

**PRARANCANGAN PABRIK DIMETIL ETER (DME)
DARI METANOL PROSES DEHIDRASI KATALIS ALUMINA
KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor (RE-201))**

(Skripsi)

Oleh:

**RIAN ADI PRAYOGA
(1715041009)**



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

2023

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK DIMETIL ETER (DME) DARI METANOL PROSES DEHIDRASI KATALIS ALUMINA KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor (RE-201))

Oleh

RIAN ADI PRAYOGA

Dimetil Eter (DME) merupakan zat kimia yang dapat digunakan sebagai pengganti LPG (*Liquified Petroleum Gas*), biodiesel, CFC (*Chlorofluorocarbon*), prekursor untuk produksi dimetil sulfat dan asam asetat, *refrigerant* dan pelarut untuk ekstraksi komponen organik. DME umumnya dihasilkan dari reaksi dehidrasi Metanol dengan katalis Alumina. Akan tetapi penyediaan DME dalam negeri masih mengandalkan impor, sehingga peluang untuk didirikannya pabrik DME memiliki prospek yang bagus. Penyediaan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air serta penyedia udara dan instrumentasi. Kapasitas produksi pabrik DME direncanakan sebesar 40.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di Kota Bontang, Kalimantan Timur. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 164 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *line* dan *staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp759.293.495.512
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp84.365.943.945
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp843.059.439.458
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 55,27%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 20,76%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b = 3,058 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a = 3,551 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROD) _b = 20,44%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a = 16,35%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF) = 32,71%

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

ABSTRACT

MANUFACTURING OF DIMETHYL ETHER (DME) PLANT FROM METHANOL DEHYDRATION PROCESS WITH ALUMINA CATALYST WITH CAPACITY 40.000 TONS/YEAR (Design of Reactor (RE-201))

By

RIAN ADI PRAYOGA

Dimethyl Ether (DME) is a chemical substance with versatile applications, serving as a viable alternative to Liquefied Petroleum Gas (LPG), biodiesel, Chlorofluorocarbons (CFC), a precursor for the production of dimethyl sulfate and acetic acid, as well as a refrigerant and solvent for organic component extraction. DME is typically synthesized through the dehydration reaction of methanol using Alumina catalyst. Despite its broad utility, the domestic supply of DME relies heavily on imports, presenting a promising opportunity for the establishment of a DME production plant. The proposed facility will incorporate utility provisions, including water treatment and supply systems, as well as air supply and instrumentation. The production capacity of the DME plant is envisaged to be 40,000 tons per annum, operating for 330 days per year. The chosen site for the plant is in Bontang City, East Kalimantan. The anticipated workforce requirement is 164 individuals, and the proposed business structure is a Limited Liability Company (PT) with a streamlined organizational structure comprising both line and staff functions.

From the economic analysis are obtained:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp759.293.495.512
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp84.365.943.945
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp843.059.439.458
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 55,27%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 20,76%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b = 3,058 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a = 3,551 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b = 20,44%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a = 16,35%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF) = 32,71%

Based on the above analysis, the establishment of the DME plant is deemed worthy of further consideration, as it proves economically viable and holds relatively positive prospects.

**PRARANCANGAN PABRIK DIMETIL ETER (DME)
DARI METANOL PROSES DEHIDRASI KATALIS ALUMINA
KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201))**

Oleh

Rian Adi Prayoga

1715041009

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



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

2023

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK DIMETIL ETER (DME) DARI METANOL PROSES DEHIDRASI DENGAN KATALIS ALUMINA KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor (RE-201))**

Nama Mahasiswa : **Rian Adi Prayoga**

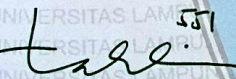
No. Pokok Mahasiswa : **1715041009**

Jurusan : **Teknik Kimia**

Fakultas : **Teknik**

MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**



Taharuddin, S.T., M.Sc.

NIP 19700126199521001



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

NIP 196809021997022005

2. **Ketua Jurusan Teknik Kimia**

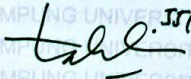


Yuli Darni, S.T., M.T.

NIP 197407122000032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Taharuddin, S.T., M.Sc. 

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

**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Lillis Hermida, S.T., M.Sc.** 

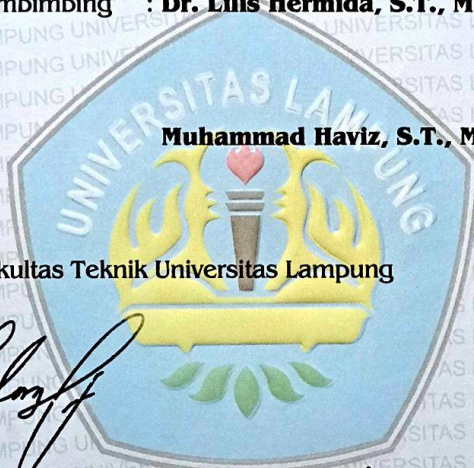
Muhammad Haviz, S.T., M.T. 

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung


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

NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 8 Desember 2023



PERNYATAAN

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

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

Bandar Lampung, 18 Desember 2023



Rian Adi Prayoga

NPM. 1715041009

RIWAYAT HIDUP



Rian Adi Prayoga. Penulis laporan ini dilahirkan pada tanggal 4 November 2000 di Desa Bangunsari, Kec. Negeri Katon, Kab. Pesawaran, sebagai putra sulung dari dua bersaudara pasangan Bapak Sucipto dan Ibu Nurhayati.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 1 Bangunsari pada tahun 2012, Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Adiluwih pada tahun 2015, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Pringsewu pada tahun 2017.

Pada tahun 2017 penulis secara sah terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi antara lain menjadi Anggota Jaringan Peduli Sesama (JPS) pada tahun 2021, menjadi Staff Bidang Pendidikan dan Keprofesian Badan Koordinasi Kegiatan Mahasiswa Teknik Kimia Indonesia pada tahun 2019, menjadi Kepala Departemen Edukasi Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Lampung (HIMATEMIA FT UNILA) pada tahun 2019, dan menjadi Staff Departemen Edukasi Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Lampung (HIMATEMIA FT UNILA) pada tahun 2018.

Penulis melaksanakan kerja praktik di PT. Pupuk Sriwidjaja (PT PUSRI) Palembang, Sumatera Selatan dengan tugas khusus “Evaluasi Kinerja *HP Steam Superheater* (102-C) di PUSRI-IIB” pada tahun 2020 dan melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Bangunsari, Kec. Negeri Katon, Kab. Pesawaran pada tahun 2020. Selain itu penulis juga melakukan penelitian yang berjudul “Optimasi Kadar Air terhadap Yield Minyak Atsiri Daun Kayu Putih (*Melaleuca leucadendra* L.) dengan Metode *Hydro-Steam Distillation*” di Laboratorium Energi Baru

Terbarukan, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung pada tahun 2021.

Selama aktif kuliah, penulis berkesempatan untuk menjadi Asisten Laboratorium Praktikum Instruksional I pada tahun 2019, Praktikum Instruksional II pada tahun 2019, Praktikum Fisika Teknik pada tahun 2019, Praktikum Instruksional I pada tahun 2020 dan Praktikum Instruksional II pada tahun 2020. Selain itu penulis berkesempatan ikut serta sebagai panitia dalam acara “*International Conference on Sustainable Biomass (ICSB) 2019*”. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan pengabdian yang diadakan oleh Dosen Teknik Kimia UNILA dengan tema “Peningkatan Nilai Ekonomi Mengubah Air Kelapa menjadi Nata de Coco bagi Ibu-Ibu PKK di Desa Lingsuh, Rajabasa” pada tahun 2020.

Pada tahun 2023 penulis pernah menjadi pemateri dalam acara *Chemical Engineering Software Training (CSTR)* yang diadakan oleh HIMATEMIA FT UNILA dengan topik “*Fundamentals of Aspen Hysys, simulating the use of Aspen Hysys Components, Loop Process and Steam Simulation, and Distillation Column Simulation*”. Penulis juga memiliki pengalaman menangani proyek pembuatan alat untuk kebutuhan laboratorium seperti pembuatan alat penelitian Ekstraksi Minyak Atsiri, pembuatan *Steam Producer machine*, pembuatan alat pengeringan (*Dryer*), pembuatan alat *Rotary UV Radiation for Coffee* tahun 2020 – 2023.

Motto dan Persembahan

“Dan janganlah kamu iri hati terhadap apa yang dikaruniakan Allah kepada sebahagian kamu lebih banyak dari sebahagian yang lain. (Karena) bagi orang laki-laki ada bahagian dari pada apa yang mereka usahakan, dan bagi para wanita (pun) ada bahagian dari apa yang mereka usahakan, dan mohonlah kepada Allah sebagian dari karunia-Nya. Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui segala sesuatu.”

(An Nisa QS 4:32)

“Sedikit lebih beda lebih baik daripada sedikit lebih baik”

(Anonim)

“Selagi masih bisa melihat senyum orang tua, maka tidak ada yang perlu dikhawatirkan.”

(Rian Adi Prayoga)

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 dan Adikku

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

Sahabat-sahabatku,

Terimakasih atas dukungan, doa, bantuan dan ketulusannya selama ini. Semoga suatu saat nanti kita dapat bersua kembali dengan kisah-kisah kesuksesan kita masing-masing

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 haturkan kepada Allah Subhanahu wa ta'ala Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang karena berkat ridho-Nya, penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir (Skripsi) ini.

Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik Dimetil Eter (DME) dari Metanol Proses Dehidrasi Katalis Alumina Kapasitas 40.000 Ton/Tahun” ini disusun guna memenuhi syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada 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. Kedua orang tua dan keluarga yang telah berkorban mengusahakan segalanya sehingga saya bisa menyelesaikan studi dan menjadi seorang Sarjana. Selalu mendoakan, mendukung, dan memberikan semangat tanpa putus hingga saat ini. *Matur Suwun Sanget, Mak, Pak, Ndok.*
2. 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.
3. Bapak Taharuddin, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik, Dosen Pembimbing I Penelitian, Dosen Penguji Kerja praktik dan Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, dosen yang selama penulis menuntut ilmu di Teknik Kimia Unila sangat membantu di segala bidang. Memberikan motivasi tentang hidup, memberi bimbingan, masukan dan saran dalam penyusunan laporan Penelitian dan Tugas Akhir, menumbuhkan nalar dan pola pikir penulis untuk berfikir lebih luas, serta memfasilitasi penulis untuk terus berkembang baik *soft skill* maupun *hard skill* dalam bidang Teknik Kimia.

4. Bapak (Alm) Edwin Azwar, S.T., PgD. MTA. Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II, yang dengan sabar telah membimbing dan memberikan masukan serta saran dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga bapak diberikan tempat terbaik di sisi Allah SWT dan amal ibadahnya di terima oleh Allah SWT. Aamiin.
5. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan motivasinya dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
6. Ibu Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc. dan Bapak Muhammad Haviz, S.T., M.T. selaku Dosen Peguji 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.
7. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
8. Rifki Nugroho sebagai partner Tugas Akhir. Terimakasih karena sudah banyak membantu, memberikan saran serta semangat selama berpartner.
9. Ghea Maulidaco Anandati selaku partner, yang selalu memberikan dukungan moral dan banyak memberi bantuan materi, pikiran, tenaga, dan waktu untuk membantu penulis dalam menyusun dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
10. Kakak-kakak KoBoy (Kak Sigit, Kak Restu, Kak Adhit, Jeri, Kak Heru, Kak Neo dan Fardo) yang telah bersedia *sharing*, diskusi, memberikan arahan untuk memahami pengerjaan Tugas Akhir dan bisa saling menguatkan satu sama lain. Semoga kita bisa berkumpul kembali di taraf kesuksesan masing-masing.
11. Teman-temanku Angkatan 2017 yang sudah melewati berbagai hal bersama, baik suka maupun duka. Terimakasih dan semoga kedepannya kita bertemu lagi disaat kesuksesan bukan lagi hanya mimpi.

12. 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.

Bandar Lampung, 18 Desember 2023

Penulis,

Rian Adi Prayoga

NPM. 1715041009

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
HALAMAN JUDUL	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	x
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xxii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kegunaan Produk.....	3
1.3 Ketersediaan Bahan Baku	4
1.4 Analisa Pasar	4
1.5 Kapasitas Rancangan	7
1.6 Lokasi Pabrik	8
BAB II DESKRIPSI PROSES	
2.1 Proses Produksi Dimetil Eter	10
2.2 Tinjauan Proses	10
2.3 Tinjauan Termodinamika	13
BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK	
3.1. Spesifikasi Bahan Baku	20
3.2. Spesifikasi Produk	21
BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI	

4.1. Neraca Massa	22
4.2. Neraca Energi.....	28
BAB V SPESIFIKASI ALAT	
5.1 Spesifikasi Peralatan Proses.....	33
BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH	
6.1. Unit Penyedia Air	45
6.2 Unit Pembangkit Tenaga Listrik.....	55
6.3 Unit Penyediaan Bahan Bakar	55
6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan	55
6.5 Unit Pengolahan Limbah	56
6.6 Unit Laboratorium	56
6.7 Instrumentasi dan Pengendalian Proses	59
6.8 Spesifikasi Peralatan Utilitas	61
BAB VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK	
7.1. Lokasi Pabrik	86
7.2. Tata Letak Pabrik.....	91
BAB VIII ORGANISASI PERUSAHAAN	
8.1. Bentuk Perusahaan.....	97
8.2 Struktur Organisasi Perusahaan	99
8.3 Tugas dan Wewenang	100
8.4 Status Karyawan dan Sistem Penggajian	105
8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan	106
8.6 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji	108
8.7. Kesejahteraan Karyawan	113
8.8 Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	114
BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI	
9.1. Investasi	121
9.2. Evaluasi Ekonomi	126
9.3 Angsuran Pinjaman.....	129
9.4 Discounting Cash Flow (DCF)	129
BAB X SIMPULAN DAN SARAN	
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 REAKTOR (RE-201)**

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Data Impor Dimetil eter (DME) di Indonesia	5
Tabel 1.2. Data Pabrik Penghasil Dimetil Eter di Dunia.....	6
Tabel 2.1 Data entalpi dan energy bebas gibbs molar komponen pada kondisi standar (298,15 K).....	14
Tabel 2.2 Data kapasitas panas komponen.....	15
Tabel 2.3 Nilai kapasitas panas komponen	16
Tabel 2.4 Data nilai entalpi reaksi (ΔH) dan energy bebas gibbs (ΔG)	18
Tabel 2.5 Perbandingan parameter antara teknologi Lurgi, MGC dan TEC.....	19
Tabel 4.1. Komposisi Bahan Baku Metanol.....	22
Tabel 4.2. Berat Molekul Komponen	22
Tabel 4.3. Neraca Massa Pada <i>Mixed point</i> (MP-101).....	23
Tabel 4.4. Neraca Massa pada <i>Mixed point</i> (MP-102).....	23
Tabel 4.5. Neraca Massa Pada Vaporizer (VP-101).....	24
Tabel 4.6. Neraca Massa Pada Reaktor (RE-201).....	24
Tabel 4.7. Neraca Massa pada <i>Distillation Column</i> (DC-301)	25
Tabel 4.8. Neraca Massa pada Condenser (CD-301)	26
Tabel 4.9. Neraca Massa pada Reboiler (RB-301).....	26
Tabel 4.10. Neraca Massa pada <i>Distillation Column</i> (DC-302)	27
Tabel 4.11. Neraca Massa pada Condenser (CD-302)	27
Tabel 4.12. Neraca Massa pada Reboiler (RB-302).....	28
Tabel 4.13. Neraca Energi pada Mixed Point (MP-101).....	28
Tabel 4.14. Neraca Energi pada Mixed Point (MP-102).....	29
Tabel 4.15. Neraca Energi pada Vaporizer (VP-101)	29
Tabel 4.16. Neraca Energi pada Heat Exchanger (HE-101)	30
Tabel 4.17. Neraca Energi pada Reaktor (RE-201).....	30
Tabel 4.18. Neraca Energi pada Expander (EX-201).....	30
Tabel 4.19. Neraca Energi Cooler (HE-201).....	31

Tabel 4.20. Neraca Energi pada Distillation Column (DC-301).....	31
Tabel 4.21. Neraca Energi Pada Expander (EX-301).....	32
Tabel 4.22. Neraca Energi pada Distillation Column (DC-302).....	32
Tabel 5.1. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-101)	33
Tabel 5.2. Spesifikasi Pompa Proses (P-101).....	34
Tabel 5.3. Spesifikasi Pompa Proses (P-102).....	34
Tabel 5.4. Spesifikasi Pompa Proses (P-103).....	35
Tabel 5.5. Spesifikasi Vaporizer (VP-101)	35
Tabel 5.6. Spesifikasi Accumulator (AC-101)	36
Tabel 5.7. Spesifikasi Compressor (C-101)	37
Tabel 5.8. Spesifikasi Heat Exchanger (HE-101)	37
Tabel 5.9. Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	38
Tabel 5.10. Spesifikasi <i>Cooler</i> (HE-201)	39
Tabel 5.10. Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-301)	39
Tabel 5.11. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301)	40
Tabel 5.12. Spesifikasi <i>Accumulator</i> (AC-301).....	41
Tabel 5.13. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301).....	41
Tabel 5.14. Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-302)	42
Tabel 5.15. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-302)	42
Tabel 5.16. Spesifikasi <i>Accumulator</i> (AC-302).....	43
Tabel 5.17. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-302).....	43
Tabel 5.18. Spesifikasi <i>Storage Tank DME</i> (ST-301)	44
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Umum	46
Tabel 6.2. Kebutuhan Air Pendingin	47
Tabel 6.3. Persyaratan Kualitas Air Pendingin	48
Tabel 6.4. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	60
Tabel 6.5. Pengendalian Variabel Utama Proses.....	61
Tabel 6.6. Spesifikasi <i>Sedimentation Basin</i> (SB – 401)	61
Tabel 6.7. Spesifikasi <i>Dissolving Tank Alum</i> (DT–401)	61
Tabel 6.8. Spesifikasi <i>Dissolving Tank NaOH</i> (DT–402).....	62
Tabel 6.9. Spesifikasi <i>Dissolving Tank Kaporit</i> (DT–403).....	63
Tabel 6.10. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL–401).....	63

Tabel 6.11. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401)	64
Tabel 6.12. Spesifikasi <i>Storage Tank Filtered Water</i> (ST-404).....	64
Tabel 6.13. Spesifikasi <i>Storage Tank Domestic Water</i> (ST-409)	65
Tabel 6.14. Spesifikasi <i>Storage Tank Hydrant Water</i> (ST-410)	65
Tabel 6.15. Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB – 401)	66
Tabel 6.16. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401)	66
Tabel 6.17. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401)	67
Tabel 6.18. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401)	67
Tabel 6.19. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401).....	68
Tabel 6.20. Spesifikasi <i>Storage Tank Asam Sulfat</i> (ST-405)	68
Tabel 6.21. Spesifikasi <i>Storage Tank Dispersant</i> (ST-406)	69
Tabel 6.22. Spesifikasi <i>Storage Tank Inhibitor</i> (ST-407)	70
Tabel 6.23. Spesifikasi <i>Storage Tank Air Demin</i> (ST-408)	70
Tabel 6.24. Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DA-401)	71
Tabel 6.25. Spesifikasi <i>Tangki Hidrazin</i> (ST-501)	71
Tabel 6.26. Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-501).....	72
Tabel 6.27. Spesifikasi <i>Storage Tank Bahan Bakar</i> (ST– 502).....	73
Tabel 6.28. Spesifikasi <i>Blower Steam</i> (BS – 501)	73
Tabel 6.29. Spesifikasi <i>Blower Steam</i> (BS – 502)	73
Tabel 6.30. Spesifikasi <i>Storage Tank Air Kondensat</i> (ST-503).....	74
Tabel 6.31. Spesifikasi <i>Pompa</i> (PU – 401).....	74
Tabel 6.32. Spesifikasi <i>Pompa</i> (PU – 402).....	75
Tabel 6.33. Spesifikasi <i>Pompa</i> (PU – 403).....	75
Tabel 6.34. Spesifikasi <i>Pompa</i> (PU – 404).....	76
Tabel 6.35. Spesifikasi <i>Pompa</i> (PU – 405).....	76
Tabel 6.36. Spesifikasi <i>Pompa</i> (PU – 406).....	77
Tabel 6.37. Spesifikasi <i>Pompa</i> (PU – 407).....	77
Tabel 6.38. Spesifikasi <i>Pompa</i> (PU – 408).....	78
Tabel 6.39. Spesifikasi <i>Pompa</i> (PU – 409).....	79
Tabel 6.40. Spesifikasi <i>Pompa</i> (PU – 410).....	79
Tabel 6.41. Spesifikasi <i>Pompa</i> (PU – 411).....	80
Tabel 6.42. Spesifikasi <i>Pompa</i> (PU – 412).....	80

Tabel 6.43. Spesifikasi Pompa (PU – 413).....	81
Tabel 6.44. Spesifikasi Pompa (PU – 414).....	81
Tabel 6.45. Spesifikasi Pompa (PU – 415).....	82
Tabel 6.46. Spesifikasi Pompa (PU – 416).....	83
Tabel 6.47. Spesifikasi Pompa (PU – 417).....	83
Tabel 6.48. Spesifikasi Pompa (PU – 418).....	84
Tabel 6.49. Spesifikasi Pompa (PU – 419).....	84
Tabel 6.50. Spesifikasi Pompa (PU – 420).....	85
Tabel 7.1. Tabel Pemilihan Lokasi Pabrik	86
Tabel 7.2. Luas Tanah untuk Pabrik Dimetil Eter.....	90
Tabel 8.1. Jadwal kerja masing - masing regu	107
Tabel 8.2. Perincian Tingkat Pendidikan	108
Tabel 8.3. Jumlah Karyawan	110
Tabel 8.4. Sistem Gaji Karyawan.....	112
Tabel 9.1. <i>Fixed Capital Investment</i>	121
Tabel 9.2. <i>Manufacturing Cost</i>	123
Tabel 9.3. <i>General Expenses</i>	124
Tabel 9.4. Biaya Administratif	124
Tabel 9.5. <i>Minimum Acceptable Percent Return On Investment</i>	127
Tabel 9.6. <i>Acceptable Pay Out Time</i> untuk Tingkat Resiko Pabrik.....	127
Tabel 9.7. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi.....	130

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Data Impor Dimetil Eter (DME) di Indonesia.....	7
Gambar 2.1. Proses Produksi DME dengan teknologi Lurgi	11
Gambar 2.2. Proses Produksi DME dengan teknologi MGC	12
Gambar 2.3. Proses Produksi DME dengan teknologi TEC	13
Gambar 6.1. Diagram <i>Cooling Tower System</i>	49
Gambar 7.1. Peta Lokasi.....	87
Gambar 7.2. Tata Letak Pabrik.....	91
Gambar 7.3. <i>Lay Out</i> Alat Proses	93
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	120
Gambar 9.1. Grafik Analisa Ekonomi.....	128
Gambar 9.2. Kurva <i>Cumulative Cash Flow</i> (Metode Discounted Cash Flow) .	129

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kesadaran akan kebutuhan energi dunia yang semakin meningkat dan kecenderungan semakin terbatasnya sumber-sumber daya primer energi masa kini, yaitu minyak, gas bumi, dan batubara mendorong manusia untuk mencari sumber energi alternatif. Selain itu, efek pembakaran besar-besaran bahan-bahan bakar fosil tersebut pada pemanfaatannya dapat membahayakan lingkungan serta kelangsungan hidup manusia. Usaha mendapatkan sumber energi yang dipandang tidak akan pernah habis, terus digalakkan hingga saat ini.

Begitu juga dengan kebutuhan energi terutama kebutuhan akan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia yang terus meningkat. Kelangkaan bahan bakar minyak (BBM) dan kenaikan harga minyak dunia memicu pemerintah untuk mulai menggali sumber-sumber energi alternatif. Diantara jenis energi fosil yang dimiliki Indonesia, minyak bumi merupakan sumber energi yang paling banyak dibutuhkan selain itu tidak juga mengesampingkan peranan dari gas bumi dan batubara yang sebenarnya juga masih dibutuhkan dalam jumlah banyak.

Potensi gas Indonesia hingga saat ini cukup menjanjikan dengan cadangan terbukti sekitar 41,62 TCF (*Triliun Cubic Feet*) yang tersebar di Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Tengah, Sumatera Selatan, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Kalimantan Timur, Natuna, Sulawesi Selatan, dan Papua. Meski cadangannya tidak signifikan dibandingkan cadangan dunia, Indonesia masih memiliki 68 cekungan potensial yang belum tereksplorasi yang ditawarkan kepada investor.

Berdasarkan Neraca Gas Indonesia 2022-2030, Indonesia akan mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri dari lapangan migas yang ada. Dalam 10 tahun ke depan, Indonesia juga diperkirakan akan mengalami surplus gas hingga 1715 MSCFD (*Million Standard Cubic Feet per Day*) yang berasal dari beberapa proyek potensial (migas.esdm.go.id).

Meski cadangan sangat besar, kemampuan untuk memproduksi gas tersebut masih sangat terbatas sehingga Indonesia setiap tahun hanya memproduksi gas sekitar 3 TCF. Produksi gas alam tercatat sebesar 8,6 miliar kaki kubik per hari, dimana 6,6 miliar kaki kubik dari produksi tersebut digunakan untuk ekspor dan sisanya sebesar 2,0 miliar kubik feet untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yaitu untuk keperluan *fertilizers, refinery, petrochemicals*, LPG domestik, PGN, PLN, dan industri lainnya.

Oleh karena itu diperlukan alternatif untuk menemukan pengganti LPG yang nantinya dapat memenuhi kebutuhan energi domestik dan memilih bahan bakar yang ramah lingkungan. Dimethyl Eter yang mempunyai kemiripan sifat dengan LPG yang dapat digunakan sebagai pengganti LPG atau sebagai campuran dari LPG yang nantinya dapat meningkatkan produktivitas LPG di Indonesia.

Penggunaan utama DME yang diproyeksikan sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar LPG dan diesel ternyata memiliki kegunaan lain selain dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar dapat juga digunakan dalam industri solvent, parfum, sabun, dan berbagai barang sehari-hari lainnya (International DME Association, 2010). Namun, produksi DME di Indonesia masih sedikit, hanya diproduksi oleh PT. Bumi Tangerang Gas Industri di Tangerang, Banten, dan beberapa perusahaan yang sedang mengembangkan DME seperti PT. Pertamina-PT.Arrtue Mega Energie di Cilegon, Banten dan Eretan, Jawa Barat, serta Proyek yang melibatkan PTBA-Pertamina-Air Product and Chemical Inc. yang akan dibangun di Muara Enim, Sumatera Selatan.

Hingga saat ini kebutuhan DME Indonesia masih mengandalkan impor dari Jepang, China dan beberapa Negara Eropa untuk memenuhi kebutuhannya. Hal itu sangat disayangkan mengingat Indonesia merupakan Negara yang kaya akan sumber bahan baku pembuatan DME dan kebutuhan DME di Indonesia yang belum terlalu besar. Hal ini merupakan salah satu faktor pendukung untuk membuat prarancangan pabrik pembuatan Dimetil eter (DME) sebagai salah satu solusi untuk mengatasi keterbatasan Dimetil eter tersebut. Pendirian pabrik DME ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan bahan bakar yang bersih, aman dan ramah lingkungan bagi masyarakat Indonesia.

1.2 Kegunaan Produk

Dimetil eter (DME) termasuk bahan kimia *High Production Volume* (HPV) (US Environmental Protection Agency, 2007). DME hadir sebagai pengganti bahan bakar tradisional seperti dieseldan propana (Semelsberger, dkk., 2006). Teknologi untuk memproduksi DME masih terus dikembangkan di banyak negara besar seperti Jepang, China, Kanada, Korea, Amerika Serikat, India, dll. Dengan memiliki beberapa aplikasi lain seperti :

- DME dapat digunakan sebagai pengganti LPG (*Liquified Petroleum Gas*) untuk memasak dan keperluan lainnya. Pembakaran DME menghasilkan emisi NOx dan CO yang sangat rendah dan tidak ada emisi sulfur atau jelaga.
- DME dapat digunakan sebagai pengganti *Chlorofluorocarbon* (CFC) yang biasa digunakan sebagai *propellant* pada industri kosmetik, cat, dan aerosol.
- DME dapat digunakan sebagai substitusi Diesel. DME memiliki nilai *cetane* yang tinggi dan dapat digunakan pada kendaraan dengan mesin diesel dengan melakukan beberapa modifikasi.
- DME dapat digunakan sebagai prekursor untuk produksi dimetil sulfat dan asam asetat.
- DME dapat digunakan sebagai *refrigerant*.
- DME dapat digunakan sebagai pelarut untuk ekstraksi komponen organik.

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Karena pabrik direncanakan didirikan di Indonesia maka diperlukan informasi mengenai ketersediaan bahan baku untuk produksi DME. Bahan baku yang akan digunakan dalam produksi DME adalah Metanol. Metanol diperoleh dari PT. Kaltim Metanol Industri dengan kapasitas produksi 660.000 ton/tahun dengan produk metanol grade AA. Produksi DME juga dibantu katalis yaitu silica alumina. Silica alumina diimpor dari China karena belum ada pabrik yang membuat silica alumina di Indonesia. Beberapa produsen silica alumina di China adalah Zibo Yinghe Chemical Co., Ltd, Pingxiang Gophin Chemical Co., Ltd., dan Qingdao Double Dragon Industri Co., Ltd. Dengan demikian ketersediaan bahan baku tidak menjadi masalah karena cukup tersedia dan mudah diperoleh.

1.4 Analisa pasar

Munawaroh dan Lovisa (2019) berpendapat bahwa analisis pasar merupakan langkah untuk menentukan seberapa besar minat pasar terhadap suatu produk dalam hal ini adalah Dimetil eter (DME). Analisis pasar pada perancangan suatu pabrik atau industri dapat dicari dengan beberapa metode diantaranya analisis kebutuhan pasar produk, ketersediaan bahan baku, serta perbandingan pabrik sejenis (Proxis East, 2015).

Analisis pasar merupakan langkah untuk mengetahui seberapa besar minat pasar terhadap suatu produk. Adapun analisis pasar meliputi data impor, data produksi dalam negeri, dan data produksi luar negeri.

1.4.1 Data Impor Dimetil eter (DME) di Indonesia

Berikut data impor Dimetil eter (DME) di Indonesia berdasarkan data Badan Pusat Statistik:

Tabel 1.1.Data Impor Dimetil eter (DME) di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah Impor (ton/tahun)
1.	2017	8964,181 ^{a),b)}
2.	2018	10298,014 ^{b),c)}
3.	2019	12204,786 ^{c),d)}
4.	2020	15365,445 ^{d),e)}
5.	2021	28499,204 ^{e)}

Sumber:^{a)}Badan Pusat Statistik (2017),

^{b)}Badan Pusat Statistik (2018),

^{c)}Badan Pusat Statistik (2019),

^{d)}Badan Pusat Statistik (2020),

^{e)}Badan Pusat Statistik (2021).

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, kebutuhan impor DME di Indonesia selama lima tahun berturut-turut mengalami kenaikan hingga tahun 2021 mencapai 28499,204 ton/tahun dan untuk memenuhi kebutuhan tersebut Indonesia harus mengimpor dari banyak negara. Hal tersebut menunjukkan bahwa minat pasar di Indonesia terhadap dimetil eter cukup tinggi dan terus meningkat, maka dengan ini pendirian pabrik dimetil eter di Indonesia perlu didirikan untuk mengurangi ketergantungan impor Indonesia dan menghemat devisa negara serta untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia.

1.4.2 Data Produksi Dimetil eter (DME) di Indonesia

Dimetil eter di Indonesia hanya diproduksi oleh PT. Bumi Tangerang Gas Industri dengan kapasitas produksi 7200 ton/tahun.

1.4.3 Data Pabrik Penghasil Dimetil eter di Dunia

Berikut data Pabrik Penghasil *Dimetil eter* (DME) di Dunia :

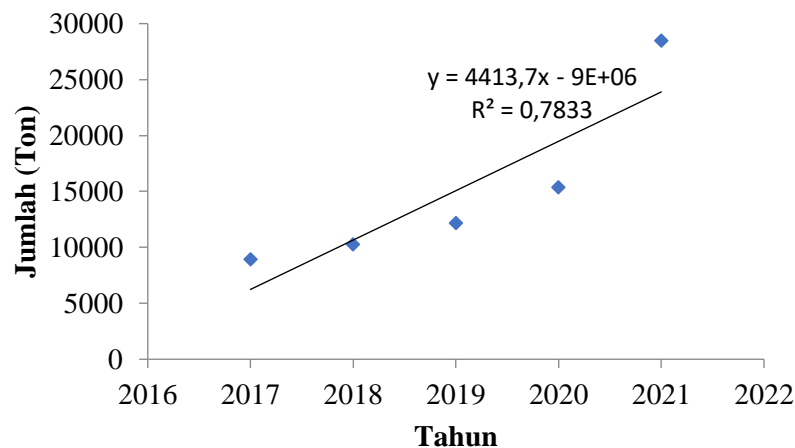
Tabel 1.2. Data Pabrik Penghasil Dimetil Eter di Dunia

No.	Industri	Kapasitas (Ton/Tahun)	Sumber
1.	Akzo Nobel N.V (Belanda)	45000	Akzo Nobel Industrial Chemicals (2017)
2.	China Energi Limited (China)	900000	China Energy (2017)
3.	Aestar (Zhongshan) Co. Ltd (China)	10000	Aestar (Zhongshan) Co. Ltd. (2009)
4.	Toyo Engineering Corporation (Jepang)	460000	Toyo Engineering Corporation
5.	Fuel DME Production Co. Ltd.: (Mitsubishi Gas Chemical, ITOCHU, JAPEX, Taiyo Oil, Total Di-Methyl Japan, Toyota Tsusho, JGC, Mitsubishi Heavy Industries and Mitsubishi Chemical)	80000	Japan DME Association (2017)
6.	Grillo Werke AG (Jerman)	1000000	Grillo Werke (2012)
7.	Korea Gas Corporation (Korea)	300000	Unitel Technologies (2011)
8.	Oberon Fuels (Amerika Serikat)	3650000	Oberon Fuels (2016)
9.	Zagros Petrochemical Company (Iran)	800000	Green Car Congress (2004)

(Sumber: Singh P. Akhilendra ,dkk., 2018)

1.5 Kapasitas Rancangan

Berdasarkan kebutuhan impor DME di Indonesia dari Tabel 1.1 diperoleh persamaan regresi linear $y = 4413,748x - 8896290,280$ (Gambar 1.1). Dengan persamaan tersebut dapat dikalkulasikan proyeksi kebutuhan DME Indonesia untuk 5 tahun ke depan pada tahun 2027 berkisar pada 50.376,916 ton.



Gambar 1.1.Data Impor Dimetil eter (DME) di Indonesia

Berdasarkan data diatas, maka kebutuhan DME di Indonesia dapat dihitung dengan:

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan} &= \text{Impor} + \text{Produksi} - \text{Ekspor} \\
 &= (50.376,916 + 7.200 - 0) \text{ Ton/Tahun} \\
 &= 57.576,916 \text{ Ton/Tahun}
 \end{aligned}$$

Namun dalam peraturan perundang-undangan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1999 tentang praktik monopoli dan persaingan usaha tidak sehat pada bab III pasal 4 ayat 2 yang menyatakan pelaku usaha atau kelompok pelaku usaha tidak diperbolehkan menguasai lebih dari 75% pangsa pasar. Sehingga untuk menentukan kapasitas produksi ditetapkan 60% sebesar 34.546,150 ton/tahun. Maka kapasitas pabrik yang akan didirikan yaitu sebesar 40.000 ton/tahun, jumlah tersebut untuk memenuhi kebutuhan DME dalam negeri dan untuk diekspor ke negara lain.

1.6 Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik sangat berpengaruh pada keberadaan suatu pabrik, baik dari segi komersial maupun kemungkinan pengembangan di masa mendatang. Oleh karena itu lokasi pabrik sangat menentukan keberlangsungan jalannya pabrik dimasa yang akan datang. Pabrik DME direncanakan akan didirikan di daerah Bontang, Propinsi Kalimantan Timurdengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Penyediaan bahan baku

Bahan baku ialah kebutuhan pokok dari keberlangsungan sebuah industri. Maka dari itu pemilihan lokasi yang tepat untuk pengadaan bahan baku tentu saja sangat penting untuk diperhatikan. Semakin dekat pabrik penyedia bahan baku, maka biaya untuk transportasi akan minimum. Bahan baku yang akan digunakan dalam produksi DME adalah Metanol. Metanol diperoleh dari PT. Kaltim Metanol Industri dengan kapasitas produksi 660.000 ton/tahun dengan produk metanol grade AA.

2. Pemasaran produk

Daerah Bontang adalah daerah industri kimia yang besar dan terus berkembang dengan pesat. Hal ini menjadikan Bontang sebagai pasar yang baik bagi dimetil eter. Sampai saat ini pabrik yang membutuhkan dimetil eter sebagian besar masih terdapat di pulau Jawa, tetapi pemasaran dimetil eter dari Bontang ke Jawa tidaklah sulit karena sudah tersedianya sarana transportasi laut yang cukup memadai. Target pemasaran pabrik Dimetil eter disini adalah untuk pemenuhan pabrik dalam negeri dan sisanya diekspor.

3. Sarana transportasi

Sarana transportasi sangat diperlukan guna menunjang dalam hal pemenuhan bahan baku maupun dalam hal pendistribusian produk. Pemilihan bontang sebagai lokasi pendirian pabrik dinilai strategis karena dekat dengan kota sebagai pemukiman dan sumber daya manusia, dekat dengan pabrik penyedia

bahan baku sehingga dapat menghemat biaya pengiriman bahan baku dan dekat dengan pesisir laut yang dapat memudahkan pendistribusian produk nantinya.

4. Utilitas

Fasilitas pendukung berupa air, listrik, dan bahan bakar tersedia dan dinilai memadai dikarenakan bontang merupakan kawasan industri.

5. Tenaga kerja

Suatu pabrik membutuhkan tenaga kerja untuk menunjang kegiatan produksi. Tenaga kerja yang dibutuhkan yaitu sumber daya manusia yang produktif dan kompeten di bidangnya masing-masing. Latar belakang pendidikan yang dibutuhkan yaitu lulusan dari strata 1, diploma 3 maupun SMA/SMK sederajat. Di wilayah bontang merupakan kota padat penduduk sehingga tidak akan mengalami kendala dalam pemenuhan tenaga kerja.

6. Karakteristik lokasi

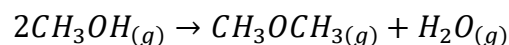
Pertimbangan untuk pemilihan lokasi didirikannya pabrik berkaitan dengan rencana pengembangan pabrik di masa depan. Luas lahan yang tersedia di suatu wilayah tersebut sebaiknya masih memungkinkan untuk perluasan area pabrik. Pemilihan lokasi biasanya ditujukan pada kawasan yang telah dipetakan oleh pemerintah untuk digunakan sebagai area industri agar kegiatan industri dapat terpusat di suatu wilayah tertentu. Di sisi lain pemilihan lokasi pendirian pabrik di bontang adalah minimnya resiko gempa bumi di wilayah Kalimantan, sehingga pabrik dapat berjalan dengan lebih aman.

II. DESKRIPSI PROSES

2.1 Proses Produksi Dimetil Eter

Dimetil eter (DME) memiliki aplikasi yang luas, seperti pelarut, propelan, bahan kimia intermediate, pengganti refrigerant, pengganti LPG dan bahan bakar transportasi. Pemerintah sedang menggalakkan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel dan pengganti LPG. DME akan banyak digunakan dalam industri bahan bakar karena tidak menimbulkan emisi gas pulutan (CO, NO_x, SO_x).

Satu-satunya proses produksi dimetil eter dari bahan baku methanol adalah proses dehidrasi dengan bantuan katalis. Secara umum Bahan baku methanol fasa cair diubah menjadi fasa gas terlebih dahulu sebelum dilakukan proses dehidrasi. Kemudian bahan baku fasa gas masuk ke reactor menghasilkan dimetil eter, sisa methanol tidak bereaksi dan air. Lalu dilakukan proses pemisahan antara dimetil eter (produk), methanol yang tidak bereaksi dan air dengan menggunakan distilasi. Methanol yang tidak bereaksi kemudian dikembalikan ke proses sebagai *recycle*. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Dalam perkembangannya, diketahui terdapat beberapa teknologi yang digunakan dalam proses produksi dimetil eter, antara lain:

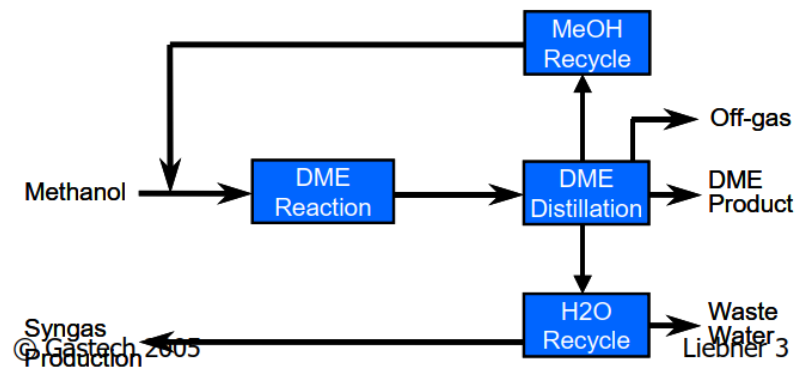
1. Teknologi Lurgi
2. Teknologi Mitsubishi Corporation
3. Teknologi Toyo Engineering Corporation (TEC)

2.2 Tinjauan Proses

1. Teknologi Lurgi

Pada proses dehidrasi methanol dengan teknologi Lurgi, bahan baku methanol cair dipompakan dan dipanaskan terlebih dahulu atau sebagian diuapkan dengan alat penukar panas melalui pertukaran panas tidak

langsung terhadap gas produk panas dari reaktor dehidrasi. Reaktor DME yang diisi dengan katalis γ -Al₂O₃ dikontakkan dengan metanol yang dibawa ke suhu masuk reaktor 300°C dengan tekanan reaksi 16 bar (a). Karena panas reaksi dehidrasi relatif rendah, reaktor DME dikonfigurasi sebagai *Adiabatic fixed bed reactor*. Dalam reaktor dehidrasi, konversi parsial metanol mentah menjadi DME dan air dilakukan sesuai dengan kesetimbangan reaksi dehidrasi yang bergantung pada suhu dan tekanan parsial metanol dan air. Dengan kondisi tersebut, konversi metanol dicapai antara 75-82%. Dengan cara ini, kemurnian produk DME >99,9% (Mitschke P., 2012).

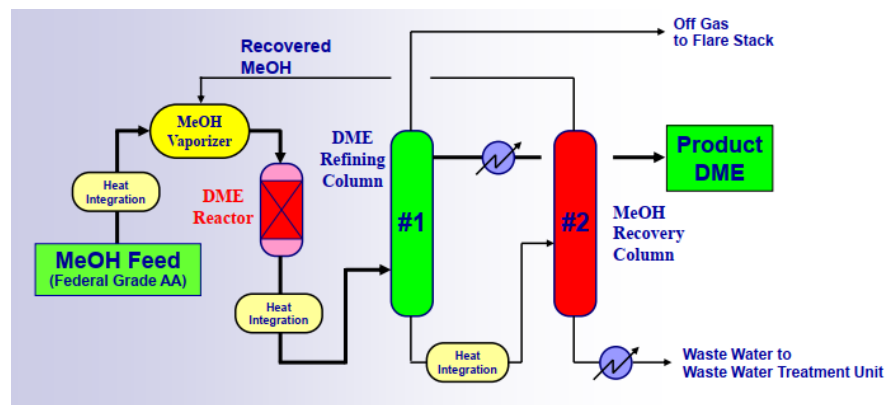


Gambar 2.1. Proses produksi DME dengan teknologi Lurgi

2. Teknologi Mitsubishi Gas Chemical (MGC)

Mitsubishi Gas Chemical, Inc (MGC) dan JGC Corporation pada tanggal 11 Oktober 2012 mengumumkan bahwa telah berhasil menyelesaikan pengujian operasi komersial dimetil eter (DME) berlisensi. Mulai tahun 2001, MGC dan JGC mengembangkan teknologi proses yang dapat meningkatkan produksi mencapai 1,5 juta ton/tahun. Proses dengan teknologi ini memastikan produk memiliki kemurnian tinggi (>99,9%) (*Fuel DME Production Co. Ltd.*, 2011).

Bahan baku yang digunakan merupakan methanol dengan grade AA, yaitu methanol dengan kemurnian 99,8%. Methanol cair dipanaskan dan diuapkan terlebih dahulu sebelum masuk ke reactor sehingga suhunya mencapai 240-320°C tekanan 15 atm. jenis reactor yang digunakan adalah *Isothermal fixed bed reactor* dengan bantuan katalis alumina padat (Iijima M. dan Kobayashi K., 2003). Konversi pada reactor mencapai 70-80% (*Fuel DME Production Co. Ltd.*, 2011).



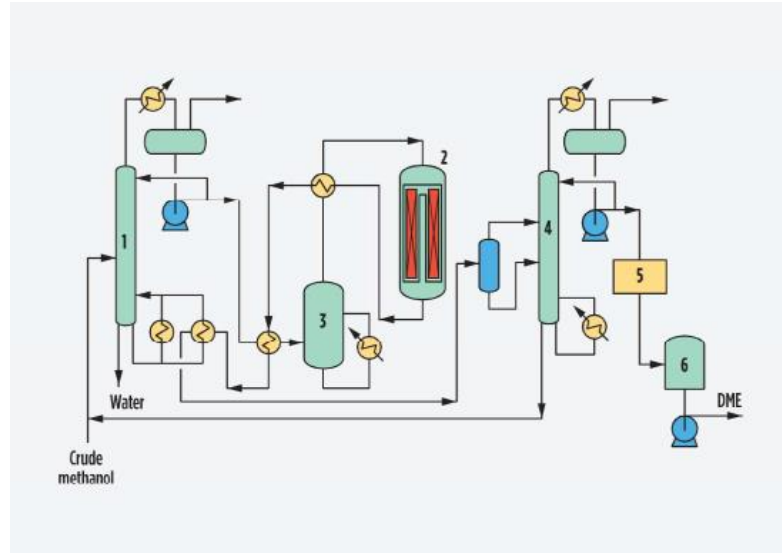
Gambar 2.2. Proses Produksi DME dengan teknologi MGC

3. Teknologi *Toyo Engineering Corporation* (TEC)

Toyo Engineering Corporation (TEC) mengembangkan teknologi produksi dimetil eter (DME) tidak langsung yang terdiri dari sintesis methanol dan proses sintesis DME. Fitur utama dari konsep Teknologi TEC adalah: Proses sintesis DME yang sederhana, biaya investasi yang lebih rendah; Fleksibilitas rasio produksi metanol (0 - 100 %) dan DME (100 - 0 %) sesuai permintaan pasar; Kombinasi sintesis metanol dan sintesis DME yang terbukti secara komersial; Unit sintesis DME mudah dipasang di samping pabrik metanol yang ada. (*Toyo DME Technology*, 2012)

Bahan baku yang digunakan dapat berupa methanol dengan variasi kemurnian 0-100%. Jika umpan merupakan methanol dengan kemurnian rendah, air dipisahkan terlebih dahulu sebelum diproses lebih lanjut. Methanol cair diuapkan terlebih dahulu kemudian diumpankan ke reactor

dengan kondisi masuk tekanan 1.0-2.0 MPaG suhu 220-275°C dan kondisi keluar 300-375°C. Katalis yang digunakan adalah katalis padat alumina. Konversi DME di reactor yaitu 75-80%. (HydrocarbonProcessing.com; Shoji K. dan Terai S., 2006)



Gambar 2.3. Proses Produksi DME dengan teknologi TEC

2.3 Tinjauan Termodinamika

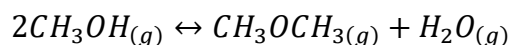
Tinjauan termodinamika bertujuan untuk mengetahui seberapa besar energy yang dibutuhkan atau dilepaskan pada suatu reaksi. Tinjauan termodinamika dapat dianalisis dari perubahan entalpi (ΔH) dan perubahan energy bebas gibbs (ΔG) pada suatu reaksi, dalam hal ini dalam suatu reaksi pembentukan dimetil eter (Hapsari dan Cahyana, 2018).

Perubahan entalpi menunjukkan seberapa besar panas yang dibutuhkan atau dilepaskan suatu reaksi. Jika perubahan entalpi bernilai positif ($+\Delta H$) reaksi tersebut membutuhkan atau menyerap panas dari lingkungannya yang biasa disebut reaksi endotermis, sedangkan jika perubahan entalpi pada suatu sistem bernilai negative ($-\Delta H$) maka reaksi tersebut melepaskan panas dari sistem ke lingkungan

yang biasa disebut reaksi eksotermis (Suryana, 2014). Jadi besar kecilnya panas yang perlu disuplai pada suatu reaksi dapat diketahui dari nilai perubahan entalpi reaksi tersebut.

Suatu reaksi dapat berlangsung spontan atau tidak spontan dapat dilihat dari seberapa besar perubahan energy gibbs nya. Jika perubahan energy bebas gibbs reaksi bernilai negatif ($-\Delta G$) maka reaksi dapat berlangsung spontan, sedangkan jika perubahan energy bebas gibbs bernilai positif ($+\Delta G$) maka reaksi tidak dapat berlangsung secara spontan sehingga membutuhkan energy tambahan agar reaksi dapat berlangsung spontan (Vernandes, 2017).

Reaksi produksi DME proses dehidrasi methanol :



Berikut ini merupakan perhitungan ΔH dan ΔG untuk teknologi Lurgi.

Tabel 2.1 Data entalpi dan energy bebas gibbs molar komponen pada kondisi standar (298,15 K)

Komponen	Fasa	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)
CH ₃ OH	gas	-201,17	-162,51
CH ₃ OCH ₃	gas	-184,05	-112,93
H ₂ O	gas	-240,56	-227,36

Sumber: Yaws, 1999

Tabel 2.2 Data kapasitas panas komponen

Komponen	A	B	C	D	E
CH ₃ OH ^{a)}	2,211	0,012216	-3,5E-06	0	0
CH ₃ OCH ₃ ^{b)}	4,361	0,00607	2,9E-05	-3,581E-08	1,28E-11
H ₂ O ^{a)}	3,47	0,00145	0	12100	0

Sumber: ^{a)} Smith et al. (2001), dengan $C_p = R (A + BT + CT^2 + DT^{-2})$

dimana T = suhu (K), R = tetapan gas

^{b)} Polling BE. et al. (2001), dengan $C_p = R (A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4)$

- Menghitung entalpi reaksi (ΔH) kondisi operasi ($T = 573,15 \text{ K}$, $P = 15,8 \text{ atm}$)

$$\Delta H = \Delta H^\circ + \Delta C_p(T - T_0)$$

(Smith et al., 2001)

- Menghitung entalpi reaksi standar (ΔH°) ($T = 298,15 \text{ K}$)

$$\Delta H^\circ = \sum(n\Delta H_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum(n\Delta H_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

(Bird, 1987)

$$\Delta H^\circ = \sum(n\Delta H_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum(n\Delta H_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= [(n_{\text{CH}_3\text{OCH}_3} \cdot \Delta H_f^\circ_{\text{CH}_3\text{OCH}_3}) + (n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \Delta H_f^\circ_{\text{H}_2\text{O}})] - \\ &\quad [(n_{\text{CH}_3\text{OH}} \cdot \Delta H_f^\circ_{\text{CH}_3\text{OH}})] \\ &= [(1 \cdot (-184,05 \text{ kJ/mol})) + (1 \cdot (-240,56 \text{ kJ/mol}))] - \\ &\quad [(2 \cdot (-201,17 \text{ kJ/mol}))] \\ &= -22,2700 \text{ kJ/mol} = -22.270 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

- Menghitung nilai kapasitas panas (C_p)

$$\Delta C_p = \sum_i n_i C_{p_i}$$

(Smith et al., 2001)

Berdasarkan data pada Tabel 2. diperoleh nilai C_p masing-masing komponen pada kondisi operasi sebagai berikut:

Tabel 2.3 Nilai kapasitas panas komponen

Komponen	Kapasitas Panas (Cp) (J/mol.K)
CH ₃ OH	67,1711
CH ₃ OCH ₃	99,8045
H ₂ O	35,7591

Sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \Delta C_p &= \sum_i n_i C_{p_i} \\
 &= (n_{\text{CH}_3\text{OH}} \cdot C_{p_{\text{CH}_3\text{OH}}}) + (n_{\text{CH}_3\text{OCH}_3} \cdot C_{p_{\text{CH}_3\text{OCH}_3}}) + (n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{p_{\text{H}_2\text{O}}}) \\
 &= ((-2) \cdot 67,1711) + (1 \cdot 99,8045) + (1 \cdot 35,7591) \\
 &= 1,2214 \text{ J/mol} \cdot \text{K}
 \end{aligned}$$

Diperoleh nilai ΔH :

$$\begin{aligned}
 \Delta H &= \Delta H^\circ + \Delta C_p(T - T_0) \\
 &= -22.270 \text{ J/mol} + 1,2214 \text{ J/mol} \cdot \text{K} (573,15 \text{ K} - 298,15 \text{ K}) \\
 &= -21.934,1113 \text{ J/mol}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Energi bebas gibbs (ΔG)

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln K_c$$

(Bird, 1987)

- Menghitung energy gibbs pembentukan standar (ΔG°) (T = 298,15 K)

$$\Delta G^\circ = \sum(n\Delta G_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum(n\Delta G_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

(Bird, 1987)

$$\Delta G^\circ = \sum(n\Delta G_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum(n\Delta G_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^\circ &= [(1 \cdot (-112,93 \text{ kJ/mol})) + (1 \cdot (-227,36 \text{ kJ/mol}))] - \\
 &\quad [(2 \cdot (-162,51 \text{ kJ/mol}))] \\
 &= -15,2700 \text{ kJ/mol} = -15.270 \text{ J/mol}
 \end{aligned}$$

- Menghitung konstanta kesetimbangan pada kondisi standar (K_{c0}) (T = 298,15 K)

$$K_{c0} = e^{-\Delta G^\circ/RT}$$

(Bird, 1987)

$$\begin{aligned} K_{c0} &= e^{-\Delta G^\circ/RT_0} \\ &= e^{-\frac{15.270 \text{ J/mol}}{(8,314 \text{ J/mol}\cdot\text{K})(298,15 \text{ K})}} \\ &= 473,5187 \end{aligned}$$

- Menghitung konstanta kesetimbangan pada kondisi operasi (K_c) ($T = 573,15 \text{ K}$)

$$\ln \frac{K_{c1}}{K_{c2}} = \frac{\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

(Bird, 1987)

$$\begin{aligned} \ln \frac{K_{c0}}{K_c} &= \frac{\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \\ \ln \frac{473,5187}{K_c} &= \frac{-22.270 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}} \left(\frac{1}{573,15 \text{ K}} - \frac{1}{298,15 \text{ K}} \right) \\ \ln \frac{473,5187}{K_c} &= 4,3106 \\ \frac{473,5187}{K_c} &= e^{4,3106} \\ \frac{473,5187}{K_c} &= 74,4867 \\ K_c &= \frac{473,5187}{74,4867} \\ &= 6,3571 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh nilai ΔG :

$$\begin{aligned} \Delta G &= \Delta G^\circ + RT \ln K_c \\ &= -15.270 \text{ J/mol} + ((8,314 \text{ J/mol}\cdot\text{K})(573,15 \text{ K})(\ln 6,3571)) \\ &= -6456,4816 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara yang sama, diperoleh nilai entalpi reaksi (ΔH) dan energy bebas gibbs (ΔG) untuk teknologi MGC dan TEC sebagai berikut :

Tabel 2.4 Data nilai entalpi reaksi (ΔH) dan energy bebas gibbs (ΔG)

Teknologi	Entalpi Reaksi (ΔH) (J/mol)	Energi bebas gibbs (ΔG) (J/mol)
Lurgi	-21.934,1113	-6.456,4816
MGC	-21.899,1141	-5.986,9193
TEC	-21.861,7963	-5.223,8806

Keterangan:

ΔH = entalpi reaksi (J/mol)

ΔH° = entalpi reaksi standar (J/mol)

ΔH_f° = entalpi pembentukan molar standar (kJ/mol)

ΔG = energy bebas gibbs reaksi (J/mol)

ΔG° = energy bebas gibbs standar (J/mol)

ΔG_f° = energy bebas gibbs pembentukan standar (kJ/mol)

T = suhu (K)

R = tetapan gas ideal (8,314 J/mol.K)

C_p = kapasitas panas (J/mol.K)

n = koefisien reaksi

K_c = konstanta kesetimbangan

Dari uraian diatas dapat dilihat perbandingannya pada tabel 2.5 Berikut ini:

Tabel 2.5 Perbandingan parameter antara teknologi Lurgi, MGC dan TEC

Parameter	Jenis-Jenis Teknologi		
	Lurgi	MGC	TEC
Suhu Operasi (°C)	300	240-320	220-275
Tekanan (atm)	15,8	15	10-20
Konversi Reaksi (%)	75-82	70-80	75-80
Reaktor	<i>Adiabatic-fixed bed reactor</i>	<i>Isothermal-fixed bed reactor</i>	<i>Adiabatic-fixed bed reactor</i>
Katalis	$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	Al_2O_3	Al_2O_3 ; $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$
Termodinamika	Reaksi bersifat eksotermis dan reaksi berlangsung spontan	Reaksi bersifat eksotermis dan reaksi berlangsung spontan	Reaksi bersifat eksotermis dan reaksi berlangsung spontan

Dari perbandingan tinjauan proses pada tabel diatas maka proses yang kami pilih adalah produksi dimetil eter dari methanol dengan proses dehidrasi menggunakan teknologi TEC dengan beberapa factor pendukung sebagai berikut:

1. Pemanfaatan panas

Reaksi dehidrasi methanol menjadi DME bersifat eksotermis dan Reactor yang digunakan merupakan jenis reactor adiabatik, dimana suhu masuk tidak harus sama dengan suhu operasi sehingga kebutuhan panas tidak terlalu tinggi sebagaimana konsep isothermal. Selain itu karena suhu keluar reaktor lebih tinggi daripada suhu masuk reaktor, sehingga panas pada produk dapat digunakan untuk memanaskan bahan sebelum masuk reaktor.

2. Selektivitas produk tinggi

Pada proses ini digunakan katalis berbasis alumina (Al_2O_3). Penggunaan katalis berbasis alumina telah terbukti memiliki selektivitas tinggi terhadap produk metanol, sehingga mayoritas pabrik metanol saat ini menggunakan katalis tersebut.

III. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1 Spesifikasi Bahan Baku

A. Metanol

- Rumus molekul : CH_3OH
- Berat molekul : 32,042 gr/mol
- Wujud : Cair (pada suhu ruang)
- Titik lebur : $-97,5^\circ\text{C}$
- Titik didih : $64,5^\circ\text{C}$
- Densitas : $0,7914 \text{ gr/cm}^3$
- Kelarutan : Larut dalam air, etanol, eter.

(Haynes, 2014)

B. Alumina

- Rumus molekul : Al_2O_3
- Berat molekul : 101,961 gr/mol
- Wujud : Padat (pada suhu ruang)
- Titik lebur : -2054°C
- Titik didih : 2977°C
- Densitas : $3,99 \text{ gr/cm}^3$
- Kelarutan : Larut dalam air.

(Haynes, 2014)

3.2 Spesifikasi Produk

A. Dimetil Eter

- Rumus molekul : CH_3OCH_3
- Berat molekul : 46,068 gr/mol
- Wujud : Gas (pada suhu ruang)
- Titik lebur : $-141,49^\circ\text{C}$
- Titik didih : $-24,8^\circ\text{C}$
- Densitas : $0,67 \text{ gr/cm}^3$ (Pada 20°C)
- Kelarutan : Larut dalam air, Etanol, eter.

(Haynes, 2014)

X. SIMPULAN DAN SARAN

10.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan dimetil eter dari methanol proses dehidrasi dengan alumina kapasitas 40.000 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut :

1. Percent Return on Investment (ROI) sesudah pajak adalah 16.35%.
2. Pay Out Time (POT) sesudah pajak adalah 3 tahun 200 hari.
3. Break Even Point (BEP) sebesar 55.27% dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 20 – 60 % kapasitas produksi. Shut Down Point (SDP) sebesar 20.76%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
4. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF) sebesar 32.71%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

10.2 Saran

Prarancangan dimetil eter dari methanol proses dehidrasi dengan alumina kapasitas 40.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Migas. (2022). Hingga Juli 2022, Pemanfaatan Gas Domestik Capai 68,66 Persen. Migas - Kementerian ESDM.
<https://migas.esdm.go.id/post/read/hingga-juli-2022-pemanfaatan-gas-domestik-capai-68-66-persen> (Diakses pada 12 Oktober 2022)
- Badan Pusat Statistik. (2017). *Statistik Perdagangan Luar Negeri 2017 Foreign Trade Statistics 2017 Impor/Import*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2018). *Statistik Perdagangan Luar Negeri 2018 Foreign Trade Statistics 2018 Impor/Import*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Statistik Perdagangan Luar Negeri 2019 Foreign Trade Statistics 2019 Impor/Import*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Statistik Perdagangan Luar Negeri 2020 Foreign Trade Statistics 2020 Impor/Import*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Statistik Perdagangan Luar Negeri 2021 Foreign Trade Statistics 2021 Impor/Import*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Bird, T. (1987). *Kimia Fisik untuk Universitas*. Jakarta: PT Gramedia.
- Brown, G. George., 1950, *Unit Operation 6ed*, Wiley&Sons, USA.
- Carus, M. B. (1965). *Removal of Impurities and Recovery of Potassium hydroxide in The Production of Potassium Permanganate* (U.S. Patent No. 3,172,482). United States Patent Office.
<https://patents.google.com/patent/US3172830A/en>
- Chase, M.W., Jr., (1998). *NIST-JANAF Thermochemical Tables* (4th ed.). Diakses pada 15 September 2022, dari
<https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Source=1998CHA1-1951&Masj=FFF>
- Coulson, J. M. & Richardson, J. F. (2002). *Chemical Engineering Volume 2: Particle Technology & Separation Processes* (5th ed.). Oxford: Butterworth Heinemann.
- Dean, J. A. (1979). *Lange's Handbook of Chemistry* (12th ed.). New York: McGraw-Hill.

- Fogler, A.H. Scott, 1999, *Elements of Chemical Reaction Engineering*, Prentice Hall International Inc, New Jersey.
- Gastech, Bilbao (2005). *Lurgi's Gas To Chemicals (GTC®): Advanced technologies for natural gas monetisation*.
- Geankolpis, C. J. (1993). *Transport Process and Unit Operation* (3rd ed.). Tokyo: Prentice-Hall International Inc.
- Himmelblau, D. M. & Riggs, J. B. (2004). *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering* (7th ed.). New Jersey: Prentice Hall Professional Technical Reference.
- International DME Association, 2010, "DME Multi use Multi source, Ultra Low emission fuel". International DME Association. DME : 21st century energy. (www.aboutme.org, diakses pada 1 Oktober 2022)
- Kern, D.Q., 1983, *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Kirk, R.E and Othmer, D.F, 1997, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4nd ed., vol. 17., John Wiley and Sons Inc., New York.
- Munawaroh & Lovisa, T. A. (2019). Pra-Rancangan Pabrik Diklorometana dari Metil Klorida dan Klorin Dengan Kapasitas 8.500 Ton/Tahun. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Tanjungpura, Vol. I* (No. 1).
- Perry, R. H. & Green, D. W. (1999). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (7th ed.). New York: McGraw-Hill Companies Inc.
- Peter, M.S. and Timmerhause, K.D, 1991, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3^{ed}*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Proxsis East. (2015). *PPIC dan Metode Perencanaan Produksi yang Optimal*. Diakses pada 19 Januari 2023, pada <https://surabaya.proxsisgroup.com/ppic-dan-metode-perencanaan-produksi-yang-optimal/>
- Powell, S.T., 1954, "Water Conditioning for Industry", Mc Graw Hill Book Company, New York.
- R.K. Sinnott, 2005, *Chemical Engineering Design*, 4th Edition, Elsevier Butterworth-Heinemann, USA. Safety Data Sheet. (2019). *S120 Demineralized Water*. Diakses pada 24 Agustus 2023, pada

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.generalpaint.biz/tdsmsds/us/gen2o/msds/msdsS120_S120_DEMINERALIZED_WATER_ENUS.pdf&ved=2ahUKEwibwPfrtJL1AhVCR2wGHXjpCBEQFn_oECAsQAQ&usg=AOvVaw3mhO5qFkFkna5C1BMwTAW7

- Siagian, S. D. (2000). *Metode Statistika Untuk Ekonomi dan Bisnis*. Jakarta: Gramedia.
- Singh P. Akhilendra. Dkk. (2018). *Prospects of Alternative Transportation Fuels*. Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C. & Abbott, M. M. (2001). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics* (6th ed.). New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Semelsberger, T.A., Borup, R.L. and Greene H.L. (2006) Dimethyl ether (DME) as an alternative fuel. *Journal of Power Sources* 156 (2006) 497–511.
- Ulmann, 2007. “*Ulmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry*”. VCH Verlagsgesell Scahft, Wanheim, Germany.
- Ulrich.G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.
- Wallas. S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers, Stoneham USA.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.