

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM PROPIONAT
DARI PROPIONALDEHID dan UDARA
KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN**

(Tugas Khusus Perancangan Reaktor Gelembung (RE-101))

(Skripsi)

Oleh

CHITRA MUTIARA USMAN



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK ASAM PROPIONAT DARI PROPIONALDEHID DAN UDARA DENGAN KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor Gelembung (R-101))

**Oleh
CHITRA MUTIARA USMAN**

Pabrik Asam Propionat berbahan baku Propionaldehid dan Udara, direncanakan didirikan di Kawasan Industri Gresik, Jawa Timur. Pendirian pabrik berdasarkan atas pertimbangan akan sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja yang mudah didapatkan, kondisi lingkungan dan banyaknya Industri lain pengguna langsung Asam Propionat di daerah tersebut.

Pabrik direncanakan memproduksi Asam Propionat sebanyak 25.000 ton/tahun, dengan waktu operasi 24 jam/hari, 333 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah Bijih Mangan sebanyak 3.299,7360 kg/jam dan Udara sebanyak 4.977,9567 kg/jam.

Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik terdiri dari unit pengadaan udara proses, pengadaan listrik, pengadaan agen penukar panas dan udara instrument.

Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 147 orang.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp. 373.491.102.531,60
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp. 65.910.194.564,40
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp. 439.401.297.095,99
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 46,4384 %
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 1,7358 Tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,0795 Tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	= 40,4682 %
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 32,3746 %
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 51,0412 %

Mempertimbangkan paparan di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik Asam Propionat ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai masa depan yang baik.

ABSTRACT

MANUFACTURING OF PROPIONIC ACID FROM PROPIONALDEHYDE AND AIR WITH CAPACITY 25.000 TONS/YEAR (Design of Bubble Reactor (R-101))

By
CHITRA MUTIARA USMAN

Propionic Acid plant with raw materials, Propionaldehyde and Air is planned to be built in Gresik, East Java. Establishment of this plant is based on some consideration due to the transportation, the labors availability, the environmental condition, and also existence of some industrial that use Propionic Acid as their raw material near this location.

This plant is meant to produce 25,000 tons/year with 333 working days in a year. The raw materials used consist of 3.299,7360 kg/hour of Propionaldehyde and 4.977,9567 kg/hour of Air.

The utility units consist of process air system, heat exchanger agent system, power generation system and instrumentation & control system.

The bussines entity form is Limited Liability Company (Ltd) using line and staff organizational structure with 147 labors.

From the economic analysis, it is obtained that:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp. 373.491.102.531,60
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp. 65.910.194.564,40
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp. 439.401.297.095,99
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 46,4384 %
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 1,7358 Tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,0795 Tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	= 40,4682 %
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 32,3746 %
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 51,0412 %

Considering the summary above, it is proper to study the establishment of Propionic Acud plant further, because the plant is profitable and has good prospects.

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM PROPIONAT
DARI PROPIONALDEHID dan UDARA
KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN**

(Tugas Khusus Perancangan Reaktor Gelembung (RE-101))

Oleh

CHITRA MUTIARA USMAN

**Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA TEKNIK
pada
Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

Judul Skripsi

: **PRARANCANGAN PABRIK ASAM PROPIONAT
DARI PROPIONALDEHID DAN UDARA
KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor Gelembung (R-101))**

Nama Mahasiswa

: **Chitra Mutiara Usman**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1015041025

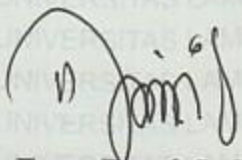
Program Studi

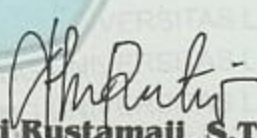
: Teknik Kimia

Fakultas

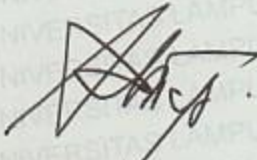
: Teknik




Dr. Eng. Dewi A. Iryani, S.T., M.T.
NIP. 197208252000032001


Heri Rustamaji, S.T., M.Eng.
NIP. 198212252010121005

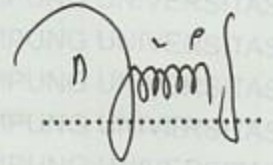
Ketua Jurusan Teknik Kimia


Ir. Azhar, M.T.
NIP. 196604011995011001

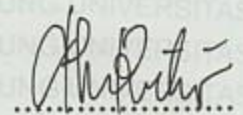
MENGESAHKAN

Tim Penguji

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

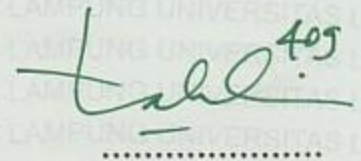


Sekretaris : **Heri Rustamaji, S.T., M.Eng.**



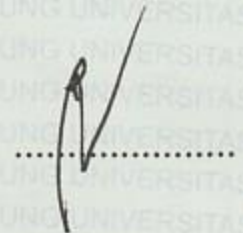
Penguji

Bukan Pembimbing : **Taharuddin, S.T., M.Sc**



Sekretaris

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



Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



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

NIP. 19620717 198703 1 0002

Tanggal Lulus Skripsi : **22 Mei 2017**

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, 25 Juli 2017



Chitra Mptiara Usman
NPM. 1015041025

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandarlampung, pada tanggal 2 Februari 1993, sebagai putri kedua dari tiga bersaudara, pasangan Bapak Usman Gumanti dan Ibu Rosyanti Rahman (Almh).

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Pertiwi Provinsi Lampung tahun 1997, Sekolah Dasar di SD Negeri 2 Rawalaut tahun 2004, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 2 Bandarlampung pada tahun 2007, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 2 Bandarlampung pada tahun 2010.

Pada tahun 2010, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) 2010. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan yaitu, Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (HIMATEMIA) FT Unila sebagai staf Divisi Chemical Engineering English Club 2011 – 2012, dan sekretaris Divisi Chemical Engineering English Club Periode 2012 -2013.

Pada tahun 2014, penulis melakukan Kerja Praktek di PT. Polychem Indonesia, Tbk. Cilegon, Banten dengan Tugas Khusus “Analisis Operasional Pompa PC-

221”. Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Analisa Kuat Tarik Komposit Beton Selulosa dan Hemiselulosa Dari Sabut Kelapa”, dimana penelitian tersebut dipublikasikan pada Seminar Nasional Kimia UGM 2016 “Pemanfaatan Kimia Material untuk Meningkatkan Daya Saing Indonesia Dalam MEA”. Selama masa perkuliahan, Penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Negri Agung, Kecamatan Marga Tiga, Kabupaten Lampung Timur, Lampung.

MOTTO

*“ Jika kamu tidak dapat menahan selahnya belajar,
maka kamu harus sanggup menahan perihnya
kebodohan ”*

-Imam Syafi'i-

*“ Bersungguh-sungguhlah dalam proses, karena hasil
tidak akan mengkhianati proses. ”*

-Ayah-

Sebuah Karya Kecilku.....

Dengan segenap hatiku persembahkan tugas akhir ini kepada :

Allah SWT,

Atas kehendak-Nya semua ini ada

Atas rahmat-Nya semua ini aku dapatkan

Atas kekuatan-Nya aku bisa bertahan.

Orang tuaku sebagai tanda baktiku, terima kasih atas segalanya,

doa, kasih sayang, pengorbanan, dan keikhlasannya

Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa dibandingkan dengan

berjuta - juta pengorbanan dan kasih sayang

yang tidak pernah berakhir.

Adik - adikku atas segala semangat, doa dan kasih sayang.

Guru - guruku sebagai tanda hormatku,

terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.

Kepada Almamaterku tercinta,

Semoga kelak berguna dikemudian hari.

SANWACANA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Asam Propionat dari Propionaldehid dan Udara kapasitas 25.000 ton/tahun” ini dapat terselesaikan 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. Bapak Prof. Dr. Suharno, B.Sc., M.S., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Azhar, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung dan sekaligus sosok yang setiap ucapannya selalu menjadi semangat baru bagi penulis.
3. Ibu Dr. Eng. Dewi Agustina Iryani, S.T., M.T., dan Bapak Heri Rustamaji, S.T., M. Eng., selaku Dosen Pembimbing I dan II, yang telah memberikan ilmu, pengarahan, bimbingan, kritik dan saran serta semangat selama penyelesaian tugas akhir ini. Semoga segala kebaikan Ibu dan Bapak dibalas oleh Allah SWT.
4. Bapak Taharuddin, S.T., M.Sc. dan Ibu Panca Nugrahini F, S.T., M.T. selaku Penguji I dan II yang telah sukarela menyisihkan sebagian

waktunya untuk memberikan kritik dan saran agar penulis bisa menciptakan karya yang mumpuni.

5. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, terimakasih tak terhingga atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat dan berguna bagi kehidupan penulis.
6. Orang-orang tercinta; Ayah, Ibu (Almh), Bunda, Ujuk, Atu, Pakcik (Alm), Njat (Alm), Uni, Mbak icha, Munsha, Kak Alex dan seluruh keluarga besar yang terus memberikan dukungan baik moral, spiritual maupun material kepada penulis. Terlalu banyak rasa syukur ini, sehingga tak akan cukup untuk dituliskan di atas kertas.
7. Almer Alnadan Otman, *my MoodBooster!!!* Yang selalu bertingkah lucu dan mampu memutarbalikkan keadaan dari penat menjadi semangat ketika penulis pulang kerumah.
8. “TheyAreThatMatters” → Mango, Sika, Dwi, Tia, Nia, Echa, Abhe, Adhe, Nisya, Winda, Gindi, dan Vita. as “orang-orang dibalik layar” yang selaaaluuuu ada disetiap *chapter* kehidupan si penulis. *You all have no idea how you are needed.*
9. *My partner in crime*, M. Yuli Atrafatrin. Akhirnya selesai juga drama tugas akhir ini! Thanks bro!
10. Chindo Brothers Sisters All Crews (Fahmi, Okta, Sandi, Aulizar, Wildan, Asmi, Ari, Yudi, Galih, Tauhid, Alif, Dayat, Kak Ines, Kak Dila, Kak Adek dan yang lainnya yang banyak banget kalau harus disebutkan semua) termasuk owner dan tim pendukung kantin chindo. Terimakasih sudah jadi tempat kumpul ternyaman, tempat ngobrol ter-HAHAHA selama ini. Kalian

akan selalu dihati ☺

11. Teman-teman seperjuangan angkatan 2010 di Teknik Kimia. Kalian luar biasa. Apakah arti hidup penulis dikampus ini tanpa keberadaan kalian hehehe. Terima kasih atas segalanya, kebersamaannya, persaudaraannya. Kehidupan kuliah jadi menyenangkan karena penulis adalah bagian dari kalian. Sampai bertemu diwaktu dan keadaan yang lebih baik.
12. Adik-adik di kampus dan Kakak-Kakak yang sudah lebih dulu selesai berjuang, yang memberi “petuah”, yang sudah sangat banyak mendukung penulis selama ini, yang sudah direpotkan amat sangat, ditanya ini dan itu selama penulis mengerjakan skripsi, yang walaupun kita gak selalu bertegur sapa atau entah terpisah seberapa jauh, tapi saling mengerti bahwa kita adalah keluarga. Keluarga Besar Teknik Kimia Unila; Kak Ajay, Kak Eko, Kak Fian, Kak Atung, Kak Yuri, Kak Andi, dan kakak-kakak lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Dan terimakasih pula untuk semua pihak tanpa terkecuali yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini, entah dalam bentuk materi, motivasi, ilmu, pengalaman, dan saran serta kritik. Semoga karya ilmiah ini dapat berguna dikehidupan yang akan datang dan Allah SWT senantiasa membalas segala kebaikan kalian terhadap penulis. Aamin Ya Rabbal Alaamiin.

Bandar Lampung, Juli 2017

Penulis,

Chitra Mutiara Usman

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

I. PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang	1
1.2.Kegunaan Produk	2
1.3.Ketersediaan Bahan Baku	3
1.4.Analisis Pasar	3
1.5.Kapasitas Rancangan.....	4
1.6.Lokasi Pabrik.....	10

II. DESKRIPSI PROSES

2.1 Macam-macam Proses	15
2.2 Perbandingan Proses	16
2.3 Pemilihan Proses	26
2.4 Uraian Proses	27

III. SPESIFIKASI BAHAN KIMIA

3.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	29
3.2 Spesifikasi Katalis	31
3.3 Spesifikasi Produk.....	31
3.4 Data Perhitungan Kapasitas Panas	32

IV. NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI

4.1 Neraca Massa	33
4.1.1 Reaktor (RE-101)	34
4.1.2 Menara Distilasi 1 (MD-101).....	34
4.1.3 <i>Condenser 1</i> (CD-101).....	35
4.1.4 <i>Reboiler 1</i> (RB-101).....	35
4.1.5 Menara Distilasi 2 (MD-102).....	36
4.1.6 <i>Condenser 2</i> (CD-102).....	36
4.1.7 <i>Reboiler 2</i> (RB-102).....	37
4.1.8 <i>Recycle</i> Propionaldehid	37
4.2 Neraca Energi.....	38
4.2.1 <i>Heat Exchanger 101</i>	38
4.2.2 <i>Heat Exchanger 102</i>	38
4.2.3 <i>Heat Exchanger 103</i>	39
4.2.4 Reaktor 101	39
4.2.5 <i>Cooler 101</i>	40
4.2.6 Menara Distilasi 101	40
4.2.7 Menara Distilasi 102	40

V. SPESIFIKASI ALAT

5.1 Spesifikasi Peralatan Unit Proses.....	41
5.2 Spesifikasi Peralatan Unit Utilitas	64
5.2.1 Peralatan Unit Penyedia Agen Penukar Panas	64
5.2.2 Peralatan Unit Penyedia Udara	70
5.2.3 Peralatan Unit Penyedia Listrik	72
5.2.4 Peralatan Unit Penyedia Air.....	74

VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

6.1 Unit Penyedia dan Pengolahan Agen Penukar Panas	76
6.2 Unit Penyedia Udara	79
6.3 Unit Penyedia Air	82
6.4 Laboratorium.....	85
6.5 Instrumentasi dan Pengendalian Proses	89
6.6 Unit Pembangkit Listrik.....	91
6.7 Unit Pengolahan Limbah	103

VII. TATA LETAK PABRIK

7.1 Lokasi Pabrik	104
7.1.1 Fasilitas Transportasi	104
7.1.2 Penyediaan Utilitas	106
7.1.3 Tenaga Kerja.....	106
7.1.4 Letak Geografis dan Keadaan Iklim	107
7.2 Tata Letak Pabrik	107

VIII. MANAJEMEN DAN ORGANISASI

8.1 Bentuk Perusahaan	112
8.2 Struktur Organisasi Perusahaan	115
8.3 Tugas dan Wewenang	118
8.4 Status Karyawan dan Sistem Penggajian	139
8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan	141
8.6 Penggolongan Karyawan dan Jumlah Karyawan	143
8.7 Kesejahteraan Karyawan	147

IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1 Investasi	151
9.2 Evaluasi Ekonomi	156
9.3 <i>Discounted Cash Flow</i>	158

X. SIMPULAN DAN SARAN

10.1 Simpulan.....	160
10.2 Saran.....	160

FLOWSHEET

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

LAMPIRAN E

LAMPIRAN F

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Data Industri Pengguna Asam Propionat se- Asia Tenggara	4
1.2 Data Impor <i>Propionic Acid</i> Indonesia	4
1.3 Data Impor <i>Propionic Acid</i> Asia Tenggara	6
1.4 Data Produksi <i>Propionic Acid</i> di Asia Tenggara.....	7
1.5 Daftar Nama Industri Pengguna Asam Propionat di Jawa Timur	14
2.1 Nilai ΔH°_f Komponen Reaksi 1	16
2.2 Nilai ΔH°_f Komponen Reaksi 2	17
2.3 Nilai ΔG°_f Komponen Reaksi 1.....	18
2.4 Nilai ΔG°_f Komponen Reaksi 2.....	24
2.5 Harga Bahan Baku dan Produk	25
2.6 Perbandingan Dua Proses Pembuatan <i>Propionic Acid</i>	26
3.1 Data Konstanta Perhitungan Cp reaktan dan produk.....	31
4.1.1 Neraca Massa Reaktor (RE – 101)	33
4.1.2 Neraca Massa Distilasi (MD-101).....	33
4.1.3 Neraca Massa <i>Condenser</i> (CD-101).....	34
4.1.4 Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-101).....	34

4.1.5	Neraca Massa Menara Distilasi (MD-102).....	35
4.1.6	Neraca Massa <i>Condenser</i> (CD-102)	35
4.1.7	Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-102)	36
4.1.8	Neraca Massa Reaktor (RE-101) setelah recycle.....	36
4.2.1	Neraca Energi <i>Heater</i> -101 (HE-101)	37
4.2.2	Neraca Energi <i>Heater</i> -102 (HE-102)	60
4.2.3	Neraca Energi <i>Heater</i> -103 (HE-103)	38
4.2.4	Neraca Energi Reaktor (RE-101)	38
4.2.5	Neraca Energi Cooler 101 (CO-101)	39
4.2.6	Neraca Energi Menara Distilasi 101 (MD-101).....	39
4.2.7	Neraca Energi Menara Distilasi 102 (MD-102).....	39
5.1.2	Spesifikasi Tangki <i>Propionaldehyde</i> (ST-101).....	40
5.1.2	Spesifikasi Tangki Mangan Propionat (ST-102).....	41
5.1.3	Spesifikasi Tangki Asam Propionat (ST-103)	42
5.1.4	Spesifikasi Reaktor Gelembung (RE-101)	43
5.1.5	Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-101)	44
5.1.6	Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-102)	45
5.1.7	Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-103)	46
5.1.8	Spesifikasi <i>Cooler</i> (HE-103)	47
5.1.9	Spesifikasi <i>Process Pump</i> (SP – 101)	48
5.1.10	Spesifikasi <i>Process Pump</i> (SP – 102)	49
5.1.11	Spesifikasi <i>Process Pump</i> (SP – 103)	50
5.1.12	Spesifikasi <i>Process Pump</i> (SP – 104)	51

5.1.13 Spesifikasi <i>Process Pump</i> (SP – 105)	52
5.1.14 Spesifikasi <i>Process Pump</i> (SP – 106)	53
5.1.15 Spesifikasi <i>Process Pump</i> (SP – 107)	54
5.1.16 Spesifikasi <i>Process Pump</i> (SP – 108)	55
5.1.17 Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PC – 109).....	56
5.1.18 Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PC – 110).....	57
5.1.19 Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PC – 111).....	58
5.1.20 Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PC – 112).....	59
5.1.21 Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PC – 113).....	60
5.1.22 Spesifikasi Menara Distilasi 1 (MD-101)	61
5.1.23 Spesifikasi Menara Distilasi 1 (MD-102)	62
5.2.1.1 Spesifikasi Tangki Penampungan Dowtherm A (ST-UT 101)	63
5.2.1.2 Spesifikasi Tangki Pencampuran Dowtherm A (TT-UT 101)	64
5.2.1.3 Spesifikasi Pompa Utilitas (PC UT-101)	65
5.2.1.4 Spesifikasi Pompa Utilitas (PC UT-102)	66
5.2.1.5 Spesifikasi Pompa Utilitas (PC UT-103)	67
5.2.1.6 Spesifikasi Pompa Utilitas (PC UT-104)	68
5.2.2.1 Spesifikasi Blower 101.....	69
5.2.2.2 Spesifikasi <i>Desiccant Air Dryer</i>	70
5.2.3.1 Spesifikasi <i>Generator Set</i>	71
5.2.3.2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan BBM	72
5.2.4.1 Spesifikasi Bak Penampungan Air.....	73
5.2.4.2 Spesifikasi Pompa Utilitas PC UT-104.....	74

6.2.1	Komposisi <i>Instrumen Air</i>	81
6.3.1	Kebutuhan Air Umum.....	82
6.5.1	Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	89
6.5.2	Pengendalian Variabel Utama Proses	90
6.6.1	Kebutuhan Listrik Penerangan pada Area Dalam Bangunan	91
6.6.2	Kebutuhan Listrik Penerangan pada Area Luar Bangunan.	92
6.6.3	Kebutuhan Listrik Proses	93
6.6.4	Kebutuhan Listrik Utilitas.....	94
6.6.5	Spesifikasi Generator Set	96
6.6.6	Spesifikasi Tangki Penyimpanan BBM	101
7.1	Perincian Luas Area Pabrik Asam Propionat.....	109
8.1	Jadwal Kerja masing-masing Regu.....	141
8.2	Perincian Tingkat Pendidikan	143
8.3	Jumlah Operator berdasarkan Jenis Alat pada Unit Proses...	144
8.4	Jumlah Operator berdasarkan Jenis Alat pada Unit Utilitas .	144
8.5	Jumlah Karyawan berdasarkan Jabatan	145
9.1	<i>Fixed Capital Investment</i>	152
9.2	<i>Manufacturing Cost</i>	154
9.3	<i>General Expenses</i>	155
9.4	Hasil Analisa Kelayakan Ekonomi	159

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Grafik Impor <i>Propionic Acid</i> di Indonesia	5
1.2 Grafik Impor <i>Propionic Acid</i> di Asia Tenggara	7
1.3 Grafik Produksi <i>Propionic Acid</i> di Asia Tenggara.....	6
1.4 Lokasi Pabrik.....	11
7.1 Peta Lokasi Pabrik.....	104
7.2 Tata Letak Peralatan Pabrik	110
8.1 Struktur Organisasi Perusahaan	116
9.1 Analisa Ekonomi Pabrik Asam Propionat.....	158
9.2 Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> terhadap Umur Pabrik	159

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Pabrik adalah suatu sarana untuk memproses bahan baku menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi. Tujuan pendirian pabrik adalah untuk meningkatkan nilai ekonomi bahan baku, sehingga diperoleh peningkatan harga dari bahan baku tersebut menjadi bahan jadi atau bahan setengah jadi. Selain itu, pendirian pabrik industri juga dapat meningkatkan produksi dalam negeri, menyeimbangkan struktur ekonomi Indonesia dan meningkatkan devisa negara serta memperluas kesempatan kerja masyarakat Indonesia.

Pabrik dapat digolongkan menjadi dua kelompok besar berdasarkan adanya reaksi kimia dalam perubahan bahan baku menjadi produk, yaitu pabrik perakitan dan pabrik kimia. Pada pabrik perakitan, perubahan bahan baku menjadi produk tidak melibatkan reaksi kimia. Sedangkan pabrik kimia melibatkan satu atau lebih reaksi kimia untuk mengubah bahan baku menjadi produk. Pabrik Asam Propionat termasuk ke dalam kelompok pabrik kimia,

karena perubahan bahan baku *Propionaldehyde* dan udara menjadi produk akhir Asam Propionat melibatkan reaksi kimia.

Asam Propionat atau *Propionic Acid* adalah salah satu bahan kimia yang harus didatangkan dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Hal ini dikarenakan Indonesia belum memiliki pabrik yang memproduksi Asam Propionat. Asam Propionat merupakan salah satu bahan kimia yang bernilai ekonomi tinggi. Berdirinya pabrik Asam Propionat di Indonesia diharapkan akan memberikan tambahan jenis komoditi ekspor yang bernilai bagi Indonesia serta tentunya dapat memenuhi kebutuhan produk Asam Propionat dan produk-produk lain yang juga menggunakan Asam Propionat sebagai bahan baku sehingga dapat memacu pertumbuhan industri hilir lain, selain itu diharapkan sasaran pembangunan lain seperti terbukanya lapangan kerja baru dapat terealisasi.

1.2. Kegunaan Produk

Asam Propionat adalah asam karboksilat yang memiliki rumus kimia CH_3CHCOOH . Asam Propionat memiliki peran penting dalam pengawetan pakan ternak dan biji-bijian. Asam Propionat menghambat pertumbuhan jamur dan beberapa bakteri. Pada industri pakan ternak, Asam Propionat digunakan baik secara langsung maupun setelah berbentuk garam. Selain itu ester dari Asam Propionat (ester alkil propionat) juga digunakan sebagai pelarut ataupun perasa buatan.

1.3. Ketersediaan Bahan Baku

Di Indonesia belum berdiri pabrik yang memproduksi *Propionaldehyde* yang merupakan bahan baku pembuatan Asam Propionat, untuk itu *Propionaldehyde* perlu diimpor dari luar negeri. Nanjing Chemical Reagent Co. Ltd. merupakan salah satu pabrik di China yang memproduksi *Propionaldehyde* dalam jumlah besar.

1.4 Analisa Pasar

Kebutuhan Asam Propionat di Indonesia terus meningkat seiring dengan laju pembangunan di berbagai industri yang semakin pesat. Hingga saat ini seluruh kebutuhan Asam Propionat untuk dalam negeri diperoleh melalui impor. Karena alasan-alasan tersebut, maka perlu dilakukan pengkajian kelayakan teknis/ekonomis mengenai pendirian pabrik yang akan memproduksi Asam Propionat dengan bahan baku *propionaldehyde* dan udara. Dengan demikian dapat diketahui peluang pembangunan pabrik Asam Propionat di Indonesia. Salah satu hal yang dapat dijadikan acuan untuk menganalisa luasnya “pasar” Asam Propionat ini adalah keberadaan industri-industri pengguna Asam Propionat yang ada diseluruh dunia khususnya Indonesia dan Asia Tenggara. Berikut ini disajikan data industri-industri pengguna Asam Propionat dalam bentuk tabel.

Tabel 1.1. Data Industri Pengguna Asam Propionat Asia Tenggara

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Bidang Industri	Kapasitas
1	PT. Japfa Comfeed Indonesia, Tbk.	Indonesia	Pakan Ternak	1.730.000 Ton/Tahun
2	PT. Charoen Pokphand Indonesia, Tbk.	Indonesia Thailand	Pakan Ternak	4.000.000 Ton/Tahun 1.200.000 Ton/Tahun
3	PT. Cargill Indonesia	Indonesia	Pakan Ternak	700.000 Ton/Tahun
4	PT. Sierad Produce, Tbk.	Indonesia	Pakan Ternak	800.000 Ton/Tahun
5	PT. Malindo Feedmill	Indonesia	Pakan Ternak	300.000 Ton/Tahun
6	Vinh Long GreenFeed factory	Vietnam	Pakan Ternak	200.000 Ton/Tahun
7	Telangana Feeds Production	Thailand	Pakan Ternak	36.500 Ton/Tahun

1.5 Kapasitas Rancangan

Kapasitas produksi dapat diartikan sebagai jumlah maksimum *output* yang dapat diproduksi dalam satuan waktu tertentu. Pabrik akan berusaha untuk mendapatkan kapasitas produksi optimum, kapasitas produksi yang direncanakan sebesar 25.000 ton/tahun dengan beberapa pertimbangan antara lain :

1.5.1 Impor Asam Propionat di Indonesia

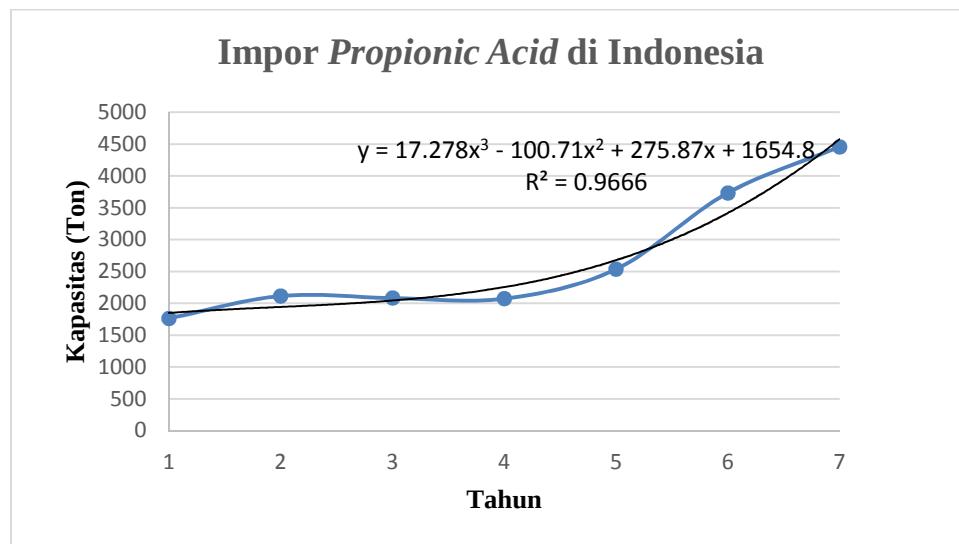
Impor *Propionic Acid* di Indonesia terus meningkat tiap tahunnya. Angka yang menunjukkan jumlah impor Asam Propionat di Indonesia seperti dibawah ini diasumsikan sebagai angka kebutuhan total Asam Propionat setiap tahunnya. Tabel 1.2 menunjukkan data impor *Propionic Acid* beberapa tahun terakhir.

Tabel 1.2. Data Impor *Propionic Acid* di Indonesia

Tahun	Kapasitas (Ton)
2008	1.762,457
2009	2.113,795
2010	2.082,033
2011	2.072,322
2012	2.534,003
2013	4.456,308

Sumber : Badan Pusat Statistik

Dari Tabel 1.2. akan diperoleh grafik sebagai berikut :



Gambar 1.1. Grafik Impor *Propionic Acid* di Indonesia

Bila dilakukan pendekatan dengan menggunakan persamaan regresi non linier, polynomial, yang memiliki nilai R tinggi pada Gambar 1.1., maka diperkirakan impor *Propionic Acid* di Indonesia pada tahun 2020 ($x = 12$) adalah sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Impor di Indonesia (y)} &= 17.27x^3 - 100.7x^2 + 275.8x + 1654. \\ &= (17.27 \times 12^3) - (100.7 \times 12^2) - (275.8 \times 12) + 1654 \\ &= 13.686,160 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

1.5.2 Impor *Propionic Acid* di Asia Tenggara

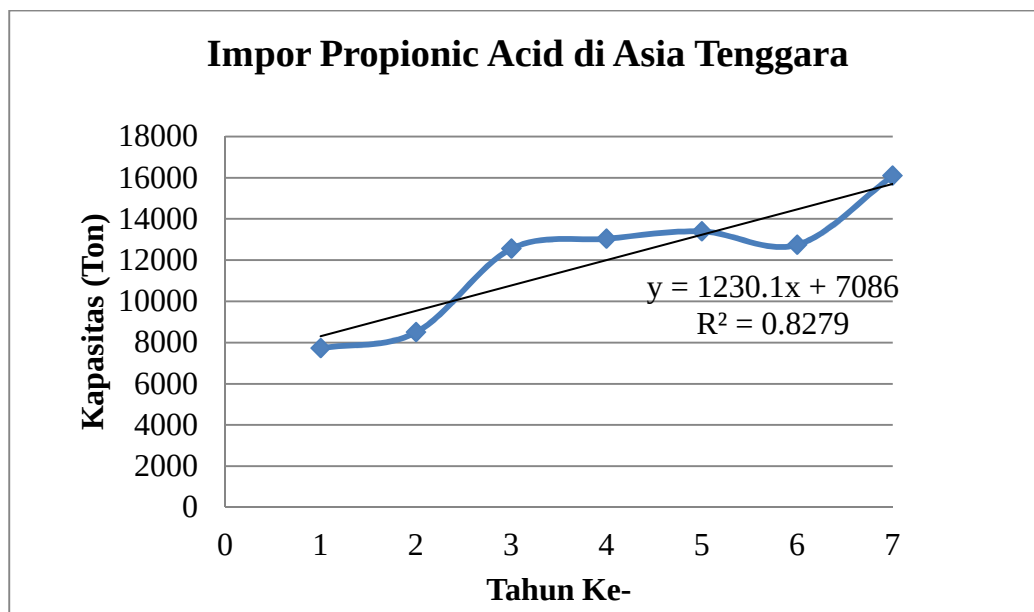
Impor di Asia Tenggara terhadap *Propionic Acid* diasumsikan sebagai total kebutuhan Asia Tenggara terhadap *Propionic Acid* setiap tahunnya, sehingga dapat dijadikan parameter untuk memperkirakan prospek ekspor *Propionic Acid*. Berikut adalah negara-negara di Asia Tenggara yang menggunakan *Propionic Acid*;

Tabel 1.3. Data Impor *Propionic Acid* Asia Tenggara

Nama Negara	Kapasitas (Ton)						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Malaysia	1.335,1180	1.684,260	1.322,686	1.063,742	1.440,670	1.253,938	3.239,550
Philippines	976,020	971,303	1.177,213	1.629,546	1.151,497	1.210,740	1.593,335
Singapore	2.832,2030	2.238,363	5.058,739	4.705,508	5.475,798	6.006,452	6.411,106
Thailand	2581.2450	3.603,310	4.992,415	5.640,097	5.326,942	4.274,313	4.848,161
Jumlah (ton)	7.724,6860	8.497,236	11.373,840	13.038,893	13.394,907	12.745,443	16.092,152

Sumber : un.data.org

Dari Tabel 1.3. akan diperoleh grafik sebagai berikut :



Gambar 1.2. Grafik Impor *Propionic Acid* di Asia Tenggara

Bila dilakukan pendekatan dengan menggunakan persamaan regresi linier, yang memiliki nilai R tinggi pada Gambar 1.2., maka diperkirakan kebutuhan *Propionic Acid* di Asia Tenggara pada tahun 2020 adalah sebesar:

$$\begin{aligned}
 (y) &= 1230x + 7086 \\
 &= (1230 \times 12) + 7086 \\
 &= 21.846 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

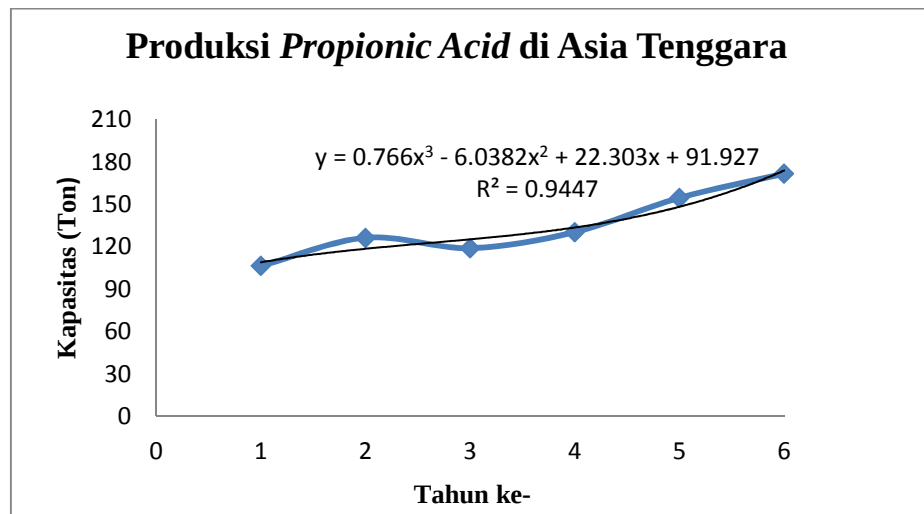
1.5.3 Data Produksi *Propionic Acid* di Asia Tenggara

Berikut adalah negara-negara di Asia Tenggara yang memproduksi *Propionic Acid* :

Tabel 1.4. Data Produksi *Propionic Acid* di Asia Tenggara

Nama Negara	Kapasitas (Ton)						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Malaysia	28,727	34,760	69,488	28,410	14,571	15,940	22,780
Singapore	92,743	69,146	96,906	86,177	77,731	120,442	82,887
Thailand	5,900	26,442	5,245	4,404	14,159	18,165	20,633
Jumlah (ton)	127,30	130,348	171,639	118,991	106,461	154,547	126,300

Dari Tabel 1.4. akan diperoleh grafik sebagai berikut :

**Gambar 1.3.** Grafik Produksi *Propionic Acid* di Asia Tenggara

Bila dilakukan pendekatan dengan menggunakan persamaan regresi non linier, polynomial, yang memiliki nilai R tinggi pada Gambar 1.3., maka diperkirakan data produksi *Propionic Acid* di Asia Tenggara pada tahun 2020 adalah sebesar:

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi di Asia Tenggara (y)} &= 2.965x^2 - 15.40x + 135.9 \\
 &= (2.965 \cdot (12^2)) - (15.4 \cdot 12) + 135.9 \\
 &= 378,06 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

1.5.4 Kapasitas Produksi Pabrik

Kapasitas produksi suatu pabrik ditentukan berdasarkan data impor produk di Indonesia, data impor produk di Asia Tenggara, serta data produksi yang telah ada, sebagaimana dapat dilihat dari berbagai sumber dan data-data yang telah disebutkan sebelumnya. Berdasarkan data-data tersebut, kemudian dapat ditentukan besarnya kapasitas produksi. Adapun persamaan kapasitas produksi adalah sebagai berikut:

$$KP = DI + DA - DP \quad \dots(1.1)$$

KP = Kapasitas Produksi pada Tahun 2020

DI = Data Impor di Indonesia pada Tahun 2020

DA = Data Impor di Asia Tenggara pada Tahun 2020

DP = Data Produksi yang Telah Ada pada Tahun 2020

$$KP = DI + DA - DP$$

$$KP = 13.686,160 \text{ ton} + 21.846 \text{ ton} - 378,06 \text{ ton}$$

$$KP = 35.910,22 \text{ ton}$$

Berdasarkan pada kegunaan *Propionic Acid* yang luas, kenaikan harga dari bahan baku ke produk yang tinggi, dan kebutuhan dunia yang semakin meningkat maka pendirian pabrik *Propionic Acid* di Indonesia dirasa sangat penting. Pendirian pabrik ini dapat menambah devisa negara dan meningkatkan pengembangan sumber daya manusia

di Indonesia. Dengan berbagai pertimbangan di atas dan perkiraan persaingan yang akan tumbuh pada tahun 2020, maka kapasitas pabrik *Propionic Acid* yang direncanakan akan mulai berproduksi tahun 2020 adalah sebesar **25.000 ton/tahun** yakni 70% dari total perkiraan kebutuhan *Propionic Acid* Asia Tenggara pada tahun 2020.

1.6 Lokasi Pabrik

Letak geografis dari suatu pabrik akan mempengaruhi kegiatan pabrik tersebut, baik terhadap proses produksinya maupun distribusi produknya. Sehingga, perkembangan dan kelangsungan hidup pabrik tersebut akan terpengaruh juga. Banyak faktor yang harus diperhatikan dan dipertimbangkan dalam menentukan lokasi suatu pabrik. Lokasi pabrik pada umumnya ditetapkan atas dasar orientasi bahan baku dan orientasi pasar, karena hal ini bersifat ekonomis. Namun, pada pemilihan lokasi pembangunan pabrik Asam Propionat ini, orientasi bahan baku tidak dijadikan salah satu pertimbangan dikarenakan bahan baku utama pembuatan Asam Propionat yaitu Propionaldehid belum diproduksi di Indonesia.



Gambar 1.4. Lokasi Pabrik
Google Maps - ©2013 Google

Untuk prarancangan pabrik *Asam Propionat* ini, dipilih kawasan industri Gresik, Indonesia dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut :

1.6.1 Fasilitas Transportasi

Ketersediaan transportasi yang mendukung memudahkan distribusi produk dan bahan baku baik melalui laut maupun darat. Pabrik ini didirikan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan juga diekspor ke berbagai Negara di kawasan Asia Tenggara. Dengan fasilitas pelabuhan yang ada, Gresik memiliki potensi akses regional maupun nasional bahkan Internasional sebagai pintu masuk baru untuk kegiatan industri dan perdagangan untuk kawasan Indonesia Timur setelah Surabaya mengalami kejenuhan. Disamping itu Kabupaten Gresik merupakan kabupaten yang berpengalaman didalam mengelola kegiatan industri besar dan telah memiliki reputasi nasional hingga

internasional selama puluhan tahun, seperti industri Semen Gresik dan Petrokimia.

Demikian pula dengan dukungan sarana dan prasarana transportasi darat, seperti; akses jalan tol menuju kota Surabaya, jarak yang relatif dekat dengan pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, jalan beraspal dan angkutan umum keseluruh pelosok wilayah kecamatan, dan sarana transportasi laut yang memadai berupa pelabuhan atau dermaga, Gresik siap menunjang aktivitas perdagangan dalam taraf internasional.

1.6.2. Unit Pendukung (Utilitas)

Untuk menjalankan proses produksi pabrik diperlukan sarana pendukung seperti pembangkit tenaga listrik dan ketersediaan air.

Untuk kebutuhan air, lokasi pabrik ini dilalui oleh aliran PDAM .

Sedangkan untuk listrik dapat disuplai dari PLN atau Generator.

1.6.3. Letak Geografis

Lokasi yang dipilih memiliki kondisi geografis yang cukup baik berupa dataran rendah dan rata. Struktur tanah yang cukup baik sehingga memungkinkan tidak adanya faktor gangguan cuaca maupun bencana alam seperti gempa bumi dan banjir.

Fungsi wilayah penyanggah bagi Kabupaten Gresik dapat bernilai positif secara ekonomis, jika Kabupaten Gresik dapat mengantisipasi dengan baik

kejenuhan perkembangan kegiatan industri Kota Surabaya. Yaitu dengan menyediakan lahan alternatif pembangunan kawasan industri yang representatif, kondusif, dan strategis.

Sebagian besar tanah di wilayah Gresik terdiri dari jenis Aluvial, Grumusol, Mediteran Merah dan Litosol. Curah hujan di Kabupaten Gresik adalah relatif rendah, yaitu rata-rata 2.000 mm per tahun sehingga hampir setiap tahun mengalami musim kering yang panjang. Iklim di wilayah Gresik 20 – 35 °C, kelembapan udara 44 – 88 %.

1.6.4. Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja dapat diperoleh dari daerah Gresik, Jawa timur dan sekitarnya. Kebutuhan akan tenaga ahli dapat diperoleh melalui kerja sama dengan perguruan tinggi di Indonesia pada umumnya dan lembaga-lembaga pemerintah maupun swasta. Selain itu, kawasan industri gresik berada di Pulau Jawa, dimana Pulau Jawa masih terus menjadi tujuan utama para lulusan perguruan tinggi Indonesia.

1.6.5. Perijinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan Industri, sehingga memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik.

1.6.6. Target Pasar

Pemilihan Kawasan Industri Gresik sebagai lokasi pendirian pabrik Asam Propionat salah satunya juga adalah karena banyaknya industri- industri yang menggunakan Asam Propionat secara langsung dalam proses produksinya yang tersebar didaerah Jawa Timur seperti yang tertera pada tabel dibawah ini

Tabel 1.5. Daftar Nama Industri Pengguna Asam Propionat di Jawa Timur

No.	Nama Perusahaan	Lokasi	Bidang Industri
1	PT. Sierad Produce, Tbk.	Jalan Raya Wonoayu, Jawa Timur, Indonesia	Pakan Ternak
2	PT.Charoen Pokphand Indonesia	Jalan Raya Surabaya-Mojokerto, Sidoarjo, Indonesia	Pakan Ternak
3	PT.Cold Coin Indonesia	Jl. Margomulyo Industri Kav.G 1-3 Surabaya, Indonesia	Pakan Ternak
4	PT. Cargill Indonesia	Ds.Cangkringmalang. Kec. Beji Pasuruan	Pakan Ternak
5	PT. Japfa Comfeed Indonesia	Jl.HRM.Mangundiprojo Km3.5 Sidoarjo	Pakan Ternak
6	PT. Sarifeed Indojaya	Jl. Veteran No. 9 Surabaya	Pakan Ternak
7	PT. Artacitra Terpadu Feedmill	Jl. Margomulyo No.38 Surabaya	Pakan Ternak
8	PT. INKUD Feedmill	Jl. Raya Tongas. Probolinggo	Pakan Ternak

X. SIMPULAN DAN SARAN

10.1. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Asam Propionat dengan kapasitas 25.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 40,4682% dan sesudah pajak sebesar 32,3746%.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 2,0795 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 46,4384% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 27,1240%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti memproduksi karena merugi.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 50,0412%, 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 Asam Propionat dengan kapasitas 25.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2007, "Chemical profile: propionic acid", <http://www.icis.com / Articles / 2007 / 10 / 01 / 9065938 / chemical-profile-propionic-acid.html>, 20 November 2013.
- Anonim, 2008, "Product Safety Assessment: Propionic Acid", http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_0105/0901b80380105d3f.pdf?filepath=productsafety/pdfs/noreg/233-00419.pdf&fromPage=GetDoc, 27 November 2013.
- Anonim, 2013, "Propionic acids, its salts and esters", http://www.bps.go.id/exim-frame.php?kat=2&id_subyek=08¬ab=50, 20 November 2013.
- Anonim, 2013, "Propylene", http://www.chandra-asri.com/products _ monomer.php, 21 November 2013.
- Anonim, 2013, "Propionic Acid", <http://www.ihs.com / products / chemical / planning / ceh / propionic-acid.aspx>, 20 November 2013.
- Aries, R.S and Newton, R.D. , 1955, Chemical Engineering Cost Estimation, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Bird, R. B., 1960, Transport Phenomena, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Brown, G.G., 1950, Unit Operations, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Brownell, L.E. and Young, E.H., 1979, Process Equipment Design, John Wiley and Sons, Inc., New York.

- Burcat, A, 1975, “Cracking of propylene in a shock tube”, vol. 54, Fuel, pp 87-93,
Technion City, Haifa.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 1983, Chemical Engineering, Vol. 6, Pergamon
Press, Oxford.
- Cussler, E. L., 2007, Diffusion Mass Transfer In Fluid Systems, 3rd ed, Cambridge,
New York.
- Evans, F.L., 1979, Equipment Design Handbook, Vol. 1, 2nd ed., Gulf Publishing Co.,
Houston.
- Foust, A.S., Wenzel, L.A., Clump, C.W., Maus, L. and Andersen, L.B., 1980,
“Principles of Unit Operation”, 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc., New
York.
- Froment, G.F., and Bischoff, K. B., 1979, Chemical Reactor Analysis and Design,
John Wiley & Sons., Inc., New York.
- Gurumurthy, C.V., and Govindarao, V.M.H., 1974, Rate Model and Mechanism of
Liquid-Phase Oxidation of Propionaldehyde, Ind. Eng. Chem., Fundam.,
Vol. 13, No. 1
- Holman, J. P., 1988, Perpindahan Kalor, alih bahasa Jasifi E., edisi ke-6, Erlangga,
Jakarta.
- Kern, D.Q., 1950, Process Heat Transfer, McGraw-Hill International Book Company
Inc., New York.
- Kung H.H, 1991, “Transition Metal Oxides: Surface Chemistry and Catalysis”, pp.
181, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
- Levenspiel, O., 1972, Chemical Reactions Engineering, 2rd ed., John Willey and Son,
Inc., New York.

Perry, R.H. and Green, D.W., 1984, Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th ed., McGraw-Hill Book Company, New York.

Peters, M.S. and Timmerhaus, K.D., 2003, Plant Design and Economic for Chemical Engineering, 5th ed., McGraw-Hill International Book Company Inc., New York.

Rase, H.F., 1977, Chemical Reactor Design for Process Plants, Vol.1, John Wiley & Sons, New York.

Smith, J.M., 1981, Chemical Engineering Kinetics, 3rd ed., McGraw-Hill Book Company, Tokyo.

Smith, J.M. and Van Ness, H.C., 1987, Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 4th ed., McGraw-Hill Book Co., New York.

Smith, R., 1995, Chemical Process Design, Mc. Graw Hill Book Company, Inc., Singapore.

Treybal, R.E., 1981, Mass Transfer Operation, 3rd ed., McGraw-Hill Book Company, Singapore.

Ullmann, 2005, "Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry", propionic Acid and derivatives, pp. 3-6, WILEY-VCH Verlag & Co. KGaA, Boschstr.

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

Walas, S.M., 1959, Reaction Kinetics for Chemical Engineering, McGraw-Hill Book Company, Inc., Tokyo.

Yaws, C.L., 1999, Chemical Properties Handbook, McGraw-Hill, Inc., New York.