner yang sebagian besar berlokasi di Jawa Barat, Jawa Timur dan Jawa Tengah. Sedangkan untuk konsumen MIBK lainnya pada umumnya berlokasi di pulau Jawa sehingga dalam pemasarannya mudah.

3. Transportasi

Jalur transportasi baik darat maupun laut yang berperan dalam pendistribusian bahan baku maupun produk cukup memadai, untuk transportasi darat

tersedia jalan raya yang menghubungkan ke daerah-daerah lain yang berpotensi untuk menunjang jalannya proses produksi dan pemasaran. Karena aseton masih di impor, maka adanya pelabuhan laut menjadi hal yang sangat penting. Transportasi laut dapat dilakukan melalui pelabuhan Tanjung Priok.

4. Penyediaan Utilitas

Untuk menjalankan proses produksi pabrik diperlukan sarana pendukung sebagai pembangkit tenaga listrik dan air. Sumber air diperoleh dari DAS Cidanau yang mempunyai kapasitas 2.000 liter per detik. Sedangkan untuk listrik dapat disuplai dari PT Krakatau Daya Listrik, disamping itu energi listrik juga dapat diproduksi sendiri menggunakan generator.

5. Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang terampil dibutuhkan dalam proses suatu pabrik. Untuk kebutuhan tenaga kerja dapat dipenuhi dari daerah Banten karena daerah ini terdapat sumber daya manusia yang berkualitas, selain dari daerah Banten sendiri tenaga kerja dari berbagai daerah pun digunakan. Masyarakat di sekitar lokasi pabrik dapat menjalin kerjasama yang baik, sehingga kondisi dan lingkungan yang harmonis antara pabrik dan masyarakat dapat terjalin.

6. Kawasan Industri

Pendirian pabrik perlu memperhatikan beberapa faktor kepentingan yang terkait di dalamnya, kebijaksanaan pengembangan industri, dan hubungannya dengan pemerataan kesempatan kerja, kesejahteraan, dan hasil-hasil pembangunan. Merak, Banten merupakan suatu kawasan industri yang telah

memenuhi faktor kelayakan baik mengenai iklim, sosial dan karakteristik lingkungan. Sehingga tidak menghambat pendirian dan kelangsungan operasional dari pabrik.

7. Komunitas Masyarakat

Masyarakat di sekitar lokasi perlu juga diperhatikan karena pada beberapa jenis industri masyarakat ini dapat dijadikan pegawai yang prospektif, dan akan mempengaruhi tingkat keamanan yang merupakan salah satu hal penting yang perlu dijadikan pertimbangan. Merak, Banten merupakan kawasan industri sehingga masyarakat sekitar sudah terbiasa dengan keadaan tersebut.

BAB II PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES

2.1. Jenis-Jenis Proses

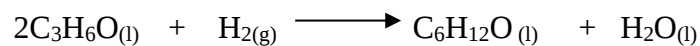
Proses produksi Metil Isobutil Keton dapat dibuat melalui beberapa cara, antara lain :

1. Proses pembuatan MIBK dengan katalis Palladium

ada proses ini proses kondensasi, dehidrasi dan hidrogenasi secara langsung atau satu tahap. Proses ini salah satunya dipublikasikan dalam US patent 5,684,207.

Aseton langsung dipompa atau dicampur terlebih dahulu dengan hidrogen, dipanaskan, kemudian diumpankan pada reaktor *fixed bed* dan kemudian akan terjadi kontak dengan katalis pada temperatur 145° C dan pada tekanan 15 atm. Pada proses ini katalis yang digunakan adalah katalis adalah *Palladium* atau Pd/HZSM5.

Reaksi hidrogenasi yang terjadi adalah :

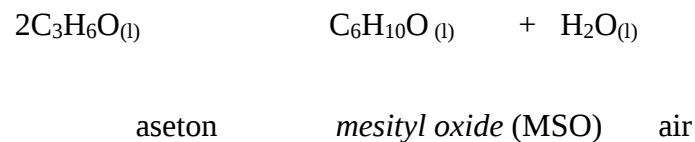


Aseton yang tidak bereaksi di kembalikan ke umpan masuk.

Perbandingan molar hidrogen/aseton umpan masuk digunakan adalah 2:1 dengan waktu tinggal 3 jam. Konversi aseton yang didapat adalah 63,2% dengan selektivitas atas MIBK sebesar 92,0%.

2. Proses Pembuatan MIBK dengan katalis Amberlyst

Pada umumnya proses pembuatan metil isobutil keton (MIBK) terdiri dari proses kondensasi, dehidrasi dan hidrogenasi. Pada proses ini, tahap pertama yaitu kondensasi dan dehidrasi dari aseton membentuk mesityl oxide (MO) dan air dalam reaktor *fixed bed*. Reaksi yang terjadi adalah :



Katalis yang digunakan adalah *Amberlyst* yang bersifat asam. Kondisi operasi yang digunakan yaitu pada temperatur 120°C dan tekanan 30 atm. Waktu yang diperlukan pada proses ini adalah 4 jam. Konversi reaksi terhadap aseton antara 50% dan selektivitas 90%. Hasil samping dari reaksi ini antara lain *isomesityl oxide*, *diacetone alcohol*, *phorone*, *mesitylene*.

Tahap kedua yaitu hidrogenasi membentuk metil isobutil keton (MIBK). MSO akan direaksikan dengan gas hidrogen di reaktor *fixed bed* pada temperatur 150°C dan tekanan 15 atm untuk membentuk metil isobutil keton (MIBK) dengan katalis *Palladium*. Kelemahan proses ini adalah konversi aseton yang kecil dan yield yang rendah terhadap MIBK serta membutuhkan banyak proses pemurnian untuk mencapai produk MIBK yang diinginkan.

2.2. Pemilihan Proses

Dari proses yang telah diuraikan sebelumnya dapat dibandingkan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Perbandingan Proses Pembuatan MIBK

No	Kondisi Proses	Proses 1	Proses 2
1	Selektivitas (%)	92,2	90
2	Tekanan operasi (Atm)	15	29,5
3	Suhu reaktor (°C)	145	140
4	Waktu reaksi (Jam)	3	4
5	Katalis	Paladium	Amberlyst
6	Konversi (%)	62,2	40
7	Profit Kasar (Kg)	Rp549.440.000.000	Rp357.376.000.000

Pada kedua proses untuk memproduksi MIBK ini bahan baku yang diperlukan sama. Berdasarkan uraian di atas, maka rancangan proses pembuatan MIBK yang dipilih yaitu proses pembuatan MIBK dengan menggunakan katalis palladium pada reaktor *fixed bed* berdasarkan pertimbangan sebagai berikut:

1. Reaksi terjadi dalam satu tahap sehingga peralatan yang dipakai lebih sederhana.
2. Kondisi operasi yang lebih rendah daripada proses dengan dua tahap, yaitu temperatur operasi 145°C

3. Selektivitas MIBK mencapai 92,2% dan kemurnian produk sesuai dengan kebutuhan pasar yaitu min 99,5%

Proses satu tahap menggunakan reaktor *fixed bed* dengan tinjauan proses sebagai berikut :

- Tinjauan termodinamika

Tinjauan termodinamika reaksi dilakukan dengan membandingkan nilai entalpi reaksi (ΔH_r) dan energi bebas Gibbs reaksi (ΔG). Nilai ΔH_r menunjukkan energi yang dibutuhkan atau dihasilkan selama reaksi. ΔH positif (+) berarti

reaksi memerlukan panas (endoterm). Nilai negatif (-) dari ΔH menunjukkan bahwa panas akan dihasilkan selama reaksi (eksoterm). Untuk menghitung nilai ΔH_r , digunakan dengan perhitungan 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:

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

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

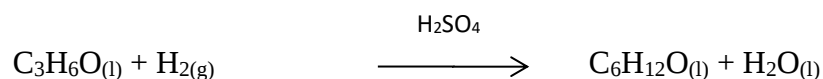
Sedangkan untuk ΔG digunakan persamaan berikut:

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

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 ΔH_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	ΔH_f^0 298,15 K (kJ/mol)
<i>Aceton</i>	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	-217,57
<i>Hydrogen</i>	H_2	0
<i>MIBK</i>	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{(l)}$	-288,49
<i>Water</i>	H_2O	-285,85

Sumber : Yaws, 1999

Berdasarkan data ΔH_f^0 standar tersebut dapat dihitung besarnya panas

reaksi standar (ΔH_r^0) pembentukan *methyl acetate*:

$$\Delta H_r^0 = \Delta H_f^0 \text{ produk} - \Delta H_f^0 \text{ reaktan}$$

(2.5)

$$\begin{aligned}\Delta H_r^0 &= (\Delta H_f^0 \text{CH}_3\text{COOCH}_3 + \Delta H_f^0 \text{H}_2\text{O}) - \Delta H_f^0 \text{CH}_3\text{COOH} + \\ &\quad \Delta H_f^0 \text{CH}_3\text{OH} \\ &= (-288,49 + (-285,85)) - (-217,57 + (0)) \\ &= -354,77 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

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

Tabel 2.2. Data Konstanta Masing-masing Komponen

Komponen	A	B	C	D
C ₃ H ₆ O	46.878	0,62652	-0,002076	0,0000029583
H ₂	25,399	0,02178	-0,000038078	0,0000003188
C ₆ H ₁₂ O _(l)	96,284	0,85227	-0,0025379	0,0000033066
H ₂ O	92,053	-0,039953	-0,00021103	0,0000005346 9

Sumber : Yaws, 1999

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

$$= (96.284 + 92,053) - (46.878 + 25,399)$$

$$= 116,06$$

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

$$= (0,85227 + (-0,039953)) - (0,62652 + 0,02178)$$

$$= 0,164017$$

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

$$= (-0,0025379 + (-0,00021103)) - (-0,002076 + (-0,000038078))$$

$$= -0,000634852$$

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

$$= (0,0000033066 + 0,00000053469) - (0,0000029583 + 0,0000003188)$$

$$= -0,00000120179$$

$$\begin{aligned} \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^0}{R} dT &= (\Delta A)T_0(\tau - 1) + \frac{\Delta B}{2}T_0^2(\tau^2 - 1) + \frac{\Delta C}{3}T_0^3(\tau^3 - 1) + \frac{\Delta D}{T_0}\left(\frac{\tau-1}{\tau}\right) \\ &= \left((116,06)(418,15)\left(\frac{418,15}{298,15} - 1\right)\right) + \\ &\quad \left(\left(\frac{0,164017}{2}\right)(418,15^2)\left(\left(\frac{418,15}{298,15}\right)^2 - 1\right)\right) + \\ &\quad \left(\left(\frac{-0,000634852}{3}\right)(418,15^3)\left(\left(\frac{418,15}{298,15}\right)^3 - 1\right)\right) + \\ &\quad \left(\left(\frac{-0,00000120179}{298,15}\right)\left(\frac{\frac{418,15}{298,15}-1}{\frac{418,15}{298,15}}\right)\right) \\ &= 725,56 \end{aligned}$$

Sehingga nilai ΔH_r adalah:

$$\Delta H_r = \Delta H_r^0 + R \int_{T_0}^T \frac{C_p^0}{R} dT \quad (2.6)$$

$$= -59,30 + ((8,314 \times 10^{-3}) \times (725,56))$$

$$= -53,81 \text{ kJ/mol}$$

Karena harga ΔH_r bernilai negatif, maka reaksi pembentukan *MIBK* tersebut bersifat eksoterm.

Dari energi bebas Gibbs dari reaktan dan produk adalah :

Tabel 2.3 Nilai ΔG°_f masing-masing Komponen

Komponen	$\Delta G^\circ_{f \text{ 418.15}}$ (J/mol)
Aseton / $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_{(l)}$	-151.300
Hidrogen / $\text{H}_2_{(g)}$	0
Metil Isobutil Keton / $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{(l)}$	-135.000
Air / $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	-228.590

Sumber : *Perry's* Tabel 2-196

Berdasarkan data ΔG° di atas, dapat dihitung besarnya energi bebas Gibbs standar ΔG° :

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

(2.7)

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ &= (\Delta G^\circ \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O} + \Delta G^\circ \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta G^\circ \text{ C}_3\text{H}_6\text{O} + \Delta G^\circ \text{ H}_2) \\ &= (-135.000 + (-228.590)) - (-151.300 - 0) \\ &= 212.290 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
&= \left(128,153 \times \ln \frac{418,15}{298,15} \right) \\
&\quad + \left[\begin{aligned} &(-0,810003 \times 418,15) \\ &+ \left(\left(0,00157937 \times (418,15^2) \right) \right. \\ &\quad \left. + \left(\frac{-0,00000079571}{\left(\left(\frac{418,15}{298,15} \right)^2 \times (418,15^2) \right)} \right) \right) \\ &\quad \left. \times \left(\frac{\frac{418,15}{298,15} + 1}{2} \right) \right] \times \left(\frac{418,15}{298,15} - 1 \right)
\end{aligned}
\right]
\end{aligned}$$

$$= -90,79$$

Sehingga Nilai ΔG adalah :

$$\begin{aligned}
\Delta G &= \Delta H^0 - \frac{T}{T_0} (\Delta H^0 - \Delta G^0) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} \times \frac{dT}{T} \\
&= (-59,84) - \left(\frac{418,15}{298,15} \times (-59,84 - (-19,49)) \right) \\
&\quad + ((8,314 \times 10^{-3}) \times (725,56)) \\
&\quad - ((8,314 \times 10^{-3}) \times (323,15) \times (-90,79)) \\
&= -273,62 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Persamaan :

$$\Delta G^{\circ} = \Sigma(n\Delta G^{\circ}_f) \text{ produk} - \Sigma(n\Delta G^{\circ}_f) \text{ reaktan}$$

$$\Delta G^{\circ} = \Sigma(n\Delta G^{\circ}_f) \text{ produk} - \Sigma(n\Delta G^{\circ}_f) \text{ reaktan}$$

$$= [(\Delta G^{\circ}_f \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}) + (\Delta G^{\circ}_f \text{ H}_2\text{O})] - [(2 \times \Delta G^{\circ}_f \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}) +$$

$$(\Delta H^{\circ}_f \text{ H}_2)]$$

$$= [(-135.000) + (-228.590)] - [2 \times (-151.300) + (0)]$$

$$= -60.990 \text{ J/mol}$$

$$= -60,990 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan nilai ΔG° yang telah di dapatkan sebesar -60,990 kJ/mol menunjukkan bahwa reaksi yang terjadi di dalam reaktor dapat berlangsung tanpa membutuhkan energi yang besar, karena diinginkan nilai $\Delta G^{\circ} < 0$ agar tidak membutuhkan energi berupa panas yang terlalu besar (konsumsi energi kecil). Dalam parameter perancangan pabrik kimia berupa parameter termodinamika bahwa nilai $\Delta G^{\circ} < 0$ masih dapat terpenuhi.

- Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui bruto yang dihasilkan oleh pabrik ini selama setahun dengan kapasitas 32.000 ton/tahun.

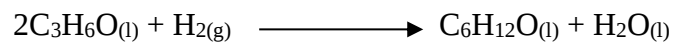
Berikut ini perbandingan harga bahan baku dan harga produk pada tahun 2022.

Tabel 2.4 Harga bahan baku dan produk

Bahan	Harga (US\$/kg)
Aseton	1
Hidrogen	3,6
MIBK	2

Sumber: PT. Multi Indo Prakarsa, PT. Anugrah Visi Cemerlang

Dengan reaksi :



Dari reaksi diatas didapatkan mol masing-masing reaktan dan produk sebesar :

Tabel. 2.5. Mol dan BM bahan baku dan produk

No	Bahan	Mol (kgmol)	BM (kg/kgmol)
1	Aseton	2	58,08
2	Hidrogen	1	2
3	MIBK	1	100,16

Proses 1



Konversi = 62%

Produk yang terbentuk dari reaksi di atas adalah $C_6H_{12}O$ jika terbentuk 1 kg (1000 gram) maka,

$$n_{C_6H_{12}O} = \frac{m_{C_6H_{12}O}}{BM_{C_6H_{12}O}}$$

$$n_{C_6H_{12}O} = \frac{1.000 \text{ gram}}{100,16 \text{ gram/mol}} = 9,98 \text{ mol}$$

$$\text{Konversi} = \frac{\text{mol } C_6H_{12}O \text{ terbentuk}}{\text{mol } C_3H_6O \text{ mula} - \text{mula}}$$

$$62\% = \frac{9,98 \text{ mol}}{\text{mol } C_3H_6O \text{ mula} - \text{mula}}$$

$$\text{Mol } C_3H_6O \text{ mula-mula} = 16,096 \text{ mol}$$

$$\text{Massa } C_3H_6O \text{ mula-mula} = \text{mol} \times \text{Mr } C_3H_6O$$

$$\text{Massa } C_3H_6O \text{ mula-mula} = 16,096 \text{ mol} \times 58,08 \text{ gram/mol}$$

$$\text{Massa } C_3H_6O \text{ mula-mula} = 934,90 \text{ gram} = 0,934 \text{ kg}$$

$$\text{Mol } H_2 = 24,95 \text{ mol}$$

$$\text{Mol } H_2 = \text{mol} \times \text{BM } H_2$$

$$\text{Mol } H_2 = 16,096 \text{ mol} \times 2 \text{ gram/mol}$$

$$\text{Mol } H_2 = 32,192 \text{ gram} = 0,032 \text{ kg}$$

Biaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg $C_6H_{12}O$ adalah

$$C_3H_6O = 0,934 \text{ kg} \times \text{Rp } 16.105$$

$$C_3H_6O = \text{Rp } 15.042$$

$$H_2 = 0,032 \text{ kg} \times \text{Rp } 50.000$$

$$H_2 = \text{Rp } 1.600$$

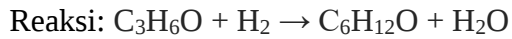
Maka keuntungan harga produk,

Selisih harga produk – harga bahan baku

$$= \text{Rp}38.080 - (\text{Rp}16.105 + \text{Rp}1.600)$$

$$= \text{Rp } 20.295$$

Proses 2



$$\text{Konversi} = 40\%$$

Produk yang terbentuk dari reaksi di atas adalah $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$ jika terbentuk 1 kg (1000 gram) maka,

$$n \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O} = \frac{m \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}}{\text{BM } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}}$$

$$n \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O} = \frac{1.000 \text{ gram}}{100,16 \text{ gram/mol}} = 9,98 \text{ mol}$$

$$\text{Konversi} = \frac{\text{mol } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O} \text{ terbentuk}}{\text{mol } \text{C}_3\text{H}_6\text{O} \text{ mula - mula}}$$

$$40\% = \frac{9,98 \text{ mol}}{\text{mol } \text{C}_3\text{H}_6\text{O} \text{ mula - mula}}$$

$$\text{Mol } \text{C}_3\text{H}_6\text{O} \text{ mula-mula} = 24,95 \text{ mol}$$

$$\text{Massa } \text{C}_3\text{H}_6\text{O} \text{ mula-mula} = \text{mol} \times \text{Mr } \text{C}_3\text{H}_6\text{O}$$

$$\text{Massa } \text{C}_3\text{H}_6\text{O} \text{ mula-mula} = 24,95 \text{ mol} \times 58,08 \text{ gram/mol}$$

$$\text{Massa } \text{C}_3\text{H}_6\text{O} \text{ mula-mula} = 1.449,096 \text{ gram} = 1,449 \text{ kg}$$

$$\text{Mol } \text{H}_2 = 24,95 \text{ mol}$$

$$\text{Mol } \text{H}_2 = \text{mol} \times \text{BM } \text{H}_2$$

$$\text{Mol } \text{H}_2 = 24,95 \text{ mol} \times 2 \text{ gram/mol}$$

$$\text{Mol } \text{H}_2 = 49,9 \text{ gram} = 0,049 \text{ kg}$$

Biaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg $C_6H_{12}O$ adalah

$$C_3H_6O = 1,449 \text{ kg} \times \text{Rp } 16.105$$

$$C_3H_6O = \text{Rp } 23.336,145$$

$$H_2 = 0,049 \text{ kg} \times \text{Rp } 50.000$$

$$H_2 = \text{Rp } 2.450$$

Maka keuntungan harga produk,

Selisih harga produk – harga bahan baku

$$= \text{Rp } 38.080 - (\text{Rp } 23.336,145 + \text{Rp } 2.450)$$

$$= \text{Rp } 14.293,855$$

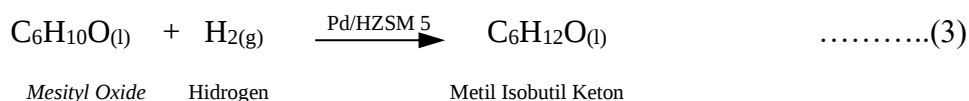
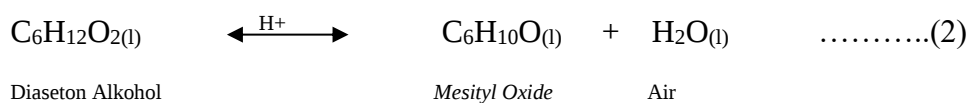
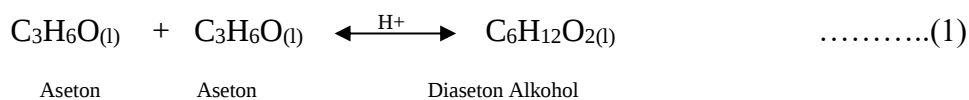
2.3.Uraian Proses

Proses pembuatan metil isobutil keton (MIBK) dilakukan dengan mereaksikan aseton dan hidrogen menggunakan katalis Pd/H-ZSM5. Reaksi terjadi di dalam reaktor *fixed bed* (RE-201) untuk membentuk metil isobutil keton pada temperatur 145°C dan tekanan 15 atm.

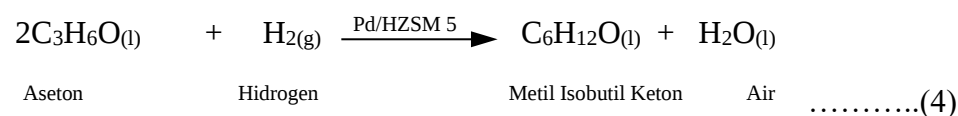
Aliran umpan aseton berada dalam fasa cair berasal dari tangki penampungan aseton (ST-101) diumpankan ke bagian atas reaktor. Umpan tersebut sebelumnya telah dinaikkan tekanannya dari 1 atm menjadi 15 atm dengan menggunakan pompa sentrifugal (PP-101). Umpan aseton dipanaskan terlebih dahulu hingga mencapai temperatur 145°C dengan menggunakan *heater* (HE-101). Pada bagian bawah reaktor (RE-201) umpan masuk berupa H_2 , sebelum umpan tersebut masuk kedalam reaktor terlebih dahulu dipanaskan dengan *heater* (HE-102) dari suhu 30°C menjadi 145°C dan tekanan dinaikkan

menjadi 15 atm. Sebanyak 63,2% dari umpan masuk aseton bereaksi dan membentuk metil isobutil keton (MIBK) dengan selektivitas MIBK sebesar 92%.

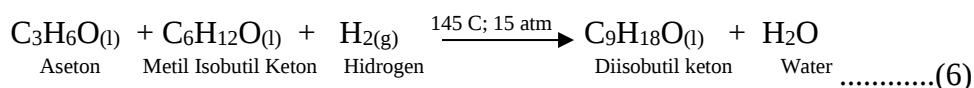
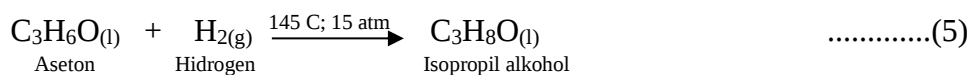
Mekanisme reaksi pembentukan metil isobutil keton ($C_6H_{12}O$) :



Reaksi keseluruhan :



Dengan Reaksi Samping



Dalam reaktor ini terdapat katalis *Palladium* sebesar 0,5% berat yang selektif terhadap pembentukan MIBK. Hidrogen yang tidak bereaksi keluar dari bagian atas reaktor dan di dikembalikan lagi menjadi umpan reaktor, sedangkan hasil reaksi berupa metil isobutil keton, air, aseton yang tidak bereaksi, dan hasil samping yaitu isopropil alkohol (selektivitas 1,3 %), diisobutil keton (selektivitas 2,5%), dan *mesityl oxide* (selektivitas 4,2%) keluar menuju menara distilasi 1 (DC-301).

Menara distilasi 1 (DC-301) merupakan *acetone recovery unit* yang beroperasi pada tekanan 1 atm. Keluaran dari bagian atas kolom berupa aseton yang akan direcycle kembali menuju reaktor (RE-201), sedangkan aliran bawah kolom distilasi, DC-301 dialirkan menuju distilasi 2 (DC-302). Pada menara distilasi 2 (DC-302), isopropil alkohol dan air yang memiliki titik didih lebih rendah dari komponen lainnya akan keluar melalui bagian atas kolom, sedangkan fraksi beratnya akan keluar dari bagian bawah kolom menuju unit pemurnian MIBK.

Produk *bottom* dari menara distilasi 2 (DC-302) dialirkan menuju menara distilasi 3 (DC-303) yang merupakan unit pemurnian MIBK (*MIBK Purification Unit*). Semua produk selain MIBK seperti diisobutil keton, diaseton alkohol dan *mesityl oxide* dialirkan melalui bagian bawah kolom. Pada kolom ini hasil atas berupa MIBK dengan kemurnian 99,5%

BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

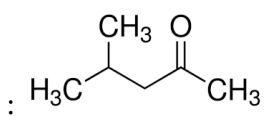
3.1. Spesifikasi Produk

1. Produk Utama

Methyl Isobuthyl Ketone

Rumus molekul : $C_6H_{12}O$

Berat molekul : 100,16 kg/mol

Struktur molekul : 

Fasa : Cair

Warna : Tidak berwarna

Bau : Seperti

wewangian Titik didih (1 atm): 115 °C

Titik leleh (1 atm) : -80,7 °C

Titik nyala : 14 °C

Densitas (20 °C) : 0,8042 kg/m³

Viskositas (25 °C) : 0,59 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/plindung 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.

(Sumber : Perry's Book)

2. Senyawa lain dalam proses

Isopropil Alkohol (IPA)

Rumus molekul	: C_3H_8O
Berat molekul	: 60 kg/mol
Fasa	: Cair
Warna	: Cairan Berwarna
Titik didih (1 atm)	: 82,5 °C
Titik leleh (1 atm)	: -88,5 °C

Diisobuthyl Ketone (DIBK)

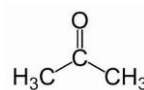
Rumus molekul	: $C_9H_{18}O$
Berat molekul	: 142 kg/mol
Fasa	: Cair
Warna	: Cairan Berwarna
Titik didih (1 atm)	: 165 °C
Titik leleh (1 atm)	: -41,5 °C

Methyl Oxide (MSO)

Rumus molekul	: $C_6H_{10}O$
Berat molekul	: 98,06 kg/mol
Fasa	: Cair
Warna	: Cairan Berwarna
Titik didih (1 atm)	: 129,5 °C
Titik leleh (1 atm)	: -41,5 °C

(Sumber : Perry's Book)

3.2.Bahan Baku**Acetone**

Rumus molekul	: C_3H_6O
Berat molekul	: 58,8 kg/mol
Struktur molekul	: 
Fasa	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Titik didih (1 atm)	: 56,4 °C
Titik leleh (1 atm)	: -94,6 °C

Kemurnian : 99,5% Acetone, 0,5% air

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.

(Sumber : Perry's Book)

Hidrogen

Rumus molekul : H

Berat molekul : 2 kg/mol

Fasa : Gas

Warna : Tidak berwarna

Titik didih (1 atm) : -252,87 °C

Kemurnian : 100%

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.

(Sumber : Perry's Book)

BAB X SIMPULAN DAN SARAN

10.1. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Metil Isobutil Keton ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dengan kapasitas 35.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 45,07% dan sesudah pajak sebesar 29%.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 2,25 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 39% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 25%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
4. *Interest Rate of Return* (IRR) sebesar 36,83%, lebih besar dari suku bunga bank saat ini, sehingga investor akan lebih memilih untuk menanamkan modalnya ke pabrik ini daripada ke bank.

10.2. Saran

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Prarancangan Pabrik Metil Isobutil Keton ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dengan kapasitas 35.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bachus, L and Custodio, A. 2003. *Know and Understand Centrifugal Pumps*.
Bachus Company, Inc. Oxford: UK.
- Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1988. *Introduction to Chemical Engineering*. McGraw Hill : New York.
- Brown. G. George., 1950, *Unit Operation 6^{ed}*, Wiley&Sons, USA.
- Brownell. L. E. and Young. E. H., 1959, *Process Equipment Design 3^{ed}*, John Wiley & Sons, New York.
- Coulson. J. M. and Ricardson. J. F., 1983, *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon Press Inc, New York.
- Coulson J.M., and J. F. Richardson. 2005. *Chemical Engineering 4th edition*.
Butterworth-Heinemann : Washington.
- Data Sheet Amberjet 4200 Resin*. 2018. *Dow Chemical*
- Degremont. 1991. *Water Treatment Handbook. Sixth Edition*. Lavoisier. France.
- Fogler, H. Scott. 2006. *Elements of Chemical Reaction Envngineering 4th edition*.
Prentice Hall International Inc. : United States of America.
- Geankoplis. Christie. J., 1993, *Transport Processes and unit Operation 3^{th ed}*, Allyn & Bacon Inc, New Jersey.

Himmeblau. David., 1996, *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*, Prentice Hall Inc, New Jersey.

Hugot, E. 1986.*Handbook of Cane Sugar Engineering*. New York: Elsevier Science Publishing Company INC.

Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Mcgraw-Hill Co.: New York.

Kirk, R.E and Othmer, D.F., 1990, “*Encyclopedia of Chemical Technology*”, 3rd., John Wiley and Sons Inc., New York.

Levenspiel. O., 1972, *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*, John Wiley and Sons Inc, New York.

McCabe. W. L. and Smith. J. C., 1985, *Operasi Teknik Kimia*, Erlangga, Jakarta.

McKetta. John. J., 1984. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*. Universitas Michigan, Michigan.

Megyesy. E. F., 1983, *Pressure Vessel Handbook*, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.

Metcalf and Eddy, 1991, *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*, McGraw-Hill Book Company, New York.

Perry. R. H. and Green. D., 1997, *Perry's Chemical Engineer Handbook 7th ed*, McGraw-Hill Book Company, New York.

Perry, Robert H., and Don W. Green. 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th edition*. McGraw Hill : New York.

Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th edition*. McGraw Hill : New York.

Peter. M. S. and Timmerhause. K. D., 1991, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3^{ed}*, Mc Graww-Hill Book Company, New York.

PT. Polychem Indonesia Tbk., 2016. Laporan Tahunan 2016 *Annual Report*. Jakarta.

Rase.1977.*Chemical Reactor Design for Process Plant, Vol. 1st, Principles and Techniques*.John Wiley and Sons : New York

Rebsdat, S., and Mayer D., 2011. *Ethylene Glycol. Ullmann's Encyclopedia Of Industrial Chemistry*.

Smith. J. M. and Van Ness. H. C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 3^{ed}*, McGraww-Hill Inc, New York.

Smith, J.M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6th edition*. McGraw Hill : New York.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 1991. *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3th edition*. McGraww-Hill Book Company: New York.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 2002. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5th edition*. McGraw-Hill : New York.

Treyball. R. E., 1983, *Mass Transfer Operation 3^{ed}*, McGraw-Hill Book Company, New York.

Ulrich. G. D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.

United States Patent No. 4,400,559., “*Process For Preparing Ethylene Glycol*”.

United States Patent No. 6,156,942., “*Catalyst Stabilizing Additive In The Hydrolysis Of Alkylene Oxides*”.

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

Wallas. S. M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers, Stoneham USA.

Yaws, C. L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, Mc Graw Hill Book Co., New York

Badan Pusat Statistik, 2017, *Statistic Indonesia*, www.bps.go.id, Indonesia. Diakses 10 Desember 2017.

Bank Indonesia. 2015. *Nilai Kurs*. www.bi.go.id. Diakses 13 September 2020

Cepci. 2015. *Index*. www.chemengonline.com. Diakses 13 September 2020.

www.sigmaaldrich.com, Diakses pada 12 Desember 2021, 19.35 WIB

www.icis.com., Diakses pada Januari 2021

www.matches.com, Diakses pada 10 Agustus 2021, 08.30 WIB

www.pertamina.com, 5 September 2021

<https://maps.google.com/>, 18 September 2021

www.elearning.gunadarma.ac.id, 14 September 2021

<http://peta.bpn.go.id/>, 20 September 2021