

**PRARANCANGAN PABRIK TRIETHANOLAMIN DARI
ETILEN OKSIDA DAN AMMONIA *DENGAN* KAPASITAS
37.000 TON/TAHUN**

(Tugas Khusus Perancangan *Plug Flow Reactor* (RE-101))

(Skripsi)

Oleh

HERMAWAN



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

ABSTRACT

PREDESIGN OF TRIETHANOLAMINE FROM ETHYLENE OXIDE AND AMMONIA CAPACITY 37.000 TONS/YEARS (Design Plug Flow Reactor (RE-101))

By

Hermawan

Triethanolamine plant produced by reacting ethylene oxide and ammonia, will be build in Cikampek, Jawa Barat. Establishment of this plant by raw material resources, transportation, labors and also environmental condition.

Plant's production capacity is planned 37,000 tons/year, with operating time 24 hours/day and 330 working days in a year. The raw materials used are ethylene oxide 4,167.98 kg/hr and ammonia 533.72 kg/hr. The plant has utility unit for supply water, steam, power generation, and instrument air.

The bussines entity of this plant is limited liability company (PT) and using line and staff structure with 182 labors.

From teh economic analysis is obtained :

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp 179.867.689.033
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp 33.725.191.694
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp 213.592.880.727
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 50,25%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 25,41%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b = 1,68 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a = 2,24 years
<i>Return onInvestment before taxes</i>	(ROI) _b = 41,68%
<i>Return onInvestment after taxes</i>	(ROI) _a = 29,17%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF) = 21,59%

By considering above the summary, it is proper establishment of *triethanolamine* plant for studied further, because the plant is profitable and has good prospects future.

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK *TRIETHANOLAMINE* DARI ETILEN OKSIDA DAN AMMONIA DENGAN KAPASITAS 37.000 TON/TAHUN (Perancangan *Plug Flow Reactor* (RE-101))

Oleh

Hermawan

Pabrik *triethanolamine* berbahan baku etilen oksida dan ammonia, akan didirikan di Cikampek, Jawa Barat. Pemilihan lokasi untuk pabrik ini mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja yang mudah didapatkan dan kondisi lingkungan.

Pabrik ini direncanakan dengan kapasitas 37.000 ton/tahun, waktu operasi 24 jam/hari, 330 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah etilen oksida sebanyak 4,167,98 kg/jam dan ammonia sebanyak 533,72 kg/jam. Pabrik ini memiliki unit utilitas untuk memenuhi air, *steam*, listrik, bahan bakar, dan udara instrumentasi.

Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line and staff* dengan jumlah karyawan 182 orang.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp 179.867.689.033
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp 33.725.191.694
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp 213.592.880.727
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 50,25%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 25,41%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b = 1,68 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a = 2,24 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b = 41,68%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a = 29,17%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF) = 21,59%

Berdasarkan beberapa paparan di atas, maka pendirian pabrik *triethanolamine* ini layak untuk dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dari sisi ekonomi dan mempunyai prospek yang relatif cukup baik.

**PRARANCANGAN PABRIK TRIETANOLAMIN DARI ETILEN OKSIDA
DAN AMMONIA DENGAN KAPASITAS 37.000 TON/TAHUN**

(Perancangan *Plug Flow Reactor* (RE-101))

**Oleh :
Hermawan**

(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 TRIETANOLAMIN DARI
ETILEN OKSIDA DAN AMMONIA DENGAN KAPASITAS
PRODUKSI 37.000 TON/TAHUN
(Perancangan *Plug Flow Reaktor* (RE-101))

Nama Mahasiswa

: Hermawan

No. Pokok Mahasiswa

: 1315041026

Program Studi

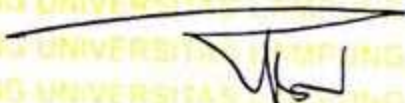
: Teknik Kimia

Fakultas

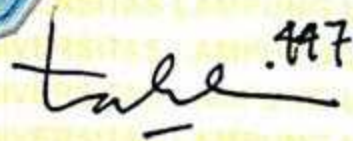
: Teknik



Komisi Pembimbing


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

NIP. 196809021997022000


Taharuddin, S.T., M.Sc.

NIP. 197001261995121001

Ketua Jurusan Teknik Kimia




Ir. Azhar, M.T.

NIP. 196604011995011001

MENGESAHKAN

Tim Penguji

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


.....
Lahle 447
.....

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

Penguji

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


.....

.....

Yuli Darni, S.T., MT.



Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP 1962 0717 1987 03 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 November 2019

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, 9 Desember 2019



Hermawan

NPM. 1315041026

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jatiagung Pringsewu, pada tanggal 22 Juni 1994, sebagai anak pertama dari 3 bersaudara putra dari Bapak Suparno dan Ibu Napsiyah. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 01 Jatiagung pada tahun 2006, Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Ambarawa pada tahun 2009, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Pringsewu pada tahun 2012.

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

Pada bulan Maret tahun 2017, penulis melaksanakan Kerja Praktek di PT. South Pacific Viscose, dengan Tugas Khusus yaitu “Evaluasi Kinerja Unit Calcination di Departemen Spinbath Line 3”. Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pemurnian Damar Mata Kucing (*Shorea Javanica*) Menggunakan Metode Pemanasan”. Penelitian Ini juga Telah diproses untuk dipublikasikan pada Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Lampung 2019. Dengan tema “Inovasi Pembangunan” yang akan diterbitkan pada bulan Desember 2019 oleh BALITBANGDA Provinsi Lampung.

Selama menjalani masa perkuliahan, penulis mengikuti beberapa organisasi dan kegiatan yang terdapat di kampus maupun luar kampus diantara lain menjadi Mahasiswa magang Departemen Riset Himatemia FT UNILA Periode 2013/2014, Staff Departemen Hubungan Luar Himatemia FT UNILA Periode 2014/2015, Kepala Departemen Kaderisasi Himatemia FT UNILA Periode 2015/2016, Brigadir Muda BEM-FT 2013/2014, Staff Dinas Sosial Politik BEM-FT Universitas Lampung Periode 2014/2015.

Motto Dan Persembahan

*"Dengan Menyebut Nama Alloh Yang Maha Pengasih Lagi
Maha penyayang"*

"

*"Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, maka
apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan) tetaplah
bekerja keras untuk urusan yang lain"
(Qs. Al-Insyirah : 6-7)*

*"IKHTIAR, TAWAKAL, BISA"
(Hermawan, 2013)*

*"If You Have Knowledge, Let Others Light Their Candles in
it"
(Margaret Fuller)*

Sebuah Karya

Kupersembahkan dengan sepenuh hati untuk :

Allah SWT, berkat Rahmat dan Ridho-Nya aku dapat menyelesaikan karyaku ini

Kedua Orang Tuaku sebagai pengganti atas pengorbanan yang sudah tak terhitung jumlahnya, terima kasih atas do'a, kasih sayang dan pengorbanannya selama ini

Sahabat-Sahabatku, Terima kasih telah menjadi bagian hidupku selama ini. Semua cerita hidup ini, akan ku ingat dan simpan selamanya. Semoga suatu saat nanti kita bersua kembali dengan kisah - kisah kesuksesan kita

Civitas Akademika Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung, Terima kasih atas semua ilmu yang telah diberikan, semoga senantiasa berevolusi untuk menghasilkan produk – produk akademisi yang lebih baik serta ditunjang dengan akreditasi yang lebih tinggi

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan banyak kenimatan dan segalanya yang membuat penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik *Triethanolamine* Dari Etilen oksida Dan Ammonia Kapasitas 37.000 ton/tahun” dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat ke sarjanaan (Strata-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan moral maupun spiritual dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya yang sangat saya cintai (Suparno dan Napsiyah), adik saya (Hamid Abdul Honi dan Deni Nazar Saputri dan keluarga besar atas dukungan dan motivasinya baik secara materil dan non materil.
2. Bapak Ir. Azhar, M.T., sebagai Ketua Jurusan Teknik Kimia yang telah memberikan bantuan untuk kelancaran proses belajar selama di kampus.
3. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc. sebagai dosen Pembimbing I, atas segala ilmu, kesabaran, saran, dan kritiknya dalam pengerjaan tugas akhir ini.
4. Bapak Taharuddin, S.T. M.Sc., sebagai Dosen Pembimbing II atas segala ilmu, kesabaran, saran, cerita dan masukannya dalam pengerjaan tugas akhir.
5. Ibu Panca Nugrahini F, S.T., M.T. sebagai dosen Penguji I, atas segala masukan, cerita dan pengalaman yang sangat bermakna dalam penyelesaian tugas akhir ini.

6. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. sebagai dosen Penguji II, atas kesabaran dan masukan yang membangun bagi penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Cantiku ma love Gracelia Irmalinda, S.T., atas segala dukungan, bantuan, waktu, perhatian dan kesabaran yang dicurahkan saat penyelesaian tugas akhir ini, tiada kata yang sanggup untuk diucapkan atas bantuan dan support yang telah diberikan.
8. Seluruh Dosen dan Staf Teknik Kimia yang telah banyak memberikan ilmu yang sangat bermanfaat dan membantu kelancaran dalam pengerjaan.
9. Bujang '13, awek Heru yang pernah sekontrakan dari baturaja yang udah S.T dan udah jd jahula berjenggot panjang celana cingkrang, Jijim teman dari botak nyampe gondrong teman ngepes teman biliard teman yg bikin gua dari alim jadi nakal, alib si bacot edan tukang ngomongin orang lewat klo lagi gabut di cindo, Aduy si blackhole temen penelitian termantap tingkatan skil boong nya duy, Andri yang udah lulus duluan temen nonton film horror beduaan, Eng temen kp gua yg asooyy, Yogi selaku wakil excess gua yg jadi lawan pilihan kahim wakahim, rohmat yg ngalahin gua pilihan kahim, agus si ganteng dari belintang, guntur si bos besar dari psmi, rendi si ganteng dari Bekasi kawan gua nyari gebetan.
10. Saudara – saudara seperjuangan “tekim 13” yaitu : tika, siti, della, lela, fida, ranti, anggi, wanda, ade, nita, yeni, ancas, eka, laili, mita, pia, cindy, indah, nur, rini, liza, hilda, anggun, siska, soraya, yang sudah menjadi saudara walaupun tak sedarah, terima kasih telah memberi warna dalam hidup ini, masa depan cerah milik kita semua kawan.
11. Partner TA gua kiki fatmala yang udah kerjasama menyelesaikan TA ini.

12. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Akhir kata penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak. Terima kasih.

Bandarlampung, 9 Desember 2019

Hermawan

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kegunaan Produk	3
1.3 Ketersediaan Bahan Baku	6
1.4 Analisis Pasar	6
1.5 Kapasitas Produksi	7
1.6 Lokasi Pabrik	13
BAB II DESKRIPSI PROSES	
2.1 Jenis-jenis Proses.....	16
2.1.1 <i>Aqueous Process</i> (Proses Non-Katalis)	17
2.1.2 <i>Anhydrous Process</i> (Proses Menggunakan Katalis)	18

2.2 Tinjauan Thermodinamika	19
2.3 Tinjauan Ekonomi	26
2.4 Pemilihan Proses	31
2.5 Uraian Proses	31
2.5.1 Tahap Pembentukan Produk	32
2.5.2 Tahap Pemurnian Produk	32

BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1 Bahan Baku	34
3.2 Produk	36

BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

4.1 Neraca Massa	37
4.2 Neraca Energi	40

BAB V SPESIFIKASI PERALATAN PROSES

5.1 Peralatan Proses	45
5.2 Peralatan Utilitas	63

BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

6.1 Kebutuhan Air	89
6.2 Sistem Penyediaan Steam	105
6.3 Unit Penyedia Udara Instrumen	106
6.4 Unit Pembangkit Teaga Listrik	106
6.5 Unit Pengadaan Bahan Bakar	107

6.6 Laboratorium.....	107
6.7 Pengolahan Limbah.....	114

BAB VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK

7.1 Lokasi Pabrik	116
7.2 Tata Letak Pabrik	90
7.3 Estimasi Area Pabrik	96

BAB VIII MANAGEMEN DAN ORGANISASI

8.1 Bentuk Perusahaan	124
8.2 Struktur Organisasi Perusahaan	127
8.3 Tugas dan Wewenang	129
8.4 Status Karyawan dan Sistem Penggajian	137
8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan	137
8.6 Penggolongan Karyawan dan Jumlah Karyawan	140
8.7 Kesejahteraan Karyawan.....	144

BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1 Investasi	148
9.2 Evaluasi Ekonomi	152
9.3 <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	155

BAB X SIMPULAN DAN SARAN

10.1 Simpulan	157
10.2 Saran	157

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

LAMPIRAN E

LAMPIRAN F

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Harga Bahan Baku	6
Tabel 1.2 Harga Produk	7
Tabel 1.3 Data Impor Trietanolamine di Indonesia	8
Tabel 1.4 Industri Trietanolamine di Berbagai Negara.....	12
Tabel 2.1 Data Selektivitas etanolamine.....	18
Tabel 2.2 Nilai <i>Enthalpy</i> Pembentukan pada Suhu 25°C (ΔH_f°)	20
Tabel 2.3 Nilai Energi Bebas Gibbs Pembentukan pada Suhu 25°C (ΔG_f°) ...	20
Tabel 2.4 Nilai Cp (J /mol. K) Masing-masing Komponen.....	22
Tabel 2.5 Harga Bahan Baku dan Produk.....	26
Tabel 2.6 Perbandingan Proses Pembentukan Etanolamin.....	31
Tabel 4.1 Neraca Massa <i>Plug Flow Reactor</i> (RE-101).....	38
Tabel 4.2 Neraca Massa <i>Flash Drum</i> (FD-201).....	39
Tabel 4.3 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-301)	39
Tabel 4.4 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-302).....	40
Tabel 4.5 Neraca Energi Heater 101 (HE-101)	41
Tabel 4.6 Neraca Energi Heater 102 (HE-102)	41
Tabel 4.7 Neraca Energi <i>Plug Flow Reactor</i> (PFR) (RE-101)	42
Tabel 4.8 Neraca Energi <i>Expansion Valve</i> (EV-301)	42
Tabel 4.9 Neraca Energi Flash Drum (FD-201)	43

Tabel 4.10 Neraca Energi Menara Distilasi (MD-301)	43
Tabel 4.11 Neraca Energi Menara Distilasi (MD-302).....	43
Tabel 4.12 Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-302).....	44
Tabel 4.13 Neraca Energi Compressor (K-101).....	44
Tabel 5.1 Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-101).....	45
Tabel 5.2 Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-102).....	46
Tabel 5.3 Spesifikasi Reaktor (RE-101)	47
Tabel 5.4 Spesifikasi <i>Expansion Valve</i> (EV-301).....	48
Tabel 5.5 Spesifikasi <i>Flash Drum</i> (FD-201).....	48
Tabel 5.6 <i>Expansion Valve</i> (EV-201)	49
Tabel 5.7 Spesifikasi <i>Compressor</i> (K-101).....	49
Tabel 5.8 Spesifikasi Menara Distilasi (MD-301)	50
Tabel 5.9 Spesifikasi Menara Distilasi (MD-302).....	51
Tabel 5.10 Speksifikasi <i>Heater</i> (HE-101).....	52
Tabel 5.11 Speksifikasi <i>Heater</i> (HE-102)	53
Tabel 5.12 Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB – 301)	54
Tabel 5.13 Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB – 302)	55
Tabel 5.14 Spesifikasi <i>Condenser</i> (CD-301)	56
Tabel 5.15 Spesifikasi <i>Condenser</i> (CD-302)	56
Tabel 5.16 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-302)	57
Tabel 5.17 Spesifikasi Pompa (PP-101)	57
Tabel 5.18 Spesifikasi Pompa (PP-102).....	58
Tabel 5.19 Spesifikasi Pompa (PP-103)	58
Tabel 5.20 Spesifikasi Pompa (PP-104)	59

Tabel 5.21 Spesifikasi Pompa (PP-105)	59
Tabel 5.22 Spesifikasi Pompa (PP-106).....	60
Tabel 5.23 Spesifikasi Pompa (PP-107).....	60
Tabel 5.24 Spesifikasi Pompa (PP-108)	61
61Tabel 5.25 Spesifikasi <i>Accumulator</i> 301 (AC-301)	61
Tabel 5.26 Spesifikasi <i>Accumulator</i> 302 (AC-302)	62
Tabel 5.27 Spesifikasi <i>Storage Product</i> (ST-302).....	62
Tabel 5.28 Spesifikasi Bak Sedimentasi 401 (BS-401).....	63
Tabel 5.29 Spesifikasi <i>Clarifier</i> 401 (CL-401).....	63
Tabel 5.30 Spesifikasi <i>Sand Filter</i> 401 (SF-401)	64
Tabel 5.31 Spesifikasi Tangki Filter Air 404 (ST-404)	65
Tabel 5.32 Spesifikasi <i>Hot Basin</i> 401 (HB-401)	65
Tabel 5.33 Spesifikasi <i>Cold Basin</i> 401 (CB-401)	66
Tabel 5.34 Spesifikasi <i>Cooling Water</i> 401 (CT-401)	66
Tabel 5.35 Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> 401 (CE-401)	67
Tabel. 5.36 Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> 401 (AE-401).....	68
Tabel 5.37 Spesifikasi <i>Deaerator</i> 401 (DA-401).....	69
Tabel 5.38 Spesifikasi <i>Boiler</i>	70
Tabel 5.39 Spesifikasi Tangki Alum 401 (ST-401).....	70
Tabel 5.40 Spesifikasi Tangki Kaporit 402 (ST-402)	71
Tabel 5.41 Spesifikasi Tangki NaOH 403 (ST-403).....	72
Tabel 5.42 Spesifikasi Tangki H ₂ SO ₄ (ST-405)	73
Tabel 5.43 Tangki <i>Dispersant</i> (ST-406)	74
Tabel 5.44 Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST-407)	75

Tabel 5.45 Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-501)	76
Tabel 5.46 Spesifikasi Tangki Air Denim (ST-408)	77
Tabel 5.47 Spesifikasi Pompa 401 (PP-401)	78
Tabel 5.48 Spesifikasi Pompa 402 (PP-402)	78
Tabel 5.49 Spesifikasi Pompa 403 (PP-403)	79
Tabel 5.50 Spesifikasi Pompa 404 (PP-404)	79
Tabel 5.51 Spesifikasi Pompa 405 (PP-405)	80
Tabel 5.52 Spesifikasi Pompa 406 (PP-406)	80
Tabel 5.53 Spesifikasi Pompa 407 (PP-407)	81
Tabel 5.54 Spesifikasi Pompa 408 (PP-408)	81
Tabel 5.55 Spesifikasi Pompa 409 (PP-409)	82
Tabel 5.56 Spesifikasi Pompa 410 (PP-410)	82
Tabel 5.57 Spesifikasi Pompa 411 (PP-411)	83
Tabel 5.58 Spesifikasi Pompa 412 (PP-412)	83
Tabel 5.59 Spesifikasi Pompa 413 (PP-413)	84
Tabel 5.60 Spesifikasi Pompa 414 (PP-414)	84
Tabel 5.61 Spesifikasi Pompa 415 (PP-415)	85
Tabel 5.62 Spesifikasi Pompa 416 (PP-416)	85
Tabel 5.63 Spesifikasi Pompa 417 (PP-417)	86
Tabel 5.64 Spesifikasi Pompa 418 (PP-418)	86
Tabel 5.65 Spesifikasi Pompa 419 (PP-419)	87
Tabel 5.66 Spesifikasi Pompa 501 (PP-501)	87
Tabel 5.67 Spesifikasi Pompa 502 (PP-502)	88
Tabel 5.68 Spesifikasi Pompa 503 (PP-503)	88

Tabel 6.1 Kebutuhan Air Untuk Air Pendingin	92
Tabel 6.2 Kebutuhan Air Untuk Air Boiler.....	95
Tabel 6.3 Kebutuhan Air Untuk Air Proses	97
Tabel 6.4 Tingkatan Kebutuhan Informasi dan SistemPengendalian	113
Tabel 6.5 Pengendalian Variabel Utama Proses.....	114
Tabel 7.1 Perincian Luas Area Pabrik <i>Triethanolamine</i>	120
Tabel 8.1 Jadwal Kerja Masing-Masing Regu	139
Tabel 8.2 Perincian Tingkat Pendidikan	140
Tabel 8.3 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses	141
Tabel 8.4 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas.....	142
Tabel 8.5 Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	142
Tabel 9.1 <i>Fixed Capital Investment</i>	149
Tabel 9.2 <i>Manufacturing Cost</i>	151
Tabel 9.3 <i>General Expenses</i>	152
Tabel 9.4 Hasil Analisa Kelayakan Ekonomi	156

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Grafik Impor Trietanolamine di Indonesia	9
Gambar 7.1 Peta Kabupaten Karawang	121
Gambar 7.2 Lokasi Pabrik.....	121
Gambar 7.3 Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung.....	122
Gambar 7.4 Tata letak alat proses.....	123
Gambar 8.1 Struktur Organisasi Perusahaan	128
Gambar 9.1. Analisa Ekonomi Pabrik <i>Triethanolamine</i>	154
Gambar 9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> terhadap Umur Pabrik.....	156

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan wilayah laut dan daratan serta memiliki sumber daya alam yang melimpah. Indonesia juga merupakan salah satu negara berkembang yang sedang giat melakukan pembangunan di segala bidang, sehingga mengakibatkan beberapa sektor sedang mengalami pembenahan, mulai dari sektor ekonomi, pendidikan dan kesehatan. Pembangunan di sektor ekonomi paling digiatkan oleh pemerintah untuk mencapai kemandirian perekonomian nasional. Untuk mencapai tujuan ini, pemerintah menitik beratkan pembangunan di sektor industri, selain itu sektor industri juga merupakan sektor utama yang menyumbang pertumbuhan ekonomi terbesar dalam 2 tahun terakhir ini. Pembangunan industri ditujukan untuk memperkuat struktur ekonomi nasional dengan keterkaitan yang kuat dan saling mendukung antar sektor, meningkatkan daya tahan perekonomian nasional, meningkatkan ekspor dan menghemat devisa untuk menunjang pembangunan selanjutnya.

Pembangunan sektor industri di Indonesia terus mengalami peningkatan, salah satunya adalah pembangunan sektor industri kimia. Namun, ketergantungan

Indonesia dalam mengimpor bahan baku atau produk dari luar negeri lebih besar daripada ekspor. Akibat adanya ketergantungan impor ini, menyebabkan devisa negara semakin berkurang sehingga diperlukan suatu usaha untuk mengatasi ketergantungan tersebut. Salah satunya adalah dengan mendirikan industri untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Dalam perkembangannya, banyak bahan mentah atau setengah jadi yang telah diolah menjadi produk jadi atau intermediet, hal ini mengakibatkan berkurangnya ketergantungan Indonesia terhadap produk impor. Dalam usaha ini pemerintah memprioritaskan pembangunan industri yang dapat meningkatkan pertumbuhan industri lain yang semakin pesat.

Meskipun Indonesia memiliki banyak industri untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, namun ada beberapa kebutuhan yang sampai saat ini masih impor bahkan dengan jumlah yang besar. Salah satu produk impor adalah trietanolamine (TEA). Trietanolamine digunakan sebagai bahan intermediate pembuatan surfaktan, gas purification, bahan baku pembuatan etilenimine, zat aditif semen, pelumas, pencegah korosi, dan bahan kimia tekstil, serta bahan kimia lainnya. Pada proses industri, 32% trietanolamine digunakan dalam industri pembuatan surfaktan, 7% etanolamine digunakan sebagai salah satu zat aditif dalam pembuatan semen, 9% *metal cleaning*, 15% sebagai bahan absorben untuk pemurnian gas terhadap gas alam, 7% sebagai bahan kimia di pabrik tekstil, 23%, 4% sebagai pengemulsi pestisida (pertanian) (ww.icis.2004)

Menurut sumber dari BPS, rata-rata Indonesia mengimpor 15.000 ton Trietanolamine setiap tahunnya. Sementara itu, di Indonesia belum ada pabrik yang memproduksi

Trietanolamine dan saat ini pasokan Trietanolamine diimpor dari Amerika Serikat, China, Jepang, Inggris, Malaysia, German, Singapura, Taiwan dan Korea melalui agen distributor di Indonesia. Hal ini menjadi kesempatan yang cukup berpotensi untuk mendirikan pabrik ton Trietanolamine di Indonesia agar dapat mengurangi biaya impor dan dapat menambah devisa negara apabila diekspor, mengingat Indonesia sudah tergabung ke dalam Masyarakat Ekonomi Asean (MEA) yang menuntut akan kemandirian dan inovasi yang maksimal.

Secara umum dapat disimpulkan latar belakang pendirian pabrik Trietanolamine adalah sebagai berikut :

1. Investasi teknologi industri kimia dalam perkembangan dan kemajuan pembangunan nasional.
2. Mengurangi ketergantungan bahan etanolamin sebagai produk penunjang.
3. Manfaat secara langsung atau tidak langsung dapat dirasakan oleh masyarakat baik dalam bidang lapangan kerja dan hasil industri.

1.2 Kegunaan Produk

Trietanolamine merupakan senyawa organik dari golongan amina primer (karena terdapat gugus amino) dan merupakan golongan alkohol primer (adanya gugus hidroksil) Penggunaan senyawa etanolamin adalah sebagai berikut :

1. Surfaktan

Trietanolamine digunakan sebagai bahan intermediate dari produksi surfaktan, yang mana akan dijadikan bahan baku pembuatan deterjen, tekstil, pengemulsi dan *leather chemical*. Penggunaannya dari *drilling* dan pemotongan minyak untuk *medical soap* dan perlengkapan mandi berkualitas tinggi. Dalam industry *leather*, etanolamin digunakan sebagai bahan kimia tekstil, mewarnai, sebagai produksi pelembut dan *paint removers*. Trietanolamine digunakan sebagai surfaktan direaksikan dengan *fatty acid* (asam lemak).

2. Gas Purification

Trietanolamine digunakan untuk menghilangkan CO₂ dan berbagai gas buang lainnya dari gas alam dan *refinery gases*. Trietanolamine digunakan sebagai absorben karena kinetika reaksi yang cepat terhadap CO₂, selektivitas yang tinggi, kelarutan hidrokarbon yang rendah serta murah. Trietanolamine direaksikan dengan *hydrogen sulfide* pada temperatur rendah dan *releases hydrogen sulfide* pada temperatur tinggi. Trietanolamine digunakan sebagai absorben di konsentrasi antara 40%-50%. Di konsentrasi ini memiliki kapasitas dan daya serap yang tinggi.

3. Produksi Semen

Dalam produksi Semen, etanolamine digunakan untuk meningkatkan kekuatan, mengurangi waktu pengeringan dan melindungi terhadap pengaruh pembekuan dan pencairan. Etanolamine sebagai bahan aditif pada semen berfungsi ganda sebagai alat bantu penggilingan dan pack set inhibitor,

dibutuhkan sekitar 0,005% sampai 0,05% ethanolamine sebagai zat aditif dari berat semen. Etanolamine khususnya trietanolamine direaksikan dengan asam asetat dan air akan bereaksi menjadi *ethanolamine acetate*, dimana reaksi berlangsung secara eksotermis

4. Textile

Trietanolamine dapat meningkatkan pewarnaan di textile, dimana e Trietanolamine di reaksikan dengan minyak alami dimanfaatkan sebagai pelumas tekstil.

5. *Metal Cleaning*

Diethanolamine dan triethanolamine sebagai kontribusi efektivitas biostatik dan ketahanan korosi yang tinggi. Trietanolamin, bereaksi dengan asam lemak, diformulasikan dalam minyak yang dapat diemulsikan, cairan pemotongan, dan cairan cutting yang larut dalam air. Triethanolamine adalah *chelating agent* yang sangat baik dalam larutan dasar.

6. *Wood Pulping*

Trietanolamine digunakan di industri *wood pulping* untuk pretreatment dari proses alkaline. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan yields. Trietanolamine juga untuk meningkatkan kekuatan dan kecerahan pada bubur kertas. Kombinasi dari *aqueous lignin slurry* dengan Trietanolamine telah menghasilkan garam lignin yang cocok untuk mencetak komposisi .

(Ullman's,)

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik memerlukan bahan baku untuk diolah menjadi barang setengah jadi atau jadi sebagai produk. Bahan-bahan baku ini perlu diangkut dari sumbernya ke lokasi pabrik untuk diolah. Pabrik harus memperoleh jumlah bahan baku yang dibutuhkan dengan mudah, layak harganya, kontinyu dan biaya pengangkutan yang rendah serta tidak rusak sehingga bila diolah biaya produksinya dapat ditekan dan kualitas produk yang dihasilkan baik. Bahan baku utama pada proses pembuatan Trietanolamine ada 2, yaitu etilen oksida dan ammonia. Etilen Oksida diperoleh dari PT Polychem Indonesia (Persero) Tbk yang berlokasi di Cilegon, Banten dan PT GT Petrochem Industry (Persero) yang berlokasi di Cilegon, Banten. Ammonia diperoleh dari PT Pupuk Kujang yang memproduksi ammonia rata-rata 600.000 ton setiap tahun. Pabrik ini berlokasi di Cikampek, Karawang, Jawa barat.

1.4 Analisa Pasar

Penilaian analisa pasar dari pabrik Etanolamine meliputi :

a. Harga Bahan Baku

Harga bahan baku untuk proses pembuatan Etanolamine terdapat pada Tabel 1.1

Tabel 1.1. Harga Bahan Baku Etanolamine

Bahan Baku	Harga (Rp/Ton)
Etilen Oksida	21.429.443
Amoniak	7.091.275

(sumber: www.icis.com, 2018)

b. Harga Produk

Harga produk terdapat pada Tabel 1.2

Tabel 1.2. Harga Produk

Produk	Harga (Rp/Ton)
Trietanolamine	26.441.168

(Sumber :www.icis.com, 2018)

1.5 Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi suatu pabrik ditentukan berdasarkan data impor, , kebutuhan konsumsi produk dalam negeri, serta data produksi yang telah ada di dunia, sebagaimana dapat dilihat dari berbagai sumber.

a. Data Impor Trietanolamine di Indonesia

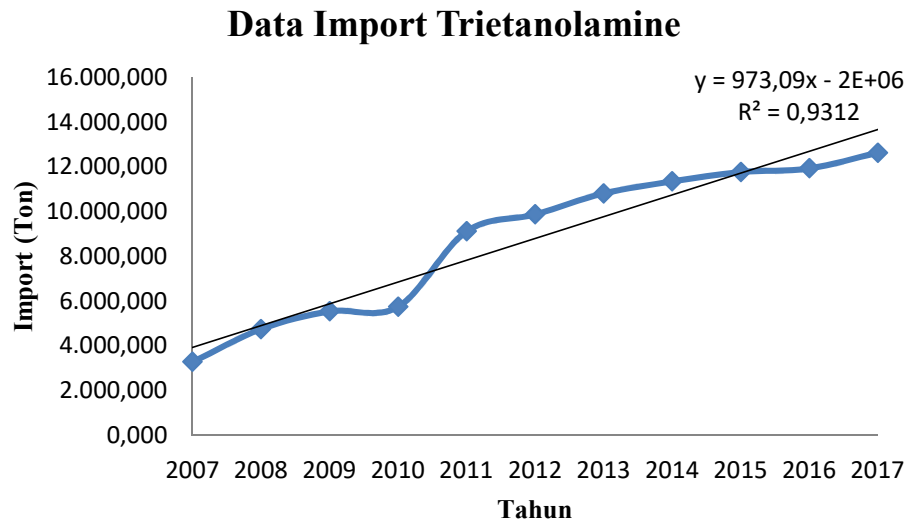
Trietanolamine merupakan bahan intermediet yang dibutuhkan di Indonesia. Akan tetapi, di Indonesia belum ada pabrik yang memproduksi Trietanolamine dan hingga saat ini Indonesia masih mengimpor dalam jumlah yang cukup besar. Berikut ini adalah data impor Trietanolamine beberapa tahun terakhir yang disajikan pada tabel 1.3.

Tabel 1.3. Data Impor Trietanolamine di Indonesia

Tahun	Data Import (Ton/tahun)
2007	3.285,087
2008	4.756,763
2009	5.545,650
2010	5.751,820
2011	9.123,990
2012	9.878,170
2013	10.815,020
2014	11.352,220
2015	11.767,492
2016	11.937,474
2017	12.637,068

(sumber:BPS 2010-2017)

Data Badan Pusat Statistik di Indonesia menunjukkan bahwa kebutuhan Trietanolamine di Indonesia setiap tahunnya cenderung mengalami peningkatan. Oleh karena itu, diperlukannya industri yang memproduksi Trietanolamine guna memenuhi kebutuhan yang meningkat di dalam negeri sehingga dapat menekan angka kebutuhan impor. Grafik peningkatan kebutuhan impor Trietanolamine dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Grafik 1.1 Data Impor Trietanolamine di Indonesia

Berdasarkan data impor Trietanolamine dari Tabel 1.3 diperoleh persamaan regresi linier. Apabila diproyeksikan pada tahun 2022 diperkirakan jumlah impor Trietanolamine sebesar:

$$(y) = 973,09x - 2E+06$$

$$= 32.412,02 \text{ Ton}$$

Impor Trietanolamine yang semakin besar menunjukkan kebutuhan produk semakin meningkat setiap tahunnya. Akan tetapi, penyediaan produk Trietanolamine dalam negeri masih diimpor dari luar negeri. Oleh karena itu, perencanaan pendirian pabrik Trietanolamine di Indonesia cukup penting untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, serta dapat mengurangi angka pengangguran. Pendirian pabrik Trietanolamine didukung dengan masih banyaknya lahan yang dapat digunakan untuk mendirikan pabrik, SDM yang

banyak, letak geografis yang strategis dan kebutuhan dunia akan Trietanolamine yang besar.

b. Kebutuhan Trietanolamine

Di Indonesia, Trietanolamine paling banyak dikonsumsi oleh industri surfaktan, bahan intermediate, industri semen, komestik, gas purification dan sebagainya.

1. Surfaktan

Menurut ICIS pada tahun 2004, etanolamine digunakan sebagai surfaktan yaitu sekitar 32%. Menurut Kompas, kebutuhan surfaktan di Indonesia yaitu 55.000 ton/tahun, sehingga e Trietanolamine yang dibutuhkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan} &= 32\% \times 55.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 17.600 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

2. Gas Purification

Menurut ICIS pada tahun 2004, Trietanolamine digunakan di *Gas Purification* sekitar 15%. Data Kebutuhan Gas alam di Industri sebagai berikut :

No.	Industri	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	Pupuk	16.077,71
2	Petrokimia	5.994,45
Total		22.072,16

Dari tabel di atas, diketahui total kebutuhan gas alam sebesar 22.072,16 ton/tahun, kebutuhan Trietanolamine yang dibutuhkan di *gas purification* di industri yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan} &= 15\% \times 22.072,16 \text{ ton/tahun} \\ &= 3.310,824 \text{ ton/tahun.} \end{aligned}$$

3. Industri Semen

Data industri semen menurut pada tahun 2014 sebagai berikut :

No	Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Indocement Tungal		
1	Perkasa	17.100.000
2	PT. Semen Baturaja	1.250.000
3	PT. Semen Padang	5.240.000
4	PT. Semen Gersik	16.920.000
5	PT. Semen Holcim	9.700.000
6	PT. Semen Tonasa	2.418.000
7	PT. Semen Bosowa	3.000.000
Total		55.628.000

Dari tabel di atas, diketahui total produksi semen sebesar 55.628.000 ton/tahun, kebutuhan Trietanolamine yang dibutuhkan di industri semen yaitu

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan} &= 0,05\% \times 55.628.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 27.814 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

4. Textile

Trietanolamine digunakan di industri textile menurut ICIS yaitu sekitar 4%.

Sehingga kebutuhan etanolamine yaitu

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan} &= 4\% \times 30.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 1.200 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

5. *Wood Pulping*

Industri pulp di Indonesia menurut Kemenpri yaitu 7.900.000 ton/tahun, sehingga kebutuhan Trietanolamine yang digunakan di industri pulp sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan} &= 0,3\% \times 7.900.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 23.700 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

c. Kapasitas Pabrik Etanolamine di Dunia

Adapun kapasitas industri Trietanolamine yang telah berdiri di beberapa Negara adalah sebagai berikut:

Tabel 1.4 Industri Trietanolamine di Berbagai Negara

Nama Industri	Kapasitas Produksi (Ton/tahun)
Dow Chemical, Seadrift, Tex	195.000
Dow Chemical, Taft, La	100.000
Equistar, Bayport, Tex	20.500
Hunstman, Port Nechos, Tex	160.000
Ineos, Plaquemine, La	160.000
Kawasaki Plant	40.000
Nipon Shokubai	50.000
Jianxing, Jinyan Chemical	50.000
Greensoft, Daesan South Korea	20.000
Mitsui Chemicals, Osaka Japan	40.000
Akzo Nobel, Sweden	66.000
Arak Petrochemical, Arak Iran	30.000
JSC Syntez, Russia	22.000
Total	953.500

(Sumber: www.icis.com, 2018)

Dari Tabel 1.4 dapat dilihat bahwa kapasitas produksi minimal di dunia sebesar 20.500 ton/tahun, sedangkan kebutuhan impor Trietanolamine di dalam negeri dapat diprediksi pada tahun 2022 berkisar 32.412,02 ton/tahun, dengan asumsi selama 2018-2022 tidak ada pertumbuhan pabrik Trietanolamine di Indonesia. Konsumsi Trietanolamine di Indonesia sebesar 73.624,8 ton/tahun.

Berdasarkan data-data impor dan konsumsi, Indonesia masih kekurangan Trietanolamine sebesar 41.212,8 ton/tahun. Maka dapat disimpulkan bahwa pabrik Trietanolamine yang akan direncanakan mampu memenuhi 90% kebutuhan dalam negeri, maka pabrik Trietanolamine direncanakan memiliki kapasitas sebesar 37.000 ton/ tahun, sehingga diharapkan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan Trietanolamine dalam negeri.
2. Pabrik dapat dijalankan karena kapasitas rancangan berada di atas kapasitas terkecil pabrik yang ada di dunia.
3. Dapat mendorong pertumbuhan dan perkembangan berdirinya industri-industri lain yang menggunakan bahan baku Trietanolamine

1.6 Lokasi Pabrik

Dalam penentuan serta pemilihan lokasi dan tata letak suatu pabrik merupakan salah satu aspek penting yang harus diperhatikan selama proses prarancangan dilakukan. Hal ini dilakukan karena dengan menentukan lokasi pabrik dan tata letak kita dapat menentukan seberapa besar pabrik akan dibuat. Lokasi pabrik yang dianggap sesuai untuk mendirikan suatu pabrik adalah sebagai berikut :

1. Kemampuan untuk melayani konsumen dengan memuaskan
2. Kemampuan untuk mendapatkan bahan mentah yang berkesinambungan dan harganya sampai di tempat cukup murah
3. Kemampuan untuk mendapatkan tenaga karyawan.

Faktor-faktor tersebut perlu dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pabrik selain faktor bentuk, tujuan, dan jenis pabrik. Berdasarkan faktor-faktor tersebut, maka pabrik yang akan didirikan berlokasi di Cikampek, Karawang, di Provinsi Jawa Barat Adapun beberapa faktor lain yang mendukung pemilihan lokasi ini adalah sebagai berikut:

1. Ketersediaan Bahan Baku

Kriteria pemilihan lokasi didasarkan pada kemudahan dalam mendapatkan bahan baku. Karena pabrik ini menggunakan bahan baku etilen oksida dari PT Polychem Indonesia Tbk. Serang, Banten dan Amoniak dari PT Pupuk Kujang, Cikampek, Jawa Barat, maka lokasi yang ideal adalah di daerah Cikampek, Jawa Barat ,sebab akan mudah dalam mendistribusikan bahan baku serta dapat menghemat biaya distribusi bahan baku.

2. Pemasaran Produk

Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah area pemasaran yang membutuhkan etanolamin dan jumlah kebutuhannya. Daerah Cikampek, Jawa Barat merupakan daerah industri kimia yang berpotensi sebagai konsumen, terutama pada industri atau pabrik yang menggunakan bahan baku Cikampek, Jawa Barat

3. Sarana transportasi

Sarana dan prasarana transportasi sangat diperlukan untuk proses penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Dengan adanya fasilitas jalan raya dan pelabuhan laut yang memadai, maka pemilihan lokasi di Cikampek, Jawa Barat.

4. Tenaga kerja

Tersedianya tenaga kerja yang terampil mutlak diperlukan untuk menjalankan mesin-mesin produksi. Tenaga kerja dapat direkrut dari daerah Jawa Barat, Jawa tengah, dan sekitarnya.

5. Penyediaan utilitas

Perlu diperhatikan sarana-sarana pendukung seperti tersedianya air, listrik, dan sarana lainnya sehingga proses produksi dapat berjalan dengan baik. Sebagai suatu kawasan industri yang telah direncanakan dengan baik dan tempat industri berskala besar, Jawa Barat telah mempunyai sarana-sarana pendukung yang memadai. Cikampek, Jawa Barat juga termasuk dalam kawasan industri yang telah ditetapkan pemerintah, dan untuk memenuhi kebutuhan utilitas Penyediaan air tidak mengalami kesulitan karena dekat dengan sungai.

X. SIMPULAN DAN SARAN

10.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik *Triethanolamine* dengan kapasitas 37.000ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak sebesar 29,17%.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 1,68 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 50,25% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 25,41%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
4. *Interest Rate of Return* (IRR) sebesar 21,59%, lebih besar dari suku bunga bank saat ini, sehingga investor akan lebih memilih untuk menanamkan modalnya ke pabrik ini daripada ke bank.

10.2 Saran

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Prarancangan Pabrik *Triethanolamine* dengan kapasitas 37.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik. 2018. *Statistic Indonesia*. Diakses melalui www.bps.go.id. pada 16 Agustus 2018.

Badan Pusat Statistik. 2019. 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 Mei 2019.

Bank Indonesia. 2018. *Nilai Kurs*. Diakses melalui www.bi.go.id. pada 30 April 2019.

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 Industry News. 2019. *Chemical, Price Reporting*. www.icis.com. Diakses 15 April 2019.

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

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

Equipment Cost. 2017. <http://www.matches.com>, diakses tanggal 13 Mei 2019

Fogler, H. Scott. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering 4th edition*.

Prentice Hall International Inc. : United States of America.

Geankoplis, Christie. J. 1993. *Transport Processes and unit Operation 3rd edition*.

Allyn & Bacon Inc, New Jersey.

Himmelblau, David. 1996. *Basic Principles and Calculation in Chemical*

Engineering. Prentice Hall Inc, New Jersey.

Icis Price Info. 2016. <http://www.icis.com>. diakses pada tanggal 14 Desember 2018.

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.

Levenspiel, O. 1972. *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*. John Wiley and

Sons Inc, New York.

Ludwig, E. Ernest. 1999. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical*

Plants 3rd edition. Houston : Gulf Publishing Company

Matar, S. and Hatch, F.L, 2000, *Chemistry of Petrochemical Processes*, Gulf

Publishing Company, Texas

Matches, 2016. *Matches' Process Equipment Cost Estimates*. www.matche.com.

Diakses pada 10 April 2019.

Mc Ketta, J.J., and Cunningham, W.A., 1977, *Encyclopedia of Chemical*

Processing and Design, Vol. V, 101 – 245, Marcel Dekker, Inc., New York.

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

- Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th edition*. McGraw Hill : New York.
- Peter.M.S. and Timmerhause.K.D., 1991, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3^{ed}*, McGraww-Hill Book Company, New York.
- Smith, J. M., H.C. Van Ness, and M. M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6th edition*. McGraw Hill : New York.
- Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 2003. *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.
- Ulmann, F. 2000. "Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry". Six Ediition. CD-ROM. Berlin. Ullman, 1990, Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol A 16, VCH, Germany
- Ulrich, G. D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Book Co., NewYork
- www.Freepatentonline.com, Accesed September 2018.