

**PRARANCANGAN PABRIK ETILENA DARI GAS ALAM
KAPASITAS 250.000 TON/TAHUN**

Tugas Khusus Perancangan *Column Distillation* (CD-302)

(Skripsi)

Oleh

ANGGUN LESTARI



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2020**

ABSTRACT

MANUFACTURING OF ETHYLENE (C₂H₄) FROM NATURAL GAS WITH CAPACITY 250.000 TONS/YEAR Design of *Distillaton Column* (DC-302)

By

Anggun Lestari

Etilena is one of the chemical industry products used as raw material for chemical industry, some examples of chemical produced from ethylene is LDPE, LLDPE and HDPE. Ethylene can be produced with several processes namely 1) Dehidrasi Etanol, 2) Thermal Cracking. On the Manufacturing of Ethylene was selected Thermal Cracking process that is more profitable in terms of economics and thermodynamics than other processes.

This Plant is meant to produce 250.000 tons/year with operation time 24 hours/day and 330 days on a year. This Plant is planned to be built in Kalimantan Timur, Muara Badak Ulu. The bussines entity form of this plant is Limited Liability Company (Ltd) using line and staff organizational structure with 163 labors.

From the economic analysis, it is obtained that :

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp3.987.274.543.449,88
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 996.818.635.862,47
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 56,15%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 22,19%
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,66 years
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 22,02%

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

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK ETILENA (C₂H₄) DARI GAS ALAM, DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 250.000 TON/TAHUN *Perancangan Distillation Column (DC-302)*

Oleh

Anggun Lestari

Etilena merupakan salah satu produk industri kimia, beberapa contoh bahan kimia yang dihasilkan dari etilena yaitu polietilena densitas rendah, polietilena densitas linier rendah dan polietilena den sitastinggi (LDPE, LLDPE dan HDPE). Etilena dapat di produksi dengan beberapa proses yaitu 1) *Dehidrasi Etanol*, 2) *Thermal Cracking*. Dalam Pra-Rancangan Pabrik Etilena ini dipilih proses *Thermal Cracking* yang lebih menguntungkan dari segi ekonomi dan termodinamika dibandingkan proses lainnya.

Kapasitas produksi pabrik direncanakan 250.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di di kawasan industri Kalimantan Timur, tepatnya di daerah Muara Badak Ulu. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 163 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Presiden Direktur yang dibantu oleh *Corporate Secretary* dan *Senior Advisor*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp3.987.274.543.449,88
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 996.818.635.862,47
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 56,15%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 22,19%
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,66 years
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 22,02%

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

**PRARANCANGAN PABRIK ETILENA DARI GAS ALAM
KAPASITAS 250.000 TON/TAHUN**

Tugas Khusus Perancangan *Column Distillation* (CD-302)

Oleh

ANGGUN LESTARI

(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
2020**

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK ETILENA
(C₂H₄) DARI GAS ALAM DENGAN
KAPASITAS 250.000 TON/TAHUN
(Prarancangan *Column Distillation*
(CD-302))**

Nama Mahasiswa : **Anggun Lestari**

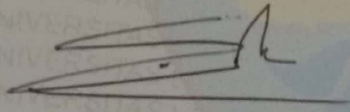
Nomor Pokok Mahasiswa : 1315041011

Program Studi : Teknik Kimia

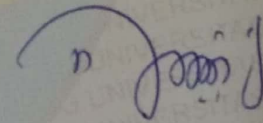
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

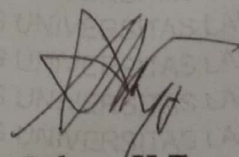


Edwin Azwar, S.T., M.T.A., Ph.D.
NIP 19690923 199903 1 002



Dr. Eng. Dewi A. Iryani, S.T., M.T.
NIP 19720825 200003 2 001

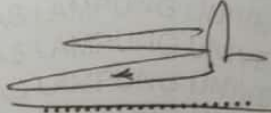
2. Ketua Jurusan Teknik Kimia

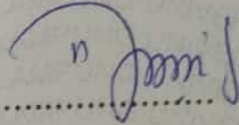


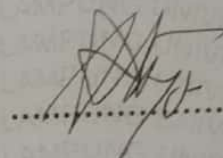
Ir. Azhar, M.T.
NIP 19660401 199501 1 001

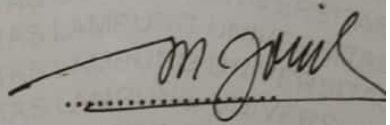
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Edwin Azwar, S.T., M.T.A., Ph.D.** 

Sekretaris : **Dr. Eng. Dewi A. Iryani, S.T., M.T.** 

Penguji
Bukan Pembimbing : **Ir. Azhar, M.T.** 

Muhammad Hanif, S.T., M.T. 

2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **13 Januari 2020**

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, 31 Januari 2020



Anggun Lestari

NPM. 1315041011

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 24 April 1995, sebagai putri kedua dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Karsiwan dan Ibu Sri Apriyanti. Penulis telah menyelesaikan pendidikan sebelumnya di Sekolah Dasar Negeri (SDN) 2 Rajabasa Bandar Lampung pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 22 Bandar Lampung pada tahun 2010, dan Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 5 Bandar Lampung pada tahun 2013.

Pada tahun 2013, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) 2013.

Pada tahun 2017 penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Jumlah *Seed* Pada Sintesis *ZSM-5* Dengan Metode *Seeding*” yang dilakukan Laboratorium Kimia Terapan Teknik Kimia Universitas Lampung pada bulan Juni-Juli dan dilanjutkan di Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) Serpong pada bulan November 2017.

Selain itu pada Agustus 2017, penulis melakukan Kerja Praktik di PT. *South Pacific Viscouse*, Purwakarta, Jawa Barat dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja Pulper pada Line 4”.

Pada Maret 2019, penulis berhasil mempublikasikan penelitian yang berjudul “*Effect Seed Amounts of the Synthesis Zeolite ZSM-5 Using Coal Bottom Ash and Rice Husk as Sources of Silica and Alumina by using Seeding Method*” di *Journal Material Science Forum* Vol.948 dengan Nomor ISBN : 1662-9752, Vol.948 pp 9-13.

Selanjutnya, Selama kuliah penulis aktif dalam berbagai organisasi kemahasiswaan diantaranya, Forum Silaturahmi & Studi Islam (FOSSI) Fakultas Teknik Universitas Lampung pada periode 2014-2015 sebagai Bendahara Umum FOSSI Fakultas Teknik Universitas Lampung, pada periode 2015-2016 sebagai Sekretaris Departemen Kajian dan Syiar Islam (KSI) FOSSI Fakultas Teknik Universitas Lampung. Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) Fakultas Teknik Universitas Lampung pada periode 2014-2015 sebagai Staff Departemen Kerohanian Himatemia Fakultas Teknik Universitas Lampung, pada periode 2015-2016 sebagai Sekretaris Divisi Islam Himatemia Fakultas Teknik Universitas Lampung. Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas Teknik Universitas Lampung pada periode 2016/2017 sebagai Sekretaris Dinas Kesekretariatan BEM Fakultas Teknik Universitas Lampung.

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

Motto Dan Persembahan

*”Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”
(Qs. Al-Baqarah : 286)*

*”Sesungguhnya Allah akan meningkatkan beberapa derajat orang - orang yang beriman diantaramu dan orang – orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”
(Qs. Al-Mujadalah : 11)*

*“Yakinlah, ada sesuatu yang menanti selepas banyak kesabaran yang dijalani, hingga kau lupa betapa pedihnya rasa sakit”
(Ali bin Abi Thalib)*

*“Pilihlah jalan mendaki karena itu akan menghantarkan kita ke puncak-puncak baru.”
(Anies Baswedan)*

“Bukan tugas kita menghakimi takdir, menggerutui kekalahan, atau bersedih di atas kegagalan. Teruslah beramal, mengukir ikhtiar dan bergerak dalam kebaikan.

Bukankah seseorang akan dimudahkan untuk mendapatkan sesuatu yang telah ditakdirkan untuknya. Maka berbaik-sangkalah, karena tidak akan hilang rezeki yang sudah digariskan, karena hanya yang terbaiklah yang akan Allah berikan.”

(Dewi Nur Aisyah)

“Doamu yang mana, usahamu yang seberapa. Kau tak pernah tau mana yang akan membuahkan hasil. Tugasmu, satu diantara keduanya maka perbanyaklah.”

(Anonim)

“Hidup Ini Seperti Sepeda, Agar Tetap Seimbang, Kau Harus Tetap Bergerak”

(Albert Einstein)

“Jika salah perbaiki, jika gagal coba lagi, tetapi jika kamu menyerah maka semuanya selesai.”

(Anonim)

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.*

*Suamiku, atas cinta, kasih sayang, doa dan semangat yang diberikan
selama ini.*

*Kakakku atas segalanya, kasih sayang, semangat dan doa yang
diberikan.*

*Mba dan Adikku, atas semangat dan doa yang tiada henti
dihaturkan.*

*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.*

Mereka lah motivator dan pemberi 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 ini dengan judul “Prarancangan Pabrik Etilena (C_2H_4) dari Gas Alam dengan Kapasitas 250.000 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. Orang tuaku tercinta, Mama dan Papa terima kasih atas doa, pengorbanan, cinta dan kasih sayang yang selalu mengiringi disetiap langkahku. Terima kasih atas semangat dan dukungan yang diberikan selama ini baik secara moril maupun material yang tidak akan pernah terbalaskan oleh penulis, juga terima kasih atas kesabaran mama dan papa untuk menyaksikan putrinya menjadi seorang sarjana.
2. Bapak Edwin Azwar, S.T. M.TA. P.hD selaku Dosen Pembimbing I, atas semua ilmu, saran, masukan dan pengertiannya dalam penyelesaian tugas akhir.

3. Ibu Dr. Eng Dewi A. Iryani S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan pengarahan, masukan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
4. Bapak Ir. Azhar, M.T.. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung dan Dosen Penguji I, yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat membangun dalam pengerjaan Tugas Akhir,
5. Bapak Muhammad Hanif S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II, yang telah memberikan saran dan kritik, juga selaku dosen atas semua ilmu yang telah penulis dapatkan.
6. Bapak Donny Lesmana, S.T. M.Sc selaku dosen pembimbing akademik yang selama ini memberikan bimbingan serta arahan dalam perkuliahan di Teknik Kimia, Universitas Lampung.
7. Ibu Simparmin Br. Ginting S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing Penelitian dan Kerja Praktek yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penulis melakukan penelitian dan kerja praktek, serta saran dan kritik yang sangat membangun juga semangat kepada penulis dalam perkuliahan di Teknik Kimia, Universitas Lampung.
8. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
9. Kakakku, Joelisca Saputra atas doa dan semangat, serta dukungan dan arahan yang diberikan selama penulis menjalankan kehidupan didunia Kampus juga atas keyakinan dan pengertiannya bahwa penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini di waktu yang tepat. Terima kasih telah menjadi contoh terbaik di

keluarga. Serta terima kasih atas bantuan yang diberikan baik secara moril maupun material kepada penulis.

10. Suamiku, Mas Restu Prayudi yang telah datang kembali untuk menggenapi cerita, membersamai juga manjadi saksi perjuangan diakhir-akhir masa kampus. Terima kasih atas keyakinan yang selalu diberikan bahwa penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini secara tuntas. Terima kasih atas doa dan dukungan yang diberikan, serta semangat yang tidak ada habisnya yang diberikan kepada penulis. Juga terima kasih telah menjadi inspirasi penulis dalam menjalankan dunia kampus.
11. Mba dan adikku, Mba Feni Ismiyati dan Amanda Septiana yang selalu mendoakan dan mendukung penulis agar penulis terus semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Keponakanku, Muhammad Hafiz Arrafif yang telah hadir didunia diakhir-akhir masa perjuangan kampus sebagai penghibur dikala penulis merasakan kejenuhan.
13. Ibu dan bapak, terima kasih atas doa, semangat, serta keyakinan yang diberikan kepada penulis bahwa penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
14. Mas, dan Mba, serta para keponakan-keponakan baruku, terima kasih atas semangat dan doa yang diberikan serta membersamai juga menjadi saksi penulis diakhir-akhir masa perjuangan kampus.
15. Partnerku, Mba Nurul Desfajaya terima kasih telah menjadi *Partner* tugas akhir yang baik juga begitu sabar dalam berjuang bersama-sama menyelesaikan tugas akhir ini bab demi bab hingga akhirnya tugas akhir kita

dapat terselesaikan dengan baik. Semoga kita bisa menjadi orang yang sukses baik di dunia maupun akhirat kelak.

16. Sahabat terbaikku, Diah Ayu Larasati atas doa, dukungan, dan tempat berbagi cerita maupun keluh kesah sejak SMA, awal masa perkuliahan hingga menjadi saksi dalam cerita perjuangan menyelesaikan tugas akhir ini.
17. Sahabatku, Nurhasanah terima kasih telah menjadi partner ngedraft di berbagai tempat, juga selalu menjadi tim sukses disetiap seminar penulis.
18. Teman-teman lingkaran yang selalu mendoakan dan tidak hentinya memberi semangat kepada penulis.
19. Mba Reni Rukma, Mba Ulfa, Mba Ade, Mba Wahyu, Endah Kurnia, Ani Lailia, Wanda Gustina, Nita Pitasari, Selviana Wahyudi, Arini, Izma Yanti, dan teman-teman serta adik-adik FOSSI FT lainnya yang telah memberikan warna yang berbeda selama penulis menjalankan kehidupan di Fakultas Teknik ini semua mengharu biru dalam ukhuwah dan doa.
20. Teman-teman harian karkun dan makan bersamaku: Rantiana, Kiki Fatmala, Eka Nanda, Gracelia, Della Inestia, Amalia, dll yang telah mengisi hari-hari dengan kebersamaan dalam suka dan duka dikarkun, saling mendukung dan menyemangati satu sama lain.
21. Murabbiahku, terima kasih atas doa dan semangat yang telah umi berikan serta memberikan contoh akhlak dan ilmu terbaik untuk menjadi ummatnya Rasulullah SAW dan mengajarkan senantiasa syukur dan sabar kepada Allah SWT.

22. Teman-teman seperjuangan Angkatan 2013, Indah, Lela, Anggi, Soraya, Pia, Ade, Fida, Rini, Ancas, Cindy, Siti, Liza, Hilda, Yeni, Siska, Atika, Mawin, Jijim, Agus, Andri, Yogi, Rohmat, Alib, Heru, Guntur, Yuda, dan Anggita.
23. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Allah membalas semua kebaikan mereka terhadap penulis dan semoga tugas akhir ini bermanfaat.

Bandar Lampung, 31 Januari 2020

Penulis,

Anggun Lestari

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xv
I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Kegunaan Produk	2
1.3. Ketersediaan Bahan Baku	4
1.4. Analisis Pasar	4
1.4.1. Data Impor	4
1.4.2. Data Ekspor	6
1.4.3. Data Kebutuhan	7
1.4.4. Data Produksi	8
1.4.5. Kapasitas Rancangan	9
1.5. Lokasi Pabrik	10
II PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES	
2.1. Jenis-jenis Proses	14
2.1.1 Proses Dehidrasi Etanol	14

2.1.2 Proses Perekahan dengan Panas (<i>Thermal Cracking</i>)	15
2.2. Pemilihan Proses	17
2.2.1 Berdasarkan Tinjauan Ekonomi	
a. Proses Dehidrasi Etanol	17
b. Proses <i>Thermal Cracking</i>	19
1. Berdasarkan Tinjauan Termodinamika	
a. Proses Dehidrasi Etanol	27
b. Proses <i>Thermal Cracking</i>	28
2.3. Tinjauan Kinetika	31
1. Kinetika Propana menjadi Ethylene	31
2. Kinetika Etana menjadi Ethylene	31
2.4. Uraian Proses	32

III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	36
a. Spesifikasi Bahan Baku	36
b. Spesifikasi Produk	37

IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

1.1. Neraca Massa	41
1.2. Neraca Panas	50

V SPESIFIKASI PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

5.1. Peralatan Proses	58
-----------------------------	----

VI UTILITAS

6.1 Unit Penyediaan Air	88
-------------------------------	----

6.2	Sistem Pembangkit Tenaga Listrik	95
6.3	Laboratorium	96
6.5	Instrumentasi dan Pengendalian Proses	99

VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK

7.1.	Lokasi Pabrik	102
7.2	Tata Letak Pabrik	105
7.3	Estimasi Area Lingkungan	106

VIII SISTEM MANAGEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN

8.1.	Bentuk Perusahaan	109
8.2	Struktur Organisasi Perusahaan	112
8.3	Status Karyawan Dan Sistem Penggajian	115
8.4	Pembagian Jam Kerja Karyawan	116
8.5	Penggolongan Jabatan Dan Jumlah Karyawan	118
8.6	Perincian Jumlah Karyawan	119
8.7	Penggolongan dan Gaji	121
8.8	Kesejahteraan Karyawan	123
8.9	Manajemen Produksi.....	128

IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1	Investasi	132
1.	<i>Fixed Capital Investment</i>	132
2.	<i>Working Capital Investment</i> (Modal Kerja)	133
3.	<i>Total Production Cost</i> (TPC)	134
9.2	Evaluasi Ekonomi	136
1.	<i>Return On Investment</i> (ROI)	136

2. <i>Pay Out Time (POT)</i>	137
3. <i>Break Even Point (BEP)</i>	138
4. <i>Shut Down Point (SDP)</i>	138
9.3 <i>Angsuran Pinjaman</i>	139
9.4 <i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	139

X SIMPULAN DAN SARAN

10.1. <i>Simpulan</i>	141
10.2. <i>Saran</i>	142

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA

LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA PANAS

LAMPIRAN C PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN PROSES

LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITAS

LAMPIRAN E PERHITUNGAN EKONOMI

LAMPIRAN F TUGAS KHUSUS PERANCANGAN MENARA DISTILASI

(DC-302)

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Spesifikasi Kondensat PT.Tangguh LNG.....	4
Tabel 1.2. Data Impor <i>Ethylene</i> di Indonesia.....	5
Tabel 1.3. Data Ekspor <i>Ethylene</i>	6
Tabel 1.4. Data Kebutuhan <i>Ethylene</i> di Indonesia.....	7
Tabel 1.5. Data Kebutuhan <i>Ethylene</i> di Indonesia.....	8
Tabel 1.5. Data Kebutuhan <i>Ethylene</i> di Indonesia.....	8
Tabel 1.6. Data pabrik <i>ethylene</i> di beberapa Negara	9
Tabel 2.1. Daftar harga bahan dan produk pada proses dehidrasi Etanol	18
Tabel 2.2. Berat Molekul	20
Tabel 2.3. Tabel Harga Bahan Baku dan Produk.....	24
Tabel 2.4. Nilai H_{f298}° dan G_{f298}°	27
Tabel 2.5. Nilai H_{f298}° dan G_{f298}°	28
Tabel 2.6. Pemilihan Proses Pembuatan <i>Ethylene</i>	30
Tabel 4.1. Neraca Massa Mix Point (MP-101)	42
Tabel 4.2. Neraca Massa Vaporizer (VP-101)	42
Tabel 4.3. Neraca Massa Absorber (AB-101).....	43
Tabel 4.4. Neraca Massa Reaktor Furnace (RE-201).....	44
Tabel 4.5. Neraca Massa Quench Tower (Q-201).....	44
Tabel 4.6. Neraca Massa Gas Liquid Separator (GLS-301)	45

Tabel 4.7. Neraca Massa <i>De-methanizer</i> (DC-301)	45
Tabel 4.8. Neraca Massa <i>Kondensor De-Methanizer</i> (CD-301).....	46
Tabel 4.9. Neraca Massa Reboiler <i>De-Methanizer</i> (RB-301).....	46
Tabel 4.10. Neraca Massa <i>De-ethanizer</i> (DC-302).....	47
Tabel 4.11. Neraca Massa <i>Kondensor De-ethanizer</i> (CD-302)	47
Tabel 4.12. Neraca Massa Reboiler <i>De-ethanizer</i> (RB-302)	47
Tabel 4.13. Neraca Massa <i>De-propylene</i> (DC-303).....	48
Tabel 4.14. Neraca Massa <i>Kondensor De-propylene</i> (DC-303)	48
Tabel 4.15. Neraca Massa Reboiler <i>De-propylene</i> (RB-303)	49
Tabel 4.16. Neraca Massa Distilasi <i>De-propanizer</i> (RB-304).....	49
Tabel 4.17. Neraca Massa <i>Kondensor De-propanizer</i> (CD-304).....	49
Tabel 4.18. Neraca Massa Reboiler <i>De-propanizer</i> (RB-304).....	50
Tabel 4.19. Neraca Panas Mix Point (MP-101)	50
Tabel 4.20. Neraca Energi Expansion Valve (EV-101)	51
Tabel 4.21. Neraca Energi Vaporizer (VP-101).....	51
Tabel 4.22. Neraca Energi Heater (E-101).....	51
Tabel 4.23. Neraca Energi Absorber (AB-101)	52
Tabel 4.24. Neraca Energi Heater (E-102).....	52
Tabel 4.25. Neraca Energi <i>Compressor</i> (CP-101)	52
Tabel 4.26. Neraca Energi Reaktor Furnace (RE-101)	53
Tabel 4.27. Neraca Energi Quench Tower (Q-201)	53
Tabel 4.28. Neraca Energi Expansion Valve (EV-301)	53
Tabel 4.29. Neraca Energi Cooler (C-301)	54
Tabel 4.30. Neraca Energi Gas Liquid Separator (GLS-301)	54

Tabel 4.31. Neraca Energi Distilasi <i>Heater</i> (E-301)	54
Tabel 4.32. Neraca Energi Distilasi <i>De-methanzer</i> (DC-301)	55
Tabel 4.33. Neraca Energi Distilasi <i>De-ethanizer</i> (DC-302)	55
Tabel 4.34. Neraca Energi Distilasi <i>De-Propylene</i> (DC-303).....	56
Tabel 4.35. Neraca Energi Distilasi <i>De-Propanizer</i> (DC-304)	56
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Pabrik	88
Tabel 6.2. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	100
Tabel.6.3. Pengendalian Variabel Utama Proses	101
Tabel.7.1 Perbandingan Pemilhan Lokasi Pabrik	104
Tabel 7.2. Perincian Luas Area Pabrik Ethylene	106
Tabel 8.1. Jadwal Kerja Masing-Masing Regu	117
Tabel 8.2. Perincian Tingkat Pendidikan	119
Tabel 8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat	120
Tabel 8.4. Jumlah Karyawan.....	121
Tabel 8.5. Sistem Gaji Karyawan.....	122
Tabel 9.1. <i>Fixed capital investment</i>	133
Tabel 9.2. <i>Manufacturing cost</i>	134
Tabel 9.3. <i>General expenses</i>	135
Tabel 9.4. Biaya Administratif	136
Tabel 9.5. <i>Minimum acceptable percent return on investment</i>	137
Tabel 9.6. <i>Acceptable payout time</i> untuk tingkat resiko pabrik	138
Tabel 9.7. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi	140

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Penggunaan <i>Ethylene</i> di Indsutri	3
Gambar 1.2. Grafik Impor <i>Ethylene</i> di Indonesia	5
Gambar 1.3 Grafik Ekspor <i>Ethylene</i> di Indonesia	6
Gambar 1.4 Grafik Konsumen <i>Ethylene</i> di Indonesia	8
Gambar 1.5 Lokasi Pendirian Pabrik <i>Ethylene</i>	12
Gambar 1.6 Lokasi Pabrik <i>Ethylene</i> di Kalimantan Timur	13
Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Ethanol menjadi Ethylene	15
Gambar 2.2 Diagram Alir Produksi Ethylene	16
Gambar 2.3 Diagram Proses Produksi Ethylene	33
Gambar 6.1 Grafik Hubungan Turbidity Air terhadap Massa Alum	91
Gambar 7.1 Peta Lokasi Pabrik	107
Gambar 7.2 Lokasi Pabrik	107
Gambar 7.3 Tata Letak Proses	108
Gambar 7.4 Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung	108
Gambar 8.1 Struktur Organisasi Perusahaan	113
Gambar 9.1 Grafik dan Analisa Ekonomi	139
Gambar 9.2 Kurva <i>Cumulative Cash Flow</i>	140

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri petrokimia untuk turunan dari gas alam yang dimiliki Indonesia masih sangat terbatas sedangkan pertumbuhan tahunan nya mencapai 4,6 persen berdasarkan data kemenperin. Salah satu golongan industri petrokimia adalah Industri petrokimia hulu yang memproses bahan baku dari nafta dan/atau kondensat menjadi produk olefin (*ethylene, propylene, butadiene, dll*), aromatik (*benzene, toluene, xylene*), dan paraffin. Permintaan olefin di dalam negeri cenderung terus meningkat sementara kapasitas industri nya masih sangat terbatas sehingga untuk memenuhi permintaan terpaksa dilakukan impor.

Di Indonesia, *Ethylene* dikonsumsi oleh beberapa industri yaitu industri *Ethylene Glycol*, industri *Ethyl Benzene*, *Ethylene Dichloride* serta industri *Polyethylene* dan dalam jumlah yang relatif kecil dikonsumsi oleh sektor industri lain. Industri pengguna *Ethylene* terbesar selama ini adalah industri *Polyethylene*, disusul oleh industri *Ethylene Dichloride*, kemudian industri *Ethylene Glycol* dan yang paling sedikit adalah industri *Ethyl Benzene*. Selama 2015-2021 diperkirakan Indonesia akan mengalami kekurangan *supply Ethylene* dalam jumlah yang cukup besar. Berdasarkan data Direktorat Industri Kimia Dasar Kementerian Perindustrian, pada tahun 2013 kekurangan *supply (shortage) Ethylene* sudah lebih dari

maksimum kapasitas industri didalam negeri saat ini dan tahun berikutnya *shortage* tersebut diperkirakan dapat mencapai 1,5 kali kapasitas maksimum industri *Ethylene* yang dimiliki yaitu dari PT. Chandra Asri Petrokimia dengan kapasitas 860.000 ton per tahun.

Untuk itu sangat diperlukan pendirian pabrik *Ethylene* di Indonesia lagi guna membantu memenuhi kebutuhan, selain itu sesuai dengan amanah Undang-Undang No. 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian, peran pemerintah dalam mendorong kemajuan sektor industri kedepan dilakukan secara terencana serta disusun secara sistematis dalam suatu dokumen perencanaan. Dan menjadi pedoman bagi pemerintah dan pelaku Industri dalam perencanaan dan pembangunan Industri sehingga tercapai tujuan penyelenggaraan Perindustrian.

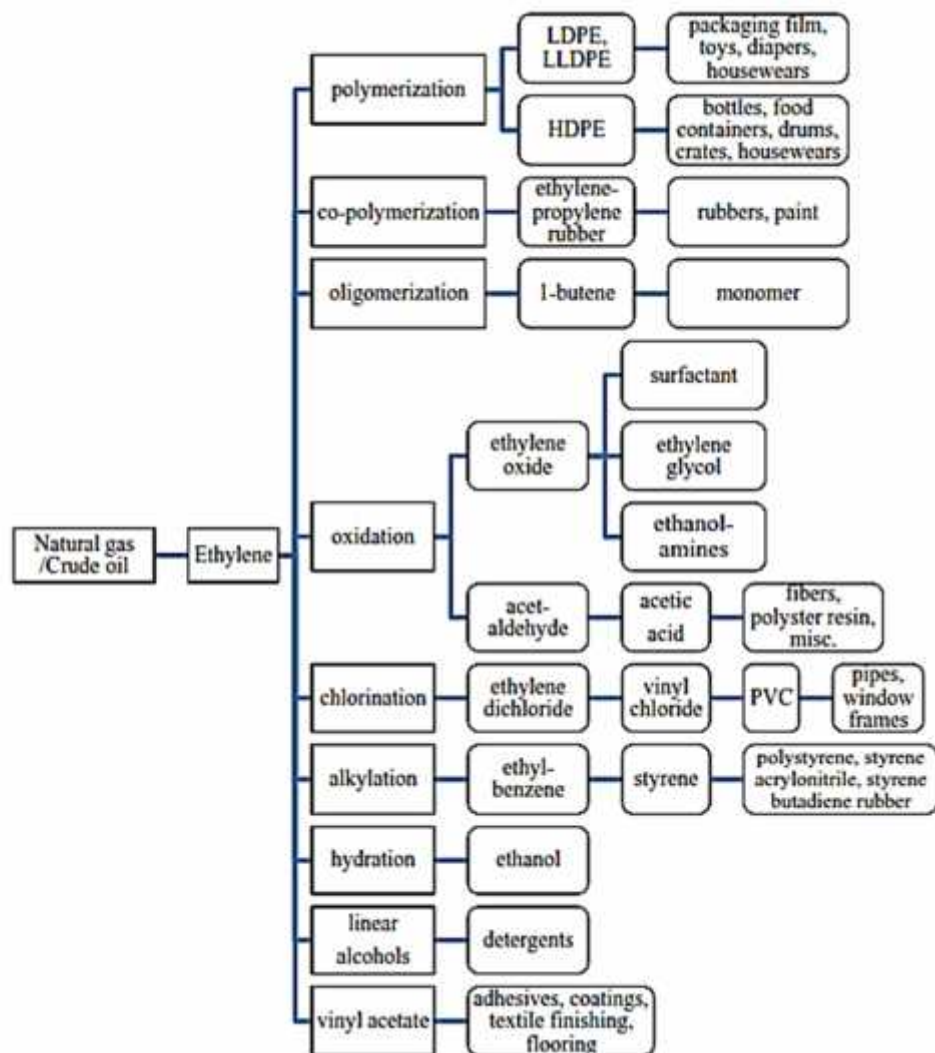
1.2 Kegunaan Produk

Ethylene diproduksi dalam industri petrokimia dengan *steam cracking*, proses ini mengubah hidrokarbon besar menjadi lebih kecil dan membentuk ikatan rangkap.

Penggunaan *Ethylene* meliputi: kawat dan isolasi kabel, kemasan industri dan pertanian, kain tenun dan berbagai macam penutup, pipa, saluran dan berbagai macam bahan bangunan, drum, guci, kontainer, botol, rak, antibeku, pelarut dan *coating*.

Beberapa contoh bahan kimia utama dan polimer yang dihasilkan dari etilena termasuk polietilena densitas rendah, polietilena densitas linier rendah dan polietilena den sitastinggi (LDPE, LLDPE dan HDPE), *ethylene dichloride* (EDC), vinilklorida (VCM), *polyvinyl chloride* (PVC) dan yang kopolimer, alfa-olefin (AO), etilenoksida (EO) digunakan terutama untuk membuat mono

etilenaglikol (MEG) untuk digunakan dalam produksi poliester dan anti beku, vinilasetat (MVA), etilalkohol (etanol), *Ethylene* monomerdiena *Propylene* (EPDM), co-monomer untuk *Polypropylene*, *Ethyl Benzene* (EB), stirena (SM), *Polystyrene* (PS) dan kopolimernya. Penggunaan *Ethylene* dapat di lihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Penggunaan *Ethylene* di Industri

(Yu, 2014)

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan Baku yang digunakan untuk memproduksi *Ethylene* adalah produk samping atau gas sisa dari pengolahan gas di PT. Tangguh LNG di Papua dengan jumlah kondensat atau gas sisa sebesar 123.552.000 ton/tahun (PT. Tangguh LNG, 2017). Data spesifikasi kondensat PT. Tangguh LNG dapat dilihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.1. Spesifikasi Kondensat PT. Tangguh LNG

No	Senyawa	Kadar %
1	C ₁	0,19
2	C ₂	0,29
3	C ₃	98,49
4	CO ₂	0,94
5	H ₂ S	0,08

Sumber : Data PT. Tangguh LNG, 2017

1.4 Analisis Pasar

Analisis pasar meliputi data kebutuhan/konsumsi, impor, dan produksi yang sudah ada di Indonesia. Dengan data tersebut akan bisa diketahui minat pasar terhadap produk.

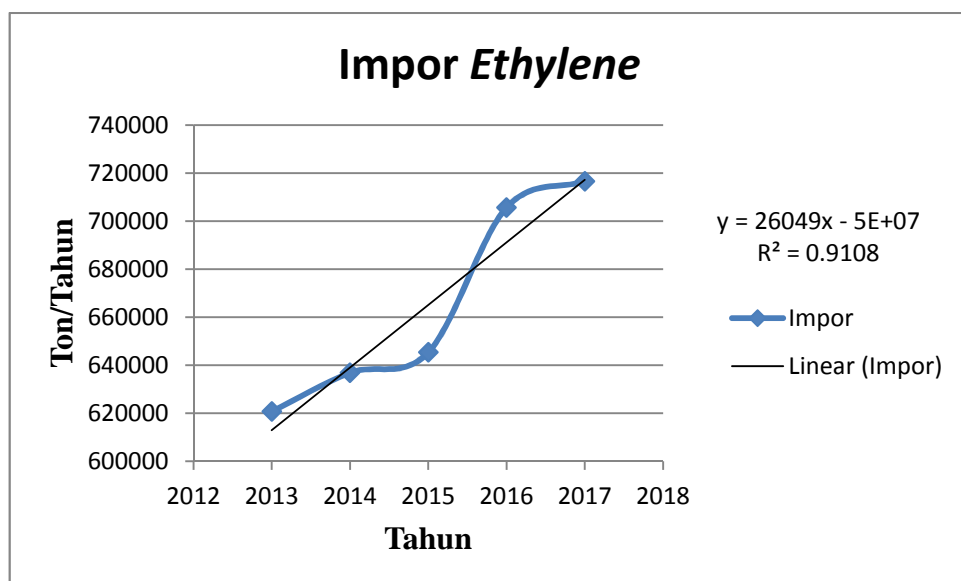
1.4.1. Data Impor

Selama ini *ethylene* yang tidak tercukupi di impor dari Korea, Jepang, Singapura, dan Malaysia. Tabel 1.2. adalah data impor *ethylene* yang didapatkan dari BPS.

Tabel 1.2. Data Impor *Ethylene* di Indonesia

Tahun	Impor (Ton)
2013	620711,723
2014	636892,106
2015	645345,537
2016	705633,378
2017	716584,951

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2017)

Gambar 1.2. Grafik Impor *Ethylene* di Indonesia

Dari grafik di atas diperoleh persamaan y dimana memiliki nilai R (koefisien determinasi) yang tinggi artinya prediksi pengaruh variabel x terhadap y tinggi, sehingga diperkirakan pada tahun 2023 impor *ethylene* ke Indonesia sebesar 2.697.127 ton.

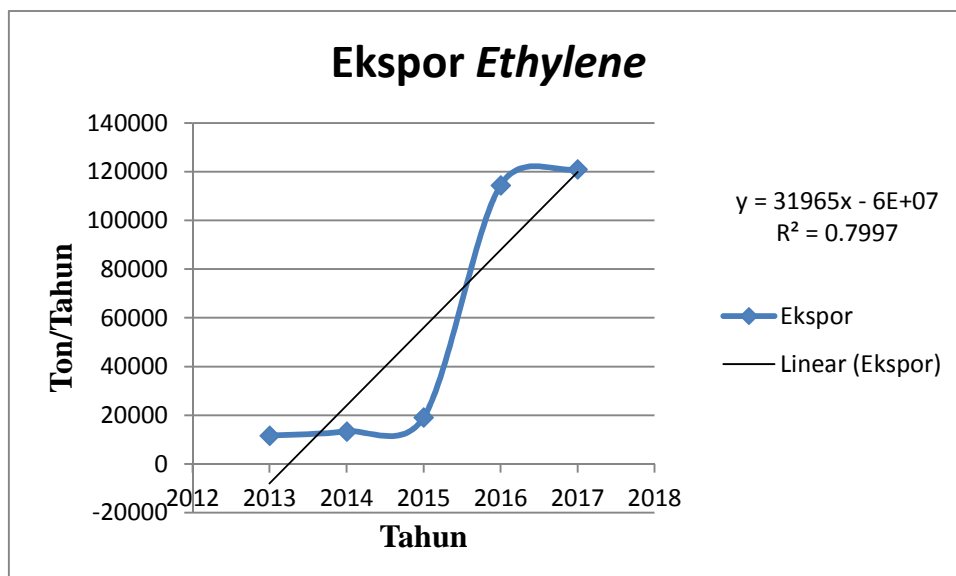
1.4.2. Data Ekspor

Data ekspor *ethylene* di Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.3.

Tabel 1.3. Data Ekspor *Ethylene*

Tahun	Data Kebutuhan (Ton)
2013	11680,1
2014	13407,24
2015	19109,638
2016	114404,28
2017	121007,188

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2017)



Gambar 1.3. Grafik Ekspor *Ethylene* di Indonesia

Dari grafik di atas diperoleh persamaan y dan memiliki nilai R (koefisien determinasi) yang tinggi artinya prediksi pengaruh variabel x terhadap y tinggi, sehingga diperkirakan pada tahun 2023 ekspor *ethylene* ke Indonesia sebesar 4.665.195 ton. Ekspor tertinggi dalam lima tahun terakhir disebabkan oleh terealisasinya sejumlah investasi disektor petrokimia nasional seperti pabrik Honam *Petrochemical* dan Chandra Asri.

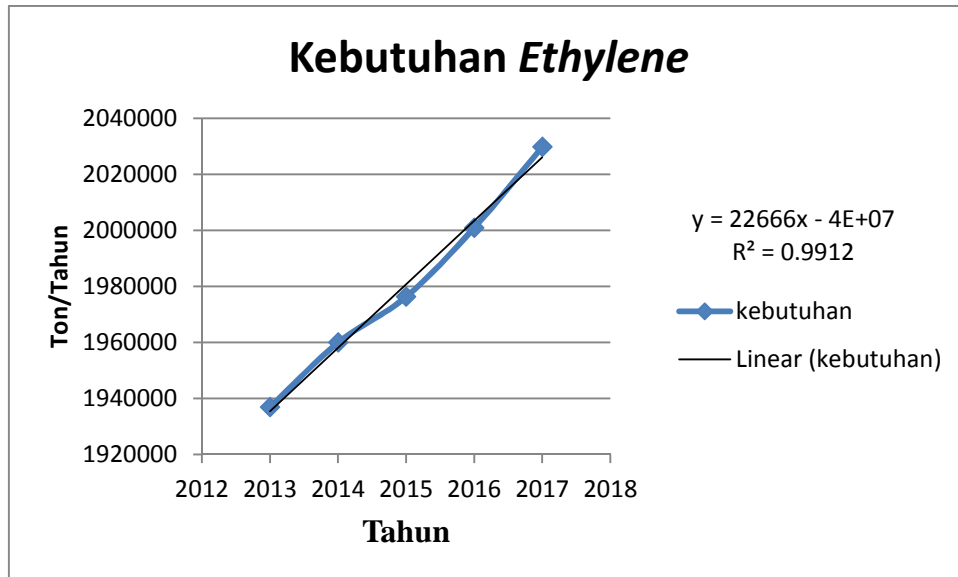
1.4.3. Data Kebutuhan

Ethylene yang digunakan di Indonesia berdasarkan data Kemenperindapat di lihat di tabel 1.4.

Tabel 1.4. Data Kebutuhan *Ethylene* di Indonesia

Tahun	Data Kebutuhan (Ton)
2013	1936872
2014	1959936
2015	1976259
2016	2000860
2017	2029741

(Sumber: Kemenperin, 2017)



Gambar 1.4. Grafik Konsumsi *Ethylene* di Indonesia

Berdasarkan gambar 1.4 di atas didapatkan persamaan Y yang memiliki nilai R tertinggi, diperkirakan pada tahun 2023 konsumsi *Ethylene* di Indonesia sebesar 5.853.318 ton/tahun.

Tabel 1.5. Data Kebutuhan *Ethylene* di Indonesia

No	Perusahaan	Produk	Kebutuhan <i>Ethylene</i> (ton/tahun)
1	PT. Polychem Indonesia	Ethylene Glycol	135.966,6
2	PT. Asahimas Chemical Indonesia	Ethylene Dicloride	78.500
3	PT. Styrindo Mono Indonesia	Ethyl Benzene	-
4	PT. Garuda Prima Indonesia	Polyethylene	-

1.4.4. Data Produksi

Di Indonesia, Pabrik yang memproduksi *Ethylene* hanya PT.Chandra Asri Petrochemical dengan kapasitas 900.000 ton/tahun. Daftar negara-negara di dunia yang memproduksi *ethylene* dapat dilihat pada Tabel 1.6.

Tabel 1.6. Data pabrik *ethylene* di beberapa Negara

No	Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (KTA)
1	Dow	Plaquemine, LA	250
2	Equistar	Corpus Christi, Texas	401
3	Dow	Freeport, Texas	1,500
4	ExxonMobil	Baytown, Texas	1,500
5	ChevronPhillips	Cedar Bayou, Texas	1,500
6	Shell	Monaca, PA	1,500
7	Total	Port Arthur, Tx	1000
8	Oxy/Mexichem	Ingleside, Tx	550

(Sumber : *World Analysis Ethylene*, 2017)

1.4.5. Kapasitas Rancangan

Kapasitas produksi suatu pabrik ditentukan berdasarkan kebutuhan konsumsi produk di dalam negeri, data impor, dan data produksi produk dalam negeri pada tahun yang ada. Persamaan yang untuk menghitung jumlah kebutuhan yang belum terpenuhi tersebut adalah sebagai berikut:

Kebutuhan belum terpenuhi = Data Kebutuhan + Data Ekspor – Data Impor –

Data Produksi

= 5.853.318 ton + 4.665.195 ton –

2.697.127 ton - 900.000 ton

= 6.921.386 ton

Sehingga didapat jumlah kebutuhan *ethylene* yang belum terpenuhi di Indonesia adalah 6.921.386 ton pada tahun 2023. Jumlah kebutuhan yang belum terpenuhi tersebut disesuaikan juga dengan ketersediaan bahan baku dan minimum kapasitas

pabrik *ethylene* yang dapat didirikan dimana kapasitas produksi pabrik yang akan berdiri adalah 250.000 ton/tahun. Adapun tujuan didirikannya pabrik *ethylene* di Indonesia dengan kapasitas produksi 250.000 ton/tahun adalah sebagai berikut:

- a. Dapat membantu memenuhi kebutuhan dalam negeri, sehingga mengurangi impor dari negara lain.
- b. Meningkatkan devisa negara
- c. Membuka lapangan pekerjaan baru sehingga dapat mengurangi jumlah pengangguran.
- d. Memanfaatkan gas sisa dari hasil proses pengolahan LNG

1.5 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat penting pada perancangan karena akan berpengaruh terhadap kelangsungan pabrik. Orientasi perusahaan dalam menentukan lokasi pabrik yaitu mendapatkan keuntungan teknis dan ekonomis yang seoptimal mungkin. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan untuk menentukan lokasi pabrik agar secara teknis dan ekonomis pabrik yang didirikan akan menguntungkan antara lain: letak geografis, pemasaran, penyediaan tenaga listrik, penyediaan air, jenis transportasi, kebutuhan tenaga kerja, perluasan area pabrik, keadaan masyarakat, karakteristik lokasi, kebijaksanaan pemerintah dan buangan pabrik. Pabrik *ethylene* akan didirikan di kawasan industri Kalimantan Timur, tepatnya di daerah Muara Badak Ulu. Lokasi pabrik dapat di lihat pada gambar 1.6 dan 1.7.

1. Penyediaan Bahan Baku

Sumber bahan baku adalah faktor penting dalam pemilihan lokasi pabrik terutama pada pabrik yang membutuhkan bahan baku dalam jumlah besar. Bahan baku kondensat diperoleh dari PT. Tangguh LNG di Papua.

2. Pemasaran Produk

Pemasaran produk *ethylene* yang akan didirikan ditujukan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, diantaranya akan dijual ke beberapa pabrik yang menggunakan *ethylene* sebagai bahan bakunya. Sedangkan hasil samping akan dijual ke pabrik yang membutuhkan.

3. Sarana Transportasi

Sarana transportasi diperlukan untuk proses penyediaan bahan baku dan penjualan produk. Untuk penyediaan bahan baku dan penjualan produk digunakan sistem perkapalan (*shipping*).

4. Utilitas

Sarana-sarana pendukung sangat dibutuhkan seperti tersedianya air, listrik dan sarana lainnya sehingga proses produksi dapat berjalan dengan baik. Kebutuhan air proses diambil dari aliran sungai mahakam. Sedangkan unit pengadaan listrik dipenuhi oleh pembangkit listrik milik pabrik dan bahan bakar dapat diambil dari produk samping berupa hidrogen dan metana, sedangkan produk samping berupa propilena digunakan sebagai *refrigerant* dan produk samping metana akan dijual ke PT.Badak NGL, Bontang.

5. Tenaga Kerja

Tersedianya tenaga kerja yang terampil diperlukan untuk menjalankan mesin-mesin produksi, bagian pemasaran, dan administrasi. Tenaga kerja dapat diambil

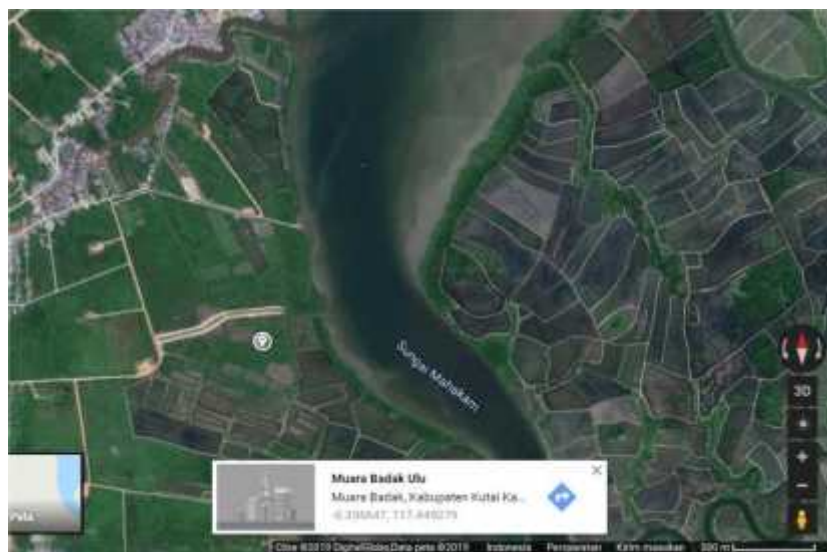
dari Kalimantan dan sekitarnya serta tidak menutup kemungkinan untuk bisa menyerap tenaga kerja diluar Kalimantan.

6. Perluasan Areal Pabrik

Daerah Kalimantan Timur memiliki kemungkinan untuk dijadikan perluasan pabrik karena mempunyai areal yang cukup luas. Semakin meningkat nya permintaan produk maka akan menuntut adanya perluasan pabrik.

7. Buangan Pabrik

Buangan air limbah yang berasal dari proses produksi dapat dialirkan ke laut yang telah diolah terlebih dahulu di *Waste Water Treatment* hingga memenuhi baku mutu lingkungan.



Gambar 1.5 Lokasi Pendirian Pabrik *Ethylene*



Gambar 1.6 Lokasi Pabrik *Ethylene* di Kalimantan Timur

X. KESIMPULAN DAN SARAN

10.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis prarancangan pabrik etilena dari gas alam dengan kapasitas produksi 250.000 ton/tahun maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Ditinjau dari segi pengadaan bahan baku, transportasi, pemasaran, dan lingkungan, maka pabrik ini direncanakan berdiri di daerah Muara Badak Ulu, Kalimantan Timur.
2. Berdasarkan hasil analisis teknis dan ekonomi, maka pabrik ini layak untuk didirikan dengan hasil perhitungan analisis ekonomi sebagai berikut:
 - a. *Percent return on investment* (ROI) sebelum pajak yaitu 27,53% dan sesudah pajak yaitu 22,02%.
 - b. *Pay out time* (POT) sebelum pajak adalah 2,25 tahun dan 2,66 tahun setelah pajak
 - c. *Break even point* (BEP) sebesar 56,15%, dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30 – 60 % kapasitas produksi untuk pabrik beresiko tinggi. Nilai *shut down point* (SDP) sebesar 22,19%, yaitu dengan batasan kapasitas produksi tersebut pabrik harus berhenti

berproduksi karena jika beroperasi dibawah nilai SDP maka pabrik akan mengalami kerugian.

- d. *Discounted cash flow rate of return* (DCF) sebesar 28,56%, nilai DCF tersebut lebih besar daripada suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dibandingkan ke *bank*

10.2. Saran

Pabrik etilena dari gas alam dengan kapasitas produksi 250.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun ekonominya sebelum didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik. 2016. *Statistic Indonesia*. Diakses melalui www.bps.go.id pada 10 Desember 2016.

Badan Pusat Statistik. 2017. Rata-rata Harian Aliran Sungai, Tinggi Aliran, dan Volume Air di Beberapa Sungai yang Daerah Pengalirannya Lebih dari 100 km². Diakses melalui www.bps.go.id pada 20 Januari 2018.

Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1988. *Introduction to Chemical Engineering*. McGraw Hill : New York.

Bank Indonesia. 2018. *Nilai Kurs*. Diakses melalui www.bi.go.id pada 10 Januari 2018.

Brown, G. George. 1950. *Unit Operation 6th Edition*. USA : Wiley & Sons, Inc.

Brownell, L. E. and Young, E. H. 1959. *Process Equipment Design 3rd Edition*. John Wiley & Sons, New York.

Chemical Engineering Plant Cost Index. 2017. Diakses melalui www.chemengonline.com/pci pada 30 Januari 2018.

Chemical Industry News. 2018. *Chemical, Price Reporting*. www.icis.com.

Diakses 15 Januari 2018.

Cheremisinoff, Nicholas P., 2003. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*. Butterworth-Heinemann.

Chong, K. C., Lai, S. O., Thiam, H. S., Teoh, H. C., Heng, S. L. 2016. *Recent Progress of Oxygen/Nitrogen Separation Using Membrane Technology*. *Journal of Engineering Science and Technology* Vol. 11, No. 7, 1016 – 1030.

Conrads, H and M.Schmidt, 2000. *Plasma Generation and Plasma Sources*.UK. *Plasma Source Sci. Tech.* 9, Page 441-454.

Coulson, J. M., and J. F. Richardson. 2005. *Chemical Engineering 4th edition*. Butterworth-Heinemann : Washington.

Eirnst, Frame A. 1928. *Fixation of Atmospheric Nitrogen. Fixed Nitrogen Research Laboratory, U.S. Dept, Agric; Formerly with the Nitrate Division, Army Ordnance; American Qyanamid Company*. Chapman & Hall, LTD. London.

Fogler, H. Scott. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering 4th edition*. Prentice Hall International Inc. : United States of America.

Franz, G. 2009. *Low Pressure Plasmas and Microstructuring Technology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Geankoplis, Christie. J. 1993. *Transport Processes and unit Operation 3rd edition*. Allyn & Bacon Inc, New Jersey.
- Hauchhum, L. and Mahanta Pinakeswar. 2014. *Carbon dioxide adsorption on zeolites and activated carbon by pressure swing adsorption in a fixed bed. International Journal Energy Environment Engineering 5*, 349–356.
- Henrici, Hans, Hunt, Margaret, and S.H.Bauer, 14850. *Kinetics of The Nitrous Oxide-Hydrogen Reaction. Department of Chemistry, Cornell University. Ithaca, New York.*
- Himmelblau, David. 1996. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*. Prentice Hall Inc, New Jersey.
- Istiqomah, Muhammad Nur dan Fajar Arianto. 2017. Karakterisasi Reaktor Plasma Lucutan Berpenghalang Dielektrik Berkonfigurasi Elektroda Spiral-Silinder dengan Sumber Udara Bebas. *Youngster Physics Journal*, Vol.6. No.3. Hal 235-241.
- J.P. Freidberg, F.J. Mangiarotti, and J.Minervini. 2015. *Designing a Tokamak Fusion Reactor – How does Plasma Physics Fit In*. USA. *Plasma Science and Fusion Center Massachusetts Institute Of Technology Cambridge MA 02139*.
- Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Mcgraw-Hill Co.: New York.
- Kirk, R.E and Othmer, D.F. 2006. “*Encyclopedia of Chemical Technologi*”, 4th edition, vol. 17. John Wiley and Sons Inc. New York.

- Kogelshatz, Ulrich, 2002. *Dielectric-Barrier Discharges : Their History, Discharge Physics, and Industrial Applications. Plasma Chemistry and Plasma Processing*, Vol.23, No.1.
- Levenspiel, O. 1972. *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*. John Wiley and Sons Inc, New York.
- Liebermen, Michael A. 2003. *A Mini Course On The Principles Of Plasma Discharges*.
- Ludwig, E. Ernest. 1999. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants 3rd edition*. Houston : Gulf Publishing Company
- Maslan, Frank. 1969. *Process for Thermal Fixation of Atmospheric Nitrogen. The Space Congress Proceedings 6th Vol. 2 - Space, Technology, and Society. Sanders Associates, Inc.*
- Matches, 2016. *Matches' Process Equipment Cost Estimates*. www.matche.com. Diakses pada 10 Januari 2018.
- Mc.Graw Hill Education. Price Order. www.mheducation.com. Diakses pada 11 Januari 2018.
- McCabe, W. L. and Smith, J. C. 1985. *Operasi Teknik Kimia*. Erlangga, Jakarta.
- Mizuno, A. 2000. *Electrostatic Precipitation. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation* Vol. 7 No. 5.

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

Powell, S.T., 1954, "*Water Conditioning for Industry*", McGraw Hill Book Company, New York.

R.M. Lely Susita, Sudjatmoko, B.A.Tjipto Sujitno, Bambang Siswanto, Wirjoadi, 2012. Pemilihan Jenis Material Elektroda Sumber Elektron Katoda Plasma. Yogyakarta : Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya. Vol. 14, 166-176.

Santosa, Galih. 2013. *Hydrant Water*. Galihsantosa.adhiatma.blog. Diakses pada 26 September 2014.

Siebert, W. 1923. *Process For Producing Nitric Acid By Means of The Electric Arc*. US Patent Office, No. 1.462.987.

Sinnott, R.K.. 2005. *Chemical Engineering Design 4th Edition Vol. 6*. Oxford : Elsevier Butterworth-Heinemann

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

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

Treyball, R. E. 1983. *Mass Transfer Operation 3rd edition*. McGraw-Hill Book Company, New York.

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

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

Welty, J.R., R.E. Wilson, and C.E. Wick. 1976. *Fundamentals of Momentum heat and Mass Transfer*.

Wenten, I.G., Hakim, A.N., Khoiruddin, Aryanti, P.T.P. 2014. *Desain Proses Berbasis Membran*. Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung.

Wise, Henry and Maurice F. Frech. 2014. *Kinetics of Decomposition of Nitric Oxide at Elevated Temperatures. II. The Effect of Reaction Products and Mechanism of Decomposition*. AIP Publishing.

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

Zhukof, M.F. and I.M. Zasytkin. 2007. *Thermal Plasma Torches, Design, Characteristics, Applications*. Cambridge International Science Publishing.