

**PRARANCANGAN PABRIK DIMETILETER (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O) DARI  
METANOL (CH<sub>3</sub>COOH) DENGAN KAPASITAS PRODUKSI  
15.000 TON/TAHUN**

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

**(Skripsi)**

Oleh

**ANGGI PRATIWI**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

## ABSTRACT

### MANUFACTURING OF DIMETILETER (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O) FROM METANOL (CH<sub>3</sub>COOH) WITH CAPACITY 15.000 TONS/YEAR Design of *Reactor* (RE-201)

By

ANGGI PRATIWI

Dimetil eter (DME) is one of the chemical industry products used as raw material for chemical industry, explosive dimetil sulfat ((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), dimetil sulfid (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>S), asam asetat (CH<sub>3</sub>COOH) dan formaldehid (CH<sub>2</sub>O). On the Manufacturing of Dimetil eter was selected *direct synthesis* process that is more profitable in terms of economics and thermodynamics than other processes.

This Plant is meant to produce 15.000 tons/year with operation time 24 hours/day and 330 days on a year. This Plant is planned to be built in Batakan, Kalimantan Timur. The bussines entity form of this plant is Limited Liability Company (Ltd) using line and staff organizational structure with 177 labors.

From the economic analysis, it is obtained that :

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp 211.595.041.983,1770
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp 39.829.654.961,5391
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp 251.424.696.944,7160
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 44,34%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) <sub>b</sub> = 2,11 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sub>a</sub> = 2,51 years
<i>Rate on investment after taxes</i>	(ROI) <sub>a</sub> = 25,11%
<i>Discounted Cash Flow</i>	(DCF) = 25,44%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 21,02%

Consider the summary above, it is proper establishment of Dimetil eter Plant is studied further, because the plant is profitable and has good prospects.

## ABSTRAK

### PRARANCANGAN PABRIK DIMETILETER (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O) DARI METANOL (CH<sub>3</sub>COOH) DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 15.000 TON/TAHUN (Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE -201))

Oleh

ANGGI PRATIWI

Dimetil eter (DME) digunakan sebagai *intermedate* dalam industri kimia yaitu seperti pada industri dimetil sulfat ((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), dimetil sulfit (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>S), asam asetat (CH<sub>3</sub>COOH) dan formaldehid (CH<sub>2</sub>O). Dalam Pra-Rancangan Pabrik Dimetil eter ini dipilih proses *direct synthesis* yang lebih menguntungkan dari segi ekonomi dan termodinamika dibandingkan proses lainnya.

Kapasitas produksi pabrik direncanakan 15.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di Batakan, Propinsi Kalimantan Timur. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 177 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi dan Direktur Pemasaran dan Keuangan dengan struktur organisasi *line and staff*.

Dari hasil perhitungan evaluasi ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp 211.595.041.983,1770
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp 39.829.654.961,5391
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp 251.424.696.944,7160
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 44,34%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) <sub>b</sub> = 2,11 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sub>a</sub> = 2,51 tahun
<i>Rate on investment after taxes</i>	(ROI) <sub>a</sub> = 25,11%
<i>Discounted Cash Flow</i>	(DCF) = 25,44%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 21,02%

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

**PRARANCANGAN PABRIK DIMETILETER (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O) DARI  
METANOL (CH<sub>3</sub>COOH) DENGAN KAPASITAS PRODUKSI  
15.000 TON/TAHUN**

**Tugas Khusus Perancangan REAKTOR (RE-201)**

Oleh  
**ANGGI PRATIWI**

**(Skripsi)**

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

Pada  
Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Lampung



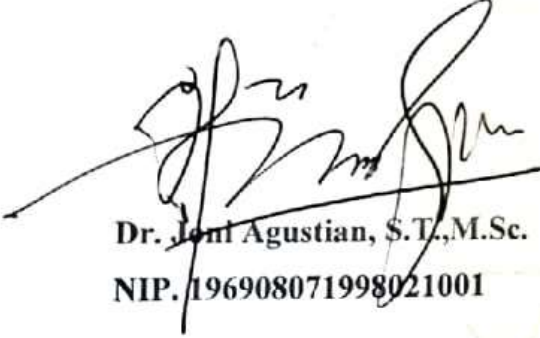
**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

Judul Skripsi : Prarancangan Pabrik Dimetileter ( $C_2H_6O$ )  
dari Metanol ( $CH_3COOH$ ) dengan  
Kapasitas Produksi 15.000 Ton/Tahun  
(Prarancangan Reaktor (RE-201))


Nama Mahasiswa : Anggi Pratiwi  
No. Pokok Mahasiswa : 1315041009  
Program Studi : Teknik Kimia  
Fakultas : Teknik

**MENYETUJUI,**

**1. Komisi Pembimbing**




**Dr. Joni Agustian, S.T.,M.Sc.**  
**NIP. 196908071998021001**



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

**2. Ketua Jurusan Teknik Kimia**



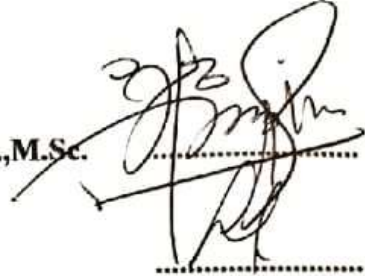
**Ir. Azhar, M.T.**  
**NIP. 196604011995011001**

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

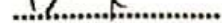
Ketua

: **Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc.**



Sekretaris

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



Penguji

Bukan Pembimbing

: **Ir. Azhar, M.T.**



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



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



: **Prof. Dr. Suharso, M.Sc., Ph.D.**

NIP 19620717 198703 1 002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 21 Mei 2019**

## SURAT PERNYATAAN

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

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

**Bandar Lampung, 18 Juli 2019**



**Anggi Pratiwi**  
**NPM. 1315041009**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Negara Tulang Bawang, pada tanggal 12 Febuari 1995, sebagai putri pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Syamsul Huda dan Ibu Mini Martini. Penulis telah menyelesaikan pendidikan sebelumnya di Sekolah Dasar (SD) PG Bungamayang pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama (SMP) PG

Bungamayang pada tahun 2010, dan Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 9 Bandar Lampung pada tahun 2013.

Pada tahun 2013, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Nasional Bersama Masuk Perguruan Tinggi Universitas Lampung 2013.

Pada tahun 2017, penulis melakukan Kerja Praktik di PT Perkebunan Nusantara VII (Persero) Pabrik Gula Bungamayang Lampung Utara dengan Tugas Khusus “Analisis Sistem Kontrol pH pada Stasiun Pemurnian Nira”. Selanjutnya, pada tahun 2016 penulis melakukan penelitian dengan judul “Penentuan Jumlah Nutrisi Magnesium dari  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  Dan Besi Dari  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  Pada Kultivasi *Tetraselmis Chuii* Terhadap Kandungan Lipid Maksimum“ yang dilakukan di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung pada bulan Juli sampai dengan November 2018.



Selama kuliah penulis aktif dalam berbagai organisasi kemahasiswaan diantaranya, Forum Silaturahmi & Studi Islam (FOSSI) Fakultas Teknik Universitas Lampung pada periode 2013-2014 sebagai Anggota Muda FOSSI Fakultas Teknik Universitas Lampung, Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Universitas Lampung pada periode 2013/2014 sebagai KMB IX Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Universitas Lampung, Panitia Khusus (Pansus) Fakultas Teknik Universitas Lampung pada periode 2014-2015 sebagai Anggota, Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) Fakultas Teknik Universitas Lampung pada periode 2014-2015 sebagai Staff Riset Himatemia Fakultas Teknik Universitas Lampung. Selanjutnya, pada periode 2016-2017 sebagai Bendahara Himatemia Fakultas Teknik Universitas Lampung serta pada periode 2016-2017, Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas Teknik Universitas Lampung pada periode 2015/2016 sebagai Staff Dinas Eksternal BEM Fakultas Teknik Universitas Lampung dan pada periode 2017-2018 sebagai Bendahara Eksekutif BEM Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa penulis juga mengikuti beberapa pelatihan yang diadakan oleh HIMATEMIA yaitu Pelatihan *Autocad*, Pelatihan Aspen, Pelatihan PDMS.

# *Motto Dan Persembahan*

*”.....Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.....”*

*(Q.S. AR. RA'D Ayat 11)*

*“Allah senantiasa menolong hamba selama ia menolong saudaranya”*

*(H.R. Muslim)*

*“Maka apabila kamu telah selesai mengerjakan suatu urusan, kerjakanlah urusan yang lain”*

# *Sebuah Karya Kecilku...*

*Dengan segenap hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:*

*Allah SWT,*

*Atas kehendak-Nya semua ini ada  
Atas rahmat-Nya semua ini aku dapatkan  
Atas kekuatan dari-Nya aku bisa bertahan.*

*Orang tuaku sebagai tanda baktiku, terima kasih atas segalanya,  
doa, kasih sayang, pengorbanan, kesabaran, dan keikhlasannya.  
Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa dibandingkan dengan  
berjuta-juta pengorbanan dan kasih sayang  
yang tidak pernah berakhir.*

*Adikku atas segalanya, kasih sayang, semangat dan doa yang  
diberikan selama ini.*

*Sahabat-Sahabatku, Terima kasih telah menjadi bagian hidupku  
selama kuliah di Teknik Kimia Universitas Lampung. Semua cerita  
hidup ini, semua akan ku simpan selamanya. Semoga suatu saat nanti  
kita bersua kembali dengan kisah-kisah kesuksesan kita*

*Guru-guruku dan Dosen-dosenku sebagai tanda hormatku,  
terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.*

*Kepada Almamaterku tercinta,  
Universitas Lampung  
semoga kelak berguna dikemudian hari.*

*Seorang yang tak lelah memberi semangat saat pengerjaan skripsi ini*

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Mahakuasa dan Maha Penyayang, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Dimetileter dari Metanol dengan Kapasitas 15.000 Ton /Tahun” dapat diselesaikan dengan baik.

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

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

1. Orangtuaku tercinta, Bapak, Ibu terimakasih atas pengorbanan, doa, cinta dan kasih sayang yang diberikan sampai detik ini untuk mengiringi setiap langkahku. Terimakasih atas segala semangat dan dukungan yang diberikan selama ini baik secara moril maupun material yang tidak akan pernah terbalaskan.
2. Adikku, Afif, atas kasih sayang, doa, ketulusan, serta semangat yang diberikan selama ini. Semoga Allah yang Mahakuasa dan Maha Penyayang memberikan perlindungan dan Karunia-Nya.
3. Ir. Azhar, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.

4. Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan pengarahan, masukan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
5. Lia Lismeri., S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, atas semua ilmu, saran, masukan dan pengertiannya dalam penyelesaian tugas akhir.
6. Ir. Azhar, M.T. sebagai Dosen Penguji I, yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat membangun dalam pengerjaan Tugas Akhir.
7. Panca Nugrahini F., S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II, yang telah memberikan saran dan kritik, juga selaku dosen atas semua ilmu yang telah penulis dapatkan.
8. Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc. sebagai Dosen Pembimbing Penelitian yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat membangun selama penelitian atas segala ilmu, kesabaran, saran, dan kritiknya dalam banyak hal.
9. Donny Lesmana, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik yang selama ini memberikan bimbingan, semangat serta arahan yang sangat membantu dalam perkuliahan di Teknik Kimia, Universitas Lampung.
10. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
11. Bapak Prof. Drs. Suharno M.Sc., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
12. Nurhasanah, terimakasih telah menjadi *Partner* Tugas Akhir yang baik dan sabar dalam mengerjakan semua tugas yang diberikan. Semoga kita bisa membangun Pabrik DME yang real ya suatu hari nanti.

13. Rohmat, terimakasih telah menjadi *Partner* Kerja Praktik dan Penelitian yang baik dari awal riset/praktek hingga penyelesaian laporan.
14. Support system ku, Mato, terimakasih telah menjadi partner yang baik dalam segala hal dalam waktu 6 tahun ini. Semoga kita makin baik dari hari ke hari.
15. Dosen sebaya TA-ku (Ade Febriana Syahfitri, S.T., Pia Sabrina Murtadho, S.T., Indah Lestari, S.T., Wanda Gustami, S.T.), terima kasih atas kesabarannya dalam membantu menyelesaikan Rancangan Pabrik DME.
16. Sahabat SMP ku, Winny, Ega, dan Ani, terimakasih atas segala doa dan semangatnya.
17. Sahabat SMA ku, Endy Nahya Ardini, yang menjadi dan selalu memberikan motivasi, doa, dukungan dan semangat yang tak ternilai harganya hehe
18. Sahabat Tekim ku, Syin yang selalu ada sejak awal perkuliahan (Fida, Ade, Pia, Rohmat, dan Andri) dan Sahabat Solehah ku yang cool (Soer, Lelse, Noer, Alay, Wance, Niteng, Ince, Ranti), makasi untuk semangat, doa dan waktunya selama ini. Tanpa kalian gak tau deh bisa sampe sini apa ngga, Love..
19. Gadizz 2013 (Ade, Mita, Ancas, Anggun, Laili, Fida, Tika, Cindy, Della, Eka, Soraya, Gracel, Indah, Kiki, Laila, Liza, Nita, Nurhasanah, Pia, Ranti, Rini, Siti, Wanda, Siska) dan Bujang 2013 (Jijim, Agus, Alib, Andri, Eng, Yuda, Hermawan, Yogi, Rohmat) yang selalu memberi semangat dan doa selama menjalani kerasnya hidup di Tekim Tercinta.
20. Adik – adik 2014 (Veranika, Ranti, Rica dan anak – anak 2014 lainnya) atas bantuan, dan doanya. Moga cepetan selesai ya..

21. Kakak-kakak angkatan 2008-2011 serta Adik-adik angkatan 2014-2015 yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Terimakasih atas bantuannya selama penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
22. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Allah membalas semua kebaikan mereka terhadap penulis dan semoga skripsi ini berguna.

Bandar Lampung, 18 Juli 2019

Penulis,

Anggi Pratiwi

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>COVER LUAR</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>ABSTRACT</b> .....	iii
<b>COVER DALAM</b> .....	iv
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	v
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>SURAT PERNYATAAN</b> .....	vii
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	viii
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	x
<b>SANWACANA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xvi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xx
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xxv
<b>1. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Kegunaan Produk .....	4
1.3. Ketersediaan Bahan Baku .....	4
1.4. Analisa Pasar .....	4



1.5. Kapasitas Perancangan .....	6
1.6. Lokasi Pabrik .....	8
<b>II. DESKRIPSI PROSES</b>	
2.1. Jenis – Jenis Proses .....	11
2.2. Pemilihan Proses .....	13
2.3. Uraian Proses .....	18
<b>III. SPESIFIKASI BAHAN BAKU</b>	
3.1. Spesifikasi Bahan Baku .....	21
3.2. Spesifikasi Produk .....	23
<b>IV. NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI</b>	
4.1. Neraca Massa .....	26
4.2. Neraca Energi .....	29
<b>V. SPESIFIKASI ALAT</b>	
5.1. Spesifikasi Peralatan Proses .....	37
5.2. Spesifikasi Peralatan Utilitas .....	57
<b>VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH</b>	
6.1. Unit Penyediaan Air .....	97
6.2. Unit Penyediaan <i>Steam</i> .....	113
6.3. Unit Pembangkit Tenaga Listrik .....	114

6.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar .....	114
6.5. Unit Penyediaan Udara Instrument .....	115
6.6. Unit Pengolahan Limbah .....	115
6.7. Laboratorium.....	117
6.8. Instrumentasi dan Pengendalian Proses .....	120

## **VII. TATA LETAK PABRIK**

7.1. Lokasi Pabrik .....	123
7.2. Tata Letak Pabrik.....	126
7.3. Perkiraan Areal Lingkungan .....	129

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

8.1. Bentuk Perusahaan.....	132
8.2. Struktur Organisasi Perusahaan .....	135
8.3. Tugas dan Wewenang .....	137
8.4. Status Karyawan dan Sistem Penggajian.....	146
8.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	146
8.6. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji .....	150
8.7. Kesejahteraan Karyawan .....	154
8.8. Manajemen Produksi .....	160

## **IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI**

9.1. Penaksiran Harga Peralatan .....	167
9.2. Dasar Perhitungan.....	168

9.3. Perhitungan Biaya.....	168
9.4. Analisis Kelayakan .....	175
9.5. Hasil Perhitungan.....	178

## **X. SIMPULAN DAN SARAN**

Simpulan .....	185
----------------	-----

## **DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN A**

**LAMPIRAN B**

**LAMPIRAN C**

**LAMPIRAN D**

**LAMPIRAN E**

**LAMPIRAN F**

**FLOWSHEET**

## DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
Tabel 1.1. Aplikasi Dimetleter .....	3
Tabel 1.2. Harga Bahan Baku dan Produk.....	5
Tabel 1.3. Data Impor Dimetleter di Indonesia.....	5
Tabel 2.1. Nilai $\Delta H_f$ dan $\Delta G_f$ Masing-masing Komponen.....	14
Tabel 2.2. Nilai Konstanta A,B,C, dan D masing-masing Komponen .....	15
Tabel 2.3. Nilai $\Delta H_R$ dan $\Delta G_R$ .....	16
Tabel 2.4. Perbandingan Proses Pembuatan DME .....	17
Tabel 4.1. Neraca Massa <i>Mix Point</i> (MP-101) .....	26
Tabel 4.2. Neraca Massa <i>Vaporizer</i> (VP-101).....	27
Tabel 4.3. Neraca Massa <i>Reaktor</i> (RE-201) .....	27
Tabel 4.4. Neraca Massa <i>Flash Drum</i> (FD-301).....	28
Tabel 4.5. Neraca Massa <i>Flash Drum</i> (FD-302)) .....	28
Tabel 4.6. Neraca Energi <i>Mix Point</i> (MP-101).....	30
Tabel 4.18. Neraca Energi <i>Vaporizer</i> (VP-101) .....	30
Tabel 4.19. Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-101) .....	31
Tabel 4.20. Neraca Energi <i>Reaktor</i> (RE-201).....	31
Tabel 4.21. Neraca Energi <i>Expansion Valve</i> (EV-201) .....	32

Tabel 4.22. Neraca Energi <i>Partial Condensor</i> (PC-301) .....	32
Tabel 4.23. Neraca Energi <i>Flash Drum</i> (FD-301) .....	33
Tabel 4.24. Neraca Energi <i>Compressor</i> (CP-301) .....	33
Tabel 4.25. Neraca Energi <i>Condensor</i> (CD-301) .....	34
Tabel 4.26. Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-301) .....	34
Tabel 4.27. Neraca Energi <i>Flash Drum</i> (FD-302) .....	35
Tabel 4.28. Neraca Energi <i>Condensor</i> (CD-302) .....	35
Tabel 4.29. Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-303) .....	36
Tabel 5.1. Spesifikasi Penyimpanan Metanol (ST-101) .....	37
Tabel 5.2. Spesifikasi Pompa (PP-101).....	38
Tabel 5.3. Spesifikasi <i>Vaporizer</i> (VP-101) .....	39
Tabel 5.4. Spesifikasi <i>Fan</i> (FN-101) .....	40
Tabel 5.5. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-201).....	40
Tabel 5.6. Spesifikasi <i>Fan</i> (FN-102) .....	41
Tabel 5.7. Spesifikasi Reaktor (RE-201) .....	42
Tabel 5.8. Spesifikasi <i>Fan</i> (FN-201) .....	43
Tabel 5.9. Spesifikasi <i>Expansion Valve</i> (EV-301).....	43
Tabel 5.10. Spesifikasi <i>Partial Condensor</i> (PC-301) .....	44
Tabel 5.11. Spesifikasi <i>Flash Drum</i> (FD-301).....	45
Tabel 5.12. Spesifikasi <i>Compressor</i> (CP-301).....	46
Tabel 5.13. Spesifikasi <i>Condenser</i> (CD-301) .....	46
Tabel 5.14. Spesifikasi Pompa (PP-302).....	47
Tabel 5.15. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> DME (ST-301) .....	48
Tabel 5.16. Spesifikasi Pompa (PP-301).....	49

Tabel 5.17. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-301).....	49
Tabel 5.18. Spesifikasi Pompa (PP-303).....	50
Tabel 5.19. Spesifikasi <i>Flash Drum</i> (FD-302) .....	51
Tabel 5.20. Spesifikasi Pompa (PP-304).....	52
Tabel 5.21. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301) .....	53
Tabel 5.22. Spesifikasi <i>Fan</i> (FN-304) .....	53
Tabel 5.23. Spesifikasi <i>Condenser</i> (CD-302) .....	54
Tabel 5.24. Spesifikasi <i> Holding Tank</i> (HT-301).....	55
Tabel 5.25. Spesifikasi Pompa (PP-305).....	56
Tabel 5.26. Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401) .....	57
Tabel 5.18. Spesifikasi Tangki Alum (ST-401).....	57
Tabel 5.19. Spesifikasi Tangki Kaporit (ST-402).....	58
Tabel 5.20. Spesifikasi Tangki NaOH (ST-403).....	59
Tabel 5.21. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL-401) .....	60
Tabel 5.22. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401) .....	60
Tabel 5.23. Spesifikasi Tangki Air Filter (ST-404).....	61
Tabel 5.24. Spesifikasi Air Domestik .....	62
Tabel 5.25. Spesifikasi Tangki Air Hidran .....	63
Tabel 5.26. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401).....	64
Tabel 5.27. Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-405) .....	64
Tabel 5.28. Spesifikasi Disperdan (ST-406) .....	65
Tabel 5.29. Spesifikasi <i>Inhibitor</i> (ST-407) .....	66
Tabel 5.30. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401).....	66
Tabel 5.31. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401).....	67

Tabel 5.32. Spesifikasi Deaerator (DE-401) .....	68
Tabel 5.33. Spesifikasi Tangki Air Proses (ST-408) .....	69
Tabel 5.34. Spesifikasi Tangki Kondensat (ST-409).....	69
Tabel 5.35. Spesifikasi <i>Hidrazin</i> (ST-401) .....	70
Tabel 5.36. Spesifikasi Demin Water Tank (ST-411).....	71
Tabel 5.37. Spesifikasi Boiler (B-401) .....	72
Tabel 5.38. Spesifikasi Blower Steam (BL-401) .....	72
Tabel 5.39. Spesifikasi <i>Air Drayer</i> (AD-501).....	73
Tabel 5.40. Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (CP-501) .....	73
Tabel 5.41. Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CY-501) .....	74
Tabel 5.42. Spesifikasi Blower Udara (BL-501) .....	74
Tabel 5.43. Spesifikasi Blower Udara (BL-502) .....	74
Tabel 5.44. Spesifikasi Blower Udara (BL-503) .....	75
Tabel 5.45. Spesifikasi Blower Udara (BL-503) .....	75
Tabel 5.46. Spesifikasi Generator Listrik (GS-401) .....	75
Tabel 5.47. Spesifikasi Tangki BBM (ST-401) .....	76
Tabel 5.48. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401) .....	77
Tabel 5.49. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402) .....	77
Tabel 5.50. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403) .....	78
Tabel 5.51. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404) .....	79
Tabel 5.52. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405) .....	80
Tabel 5.53. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406) .....	81
Tabel 5.54. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407) .....	82
Tabel 5.55. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408) .....	83

Tabel 5.56. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409) .....	84
Tabel 5.57. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410) .....	85
Tabel 5.58. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411) .....	86
Tabel 5.59. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412) .....	87
Tabel 5.60. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-413) .....	88
Tabel 5.61. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-414) .....	89
Tabel 5.62. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-415) .....	89
Tabel 5.63. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416) .....	90
Tabel 5.64. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-417) .....	91
Tabel 5.65. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418) .....	92
Tabel 5.66. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-419) .....	93
Tabel 5.67. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-420) .....	94
Tabel 5.68. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-421) .....	95
Tabel 5.69. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-422) .....	95
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Umum.....	98
Tabel 6.2. Kebutuhan Air untuk Pembangkit <i>Steam</i> .....	99
Tabel 6.3. Kebutuhan Air Pendingin.....	102
Tabel 6.4. Kebutuhan Air Hidrant/Pemadam Kebakaran .....	105
Tabel 6.5. Kebutuhan Air Total .....	106
Tabel 6.6. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian .....	121
Tabel 6.7. Pengendalian Variabel Utama Proses .....	122
Tabel 7.1. Perincian Luas Area Pabrik Dimetileter .....	130
Tabel 8.1. Jadwal Kerja Masing-masing Regu .....	149
Tabel 8.2. Perincian Tingkat Pendidikan .....	150



Tabel 8.3. Jumlah Karyawan.....	152
Tabel 8.4. Sistem Gaji Karyawan .....	153
Tabel 9.1. <i>Direct Cost</i> .....	178
Tabel 9.2. <i>Indirect Cost</i> .....	179
Tabel 9.3. <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i> .....	180
Tabel 9.3. <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i> .....	180
Tabel 9.3. <i>General Expanse</i> .....	181
Tabel 9.4. DCF dan NPV .....	184

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
Gambar 1.1. Kurva Impor Dimetileter (DME) di Indonesia .....	7
Gambar 2.1. Blok Diagram Pembuatan DME dengan Poses Direct Syntesis .....	12
Gambar 2.2. Blok Diagram Pembuatan DME dengan Poses Indirect Syntesis .....	13
Gambar 6.1. Diagram <i>Cooling Water Systems</i> .....	105
Gambar 7.1 Peta Lokasi Pabrik Dimetileter (DME) .....	121
Gambar 7.2. Tata Letak Pabrik .....	131
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan .....	165
Gambar 9.1. Kurva <i>Break Event Point</i> dan <i>Shut Down Point</i> .....	182
Gambar 9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> Metode DCF .....	184

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara dengan pertumbuhan penduduknya yang sangat pesat. Laju pertumbuhan penduduk Indonesia yang sangat besar mengakibatkan tingkat konsumsi akan bahan bakar juga semakin meningkat. Sebagian besar bahan bakar di Indonesia berasal dari minyak bumi, namun cadangan minyak bumi di Indonesia dari tahun ke tahun semakin menipis dan diperkirakan beberapa tahun lagi akan menjadi *net importer* minyak. Oleh karena itu, Indonesia berusaha semaksimal mungkin untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan memanfaatkan gas sebagai bahan bakar minyak. Salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak adalah dimetil eter (DME).

Dimetil eter (DME) adalah senyawa organik ester dengan rumus kimia  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ . Nama lain dimetil eter adalah *methyl ether* atau *methyl oxide*. Pada keadaan normal (suhu dan tekanan lingkungan) dimetil eter berwujud gas, sedangkan pada tekanan tinggi dimetil eter berwujud cair. Secara fisik, DME

dalam wujud gas merupakan gas yang tidak berwarna, tidak beracun, dan tidak berbau. Selain itu, DME dalam wujud gas bila dibiarkan di udara bebas tidak membentuk senyawa peroksida, sehingga tidak mengakibatkan efek rumah kaca.

Dimetil eter (DME) merupakan bahan aditif yang baik dan tidak menimbulkan korosi pada logam. Dimetil eter (DME) digunakan sebagai *intermediate* dalam industri kimia yaitu seperti pada industri dimetil sulfat ((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), dimetil sulfit (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>S), asam asetat (CH<sub>3</sub>COOH) dan formaldehid (CH<sub>2</sub>O). Selain itu, DME digunakan sebagai *aerosol propellant* untuk industri kosmetik, industri obat nyamuk, serta untuk *aerosol propellant* pada industri cat karena tidak menimbulkan racun, lebih ramah lingkungan serta mudah ditransportasikan dan disimpan (International DME Association, 2005). Dimetil eter (DME) merupakan bahan bakar ramah lingkungan sebagai alternatif untuk menggantikan bahan bakar diesel dan LPG. DME memiliki sifat yang serupa dengan LPG, sehingga dapat langsung digunakan sebagai sumber energi peralatan rumah tangga, pengemasan dan pendistribusiannya mudah. Saat ini penggunaan DME sangat prospektif sebagai bahan aditif yang ditambahkan ke minyak solar untuk kendaraan diesel karena kemampuannya dalam meningkatkan *cetane number*. Selain itu DME juga menghasilkan asap yang sedikit dan juga tidak menimbulkan suara yang bising pada mesin kendaraan diesel.

Beberapa penggunaan DME saat ini beserta persentasenya.

**Tabel 1.1 Aplikasi Dimetileter**

<b>Aplikasi Dalam Berbagai Produk</b>	<b>Pemakaian</b>
<i>Hair spray</i>	48%
<i>Spray paint</i>	6%
Insektisida	6%
Zat adesi	5%
<i>Feedstocks</i>	31%
Bahan perekat	5%

Pabrik pembuatan dimetil eter (DME) yang telah ada di Indonesia dikelola oleh PT. Bumi Tangerang Gas Industri dan sebagian masih di impor dari Amerika Serikat, Jepang, China, Inggris, dan Taiwan (Deperin, 2006). Oleh karena itu, perlu didirikan pabrik DME di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan DME dalam negeri.

Dengan didirikannya pabrik dimetil eter (DME) di Indonesia diharapkan mampu memberikan keuntungan-keuntungan sebagai berikut:

- a. Menambah sumber devisa negara
 

Orientasi pemenuhan produk agar DME dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri, sehingga mengurangi ketergantungan impor.
- b. Membuka lapangan kerja baru dalam dan pemerataan perekonomian masyarakat Indonesia.
- c. Dapat membuka peluang bagi berdirinya industri lain yang menggunakan DME sebagai bahan baku.
- d. Menghemat cadangan minyak bumi di Indonesia

## 1.2 Kegunaan Produk

Dimetil eter (DME) banyak digunakan dalam industri kimia antara lain :

- a. Sebagai *aerosol propellant*.
- b. Sebagai bahan bakar ramah lingkungan untuk menggantikan bahan bakar diesel dan LPG.
- c. Sebagai *intermediate* dalam industri kimia yaitu seperti pada industri dimetil sulfat, dimetil sulfit, asam asetat dan formaldehid.
- d. Zat aditif pada bahan bakar untuk mesin diesel karena memiliki volatilitas dan *cetane number* yang tinggi.

## 1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Pada pembuatan dimetil eter (DME) ini, digunakan bahan baku berupa metanol. Metanol yang digunakan sebagai bahan baku utama berasal dari PT. Kaltim Methanol Industry di Bontang, Kalimantan Timur dengan kapasitas produksi 660.000 ton per tahun. Dengan demikian ketersediaan bahan baku tidak menjadi masalah karena cukup tersedia dan mudah diperoleh.

## 1.4 Analisa Pasar

### 1.4.1 Harga Bahan Baku dan Produk

Berikut ini perbandingan harga bahan baku dan harga dimetil eter (DME) pada tahun-tahun terakhir.

**Tabel 1.2 Harga Bahan Baku dan Produk**

<b>Jenis</b>	<b>Harga (Rp)</b>
Dimetil eter (DME)	35.567, /kg
Metanol	6.133,88/kg
Katalis Alumina silika ( $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	20.913,69/kg

Sumber : [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)

#### 1.4.2 Kebutuhan Pasar

Kebutuhan dimetil eter (DME) di Indonesia selama ini bersumber dari dalam negeri dan luar negeri (impor), namun sebagian besar dipenuhi dengan mengimpor dari negara-negara lain. Jumlah impor dimetil eter (DME) di Indonesia pada beberapa tahun terakhir adalah sebagai berikut.

**Tabel 1.3 Data Import Dimetil Eter (DME) di Indonesia**

<b>Tahun</b>	<b>Impor (Ton/Tahun)</b>
2012	6.054,347
2013	6.369,689
2014	6.865,375
2015	7.754,129
2016	9.003,478

Sumber : Badan Pusat Statistik 2017

Di Indonesia pabrik dimetil eter (DME) hanya dikelola oleh PT. Bumi Tangerang Gas Industri dengan kapasitas produksi 3000 ton per tahun, sehingga untuk memenuhi kebutuhan DME dalam negeri diperoleh dari impor. Dari data di atas, dengan menggunakan pendekatan regresi linier diperkirakan pada tahun 2023 kebutuhan impor DME di Indonesia adalah sebesar 13.765 ton per tahun. Sehingga kapasitas pabrik pembuatan DME ini direncanakan adalah sebesar 15.000 ton per tahun sehingga dapat memenuhi kebutuhan di Indonesia dan jika berlebih akan di ekspor ke negara yang membutuhkan.

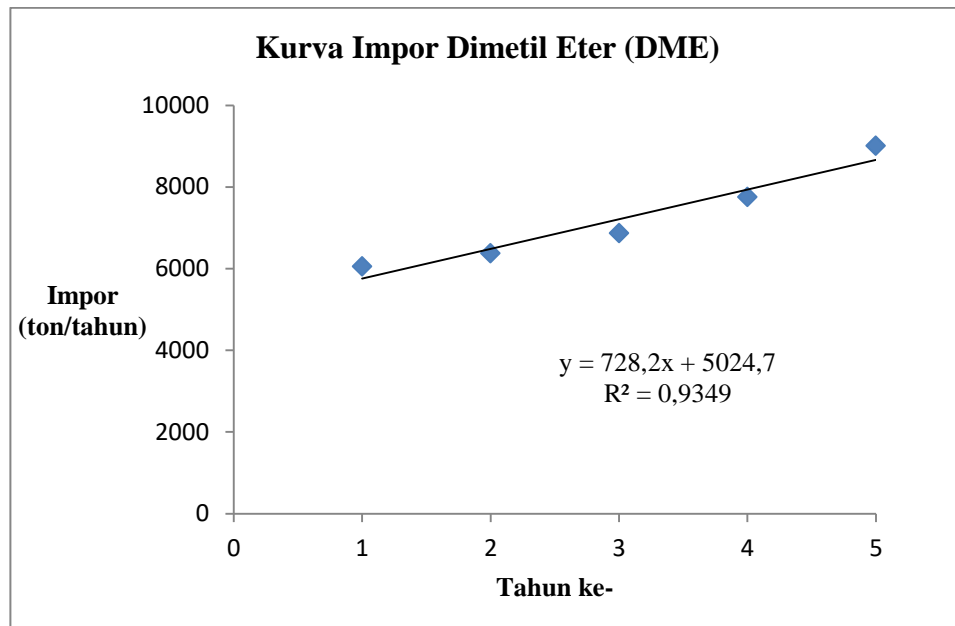
## **1.5 Kapasitas Perancangan**

Kapasitas produksi dapat diartikan sebagai jumlah maksimum produk yang dapat diproduksi dalam satuan waktu tertentu. Pabrik akan berusaha untuk mendapatkan kapasitas produksi optimum yang direncanakan yaitu sebesar dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

### **1.5.1 Impor Dimetil Eter(DME) di Indonesia**

Kebutuhan impor dimetil eter (DME) di Indonesia setiap tahunnya selalu mengalami kenaikan, hal tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.3 (hal 5). Jika data pada Tabel 1. diplotkan, maka didapatkan kurva seperti berikut ini :





**Gambar 1.1** Kurva Impor Dimetil Eter (DME) di Indonesia

Dari Gambar 1.1 dapat diperoleh kebutuhan impor dimetil eter (DME) dengan menghitung menggunakan metode linier yaitu sebagai berikut :

$$y = 728,2 x + 5024,7$$

Dari persamaan diatas diketahui bahwa kebutuhan impor dimetil eter (DME) di Indonesia tahun 2023 (tahun ke-12) adalah :

$$y = 728,2 x + 5024,7$$

$$y = 728,2 (12) + 5024,7$$

$$y = 8738,4$$

$$y = 13.765 \text{ ton per tahun}$$

Berdasarkan persamaan diatas, impor dimetil eter (DME) tahun 2023 diperkirakan mencapai 13.765 ton per tahun. Sehingga kapasitas pabrik pembuatan DME ini direncanakan adalah sebesar 15.000 ton per tahun sehingga dapat memenuhi kebutuhan di Indonesia dan jika berlebih akan di ekspor ke negara yang membutuhkan.

## **1.6 Lokasi Pabrik**

Pemilihan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting, sehingga dilakukan perhitungan yang baik dan sesuai, secara ekonomis dan teknis, tanpa mengabaikan keadaan sosial dan kemungkinan dimasa mendatang. Pabrik dimetil eter (DME) akan dibangun di daerah Sebulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur.

Dasar Pertimbangan utama yang diambil dalam pemilihan lokasi pabrik adalah :

### **1. Bahan baku**

Beroperasinya suatu pabrik sangat tergantung pada ketersediaan bahan baku. Oleh karena, itu bahan baku sangat penting dalam pengoperasian pabrik. Jarak antara tempat produksi dengan sumber bahan baku sangat mempengaruhi keuntungan perusahaan, terutama dari segi biaya. Oleh karena itu, sebaiknya pabrik didirikan dekat dengan sumber bahan baku supaya dapat menghemat biaya transportasi, mengurangi resiko terjadinya kerusakan bahan baku dan lebih terjangkau dalam mengendalikan keamanannya, sehingga proses produksi akan lancar. Pabrik dimetil eter (DME) menggunakan bahan baku utama yaitu metanol. Metanol diperoleh

dari PT. Kaltim Methanol Industry (KMI) yang berlokasi di Bontang, Kalimantan Timur dengan kapasitas produksi sebesar 660.000 ton per tahun.

## 2. Pemasaran Produk

Pemasaran produk dimetil eter (DME) direncanakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

## 3. Transportasi

Sarana transportasi darat yang memadai dan dekat dengan sumber bahan baku serta terletak didekat sungai, sehingga dapat dibangun suatu pelabuhan untuk pemasaran produk dapat berlangsung dengan mudah.

## 4. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan hal yang cukup penting untuk menunjang kelancaran proses produksi. Tenaga kerja yang dibutuhkan adalah tenaga kerja yang berpendidikan menengah atau kejuruan. Penyediaan tenaga kerja diperoleh dari Kalimantan Timur dan juga menarik tenaga kerja dari luar daerah, sehingga dalam perekrutan tenaga kerja tidak mengalami kendala.

## 5. Utilitas

Sarana-sarana pendukung seperti ketersediaan air, listrik, dan sarana pendukung lainnya perlu diperhatikan, sehingga proses produksi dapat berjalan dengan baik. Kebutuhan tenaga listrik diperoleh dari generator pembangkit listrik di pabrik. Kebutuhan air dapat diperoleh dari air sungai mahakam dan kebutuhan bahan bakar dapat diperoleh dari PT. Pertamina setempat.

## 6. Letak Geografis

Daerah Kalimantan merupakan daerah yang tidak berpotensi gempa. Iklimnya tropis tidak banyak hujan, sehingga tidak banyak mengganggu proses yang ada di dalam pabrik. Selain itu, daerah tersebut bukan termasuk daerah dengan tingkat kesuburan tinggi, sehingga tidak mengganggu lahan pertanian.

#### 7. Sosial Masyarakat

Pembangunan pabrik ini tidak akan mengganggu kehidupan masyarakat lingkungan sekitar, karena daerah yang dipilih merupakan daerah kawasan industri. Selain itu kegiatan ekonomi, sosial kemasyarakatan dan hukum di Sebulu, Kalimantan Timur sudah cukup stabil, sehingga perizinan tentang pendirian pabrik dan pelaksanaannya relatif mudah.

#### 8. Kebijakan Pemerintah

Pendirian pabrik perlu mempertimbangkan beberapa faktor kepentingan yang terkait kebijaksanaan pengembangan industri dengan pemerataan kesempatan kerja, kesejahteraan, dan hasil-hasil pembangunan. Daerah Sebulu merupakan kawasan industri, sehingga keberadaan pabrik tersebut tidak mengganggu atau merusak lingkungannya.

## **BAB X**

### **SIMPULAN**

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Prarancangan Pabrik Dimetileter dari Metanol dengan Kapasitas 15.000 ton per tahun layak untuk dikaji lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. 2018. Tersedia di <http://m.indonesia.alibaba.com/amp/pdetail/50034394675.html> . Diakses Tanggal 9 Oktober 2018.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Statistic Indonesia*. Diakses melalui [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). pada 10 September 2018.
- Badan Pusat Statistik. 2019. Rata-rata Harian Aliran Sungai, Tinggi Aliran, dan Volume Air di Beberapa Sungai yang Daerah Pengalirannya Lebih dari 100 km<sup>2</sup>. Diakses melalui [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). pada 18 Januari 2019.
- Bank Indonesia. 2019. *Nilai Kurs*. Diakses melalui [www.bi.go.id](http://www.bi.go.id). pada 18 April 2019.
- Brown, G.G., 1978, *Unit Operation*, John Willey and Sons Inc., New York.
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, *Process Equipment Design*, John Willey and Sons Inc., New York.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1989, *Chemical Engineering*, Vol 6, Pergamon Press, Oxford.
- Departemen Perindustrian, 2006, *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia, Impor Menurut Jenis Barang dan Negara Asal*, Jakarta

Evans, F. L. Jr., 1971, *Equipment Design Handbook for Refineries and Chemical Plant*, Volume 2, Book Division Gulf Publishing, Houston, Texas.

Fogler, H. Scott., 1999, *Elements of Chemical Reaction Engineering*, 3<sup>rd</sup> editions, Prentice Hall PTR Inc., New Jersey.

Gajimu.com/Garmen. Tersedia di

<http://gajimu.com/gaji-minimum/ump-umk-kaltim>. Diakses Tanggal 9 Februari 2019.

Geankoplis, Christie. J., 1993, *Transport Processes Unit Operation*, Prentice-Hall International Inc.

Google Map. [www.gogle.co.id/maps/place/sebulukalimantantimur](http://www.gogle.co.id/maps/place/sebulukalimantantimur) .

Diakses Pada Tanggal 12 Februari 2019 Pukul 19.46 wib.

Kern, D.Q., 1965, *Process Heat Transfer*, McGraw Hill Book Company Inc., New York.

Levenspiel, Octave., 1972, *Chemical Reaction Engineering*, 2<sup>nd</sup> ed., John Wiley and Sons, Inc., Canada.

Matches, 2014. *Matches' Process Equipment Cost Estimates*.

<http://www.matche.com/equipcost/default.html>. Diakses 15 Januari 2019

Megyesy, Eugene F., 1983, *Pressure Vessel Handbook*, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc.

Mulder, Marcel., 1996, *Basic Principle of Membrane Technology*, 2<sup>nd</sup> ed. Kluwer Academic Publisher., Netherlands.

Perry, R.H., and Green, D.W., 1997, *Perry's Chemical Engineers Hand Book*, 7<sup>th</sup> ed. Mc Graw Hill., Singapore.

- Peter, M.S., and Timmerhouse K.D., 1981, *Plants Design and Economics for Chemical Engineers*, 3<sup>rd</sup> ed. McGraw Hill, Kogakusha Ltd.Tokyo.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., Abbott M., 1997, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 6<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill, New York.
- Smith, J.M., 1981, "Chemical Engineering Knetics ", Third Edition, Mc Graw Hill, Singapore.
- Treybal, R.E., 1981, *Mass Transfer Operation*, 3<sup>rd</sup> ed., McGraw Hill. Kogakusha Ltd, Tokyo.
- Ulrich, G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, John Willey and Sons, New York.
- Wallas, M.W., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth-Heinnemann Inc., New York.