

**PRARANCANGAN PABRIK XILEN DARI TOLUEN
DENGAN PROSES DISPROPORTIONASI TOLUEN
KAPASITAS 300.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan Kolom Distilasi (DC-302)**

(Skripsi)

Oleh
TITI SURYANI



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK XILEN DARI TOLUEN DENGAN PROSES DISPROPORSIONASI TOLUEN KAPASITAS 300.000 TON/TAHUN (Perancangan Kolom Distilasi (DC-302))

Oleh

TITI SURYANI

Xilen merupakan bahan kimia yang sangat bermanfaat sebagai salah satu bahan baku industri. Xilen bermanfaat sebagai solvent pada cat dan tinta . Xilen dapat di produksi dari beberapa proses yaitu :1)Proses Katalik Reforming 2)*Pyrolysis Gasoline Process* 3)*Coke Oven Light Oil* 4)*Disproportionation Toluene Process*. Pada pemilihan proses yang dipakai ialah Dispropositionasi Toluen ditinjau dari segi ekonomi dan termodinamikanya.

Pabrik ini direncanakan akan dibangun di kawasan industri Kecamatan Cilacap Tengah, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah Pemilihan lokasi tersebut didasarkan pertimbangan penyediaan bahan baku, transportasi, tenaga kerja, dan ketersediaan sarana-sarana pendukung lain. Pabrik beroperasi selama 24 jam/hari, dan 330 hari/tahun.

Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT), dengan struktur organisasi line and staff. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian jam kerja yang terdiri dari karyawan shift dan non-shift, dengan jumlah karyaan 178 Orang.

Dari hasil analisis ekonomi diperoleh ROI (Return of Investment) sebelum pajak sebesar 30%, POT (Pay Out Time) sesudah pajak selama 2,59 tahun, BEP (Break Even Point) 30%, SDP (Shut Down Point) sebesar 25% dan IRR (Interest Rate of Return) sebesar 31,17%. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pabrik xylene dari Toluena dengan kapasitas 300.000 ton/tahun dinilai layak didirikan karena memenuhi standar persyaratan pendirian suatu pabrik.

Kata Kunci : Xilen, Toluen, Disproporsionasi Toluen

ABSTRACT

***MANUFACTURING OF XYLENE FROM TOLUENE
WITH PROCESS DISPROPORTIONATION TOLUENE
CAPACITY 300.000 TONS/YEAR
(Design of Distillation Column (DC-302)***

By

TITI SURYANI

Xylenes are one of the important chemicals used as solvents. They are widely used as thinners and solvents in paints, varnishes, adhesives and inks. Xylene can be produced with several processes namely 1) Catalytic Reforming Process 2) Proses Pyrolysis Gasoline Process 3) Coke Oven Light Oil Process and 4) Disproportionation Toluene Process. On the Manufacturing of xylene was selected Disproportionation Toluene Process that is more profitable in terms of economics and thermodynamics than other processes.

This factory is planned to be built in the industrial area of Central Cilacap District, Cilacap Regency, Central Java. The location selection is based on considerations of providing raw materials, transportation, labor, and the availability of other supporting facilities. The factory operates 24 hours/day, and 330 days/year.

The form of company chosen is a Limited Liability Company (PT), with a line and staff organizational structure. The employee work system is based on the division of working hours consisting of shift and non-shift employees , with a total of 178 employees .

From the results of economic analysis obtained ROI (Return on Investment) before tax of 30%, POT (Pay Out Time) after tax for 2.59 years, BEP (Break Even Point) 30%, SDP (Shut Down Point) of 25% and IRR (Interest Rate of Return) is 31.17%. Based on the evaluation results, it can be concluded that the Xylene Plant from Toluene with a capacity of 300.000 tons/year is considered feasible because it meets the standard requirements for the establishment of a factory.

Keywords : Xylene, Toluene, Toluene Disproportionation,

**PRARANCANGAN PABRIK XILEN DARI TOLUEN
DENGAN PROSES DISPROPORSIONASI TOLUEN
KAPASITAS 300.000 TON/TAHUN**

(Tugas Khusus Perancangan Kolom Distilasi (DC-302)

Oleh

TITI SURYANI

(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
2021**

Judul Skripsi

**PRARANCANGAN PABRIK XILEN DARI TOLUEN
DENGAN PROSES DISPROPOSIOSASI TOLUEN
KAPASITAS 300.000 TON/TAHUN
(Perancangan Distillation Column DC-302)**

Nama Mahasiswa

Citi Sugihni

Nomor Pokok mahasiswa

1415041062

Program Studi

Teknik Kimia

Fakultas

Teknik

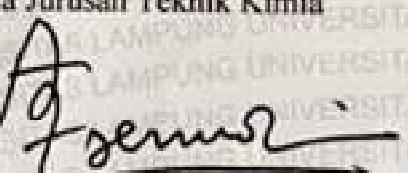
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dr. Eng Dewi Agustina I, S.T., M.T.
NIP.197208252000032001


Donny Lesmana, S.T., M.Sc.
NIP. 198410082008121003

2. Ketua Jurusan Teknik Kimia


Dr. Ahmad Zaenudin S.Si., M.T.
NIP. 19720928 199903 1 001

MENGESAHKAN

Tim Penguji

Ketua

: Dr. Eng Dewi Agustina I, S.T., M.T.

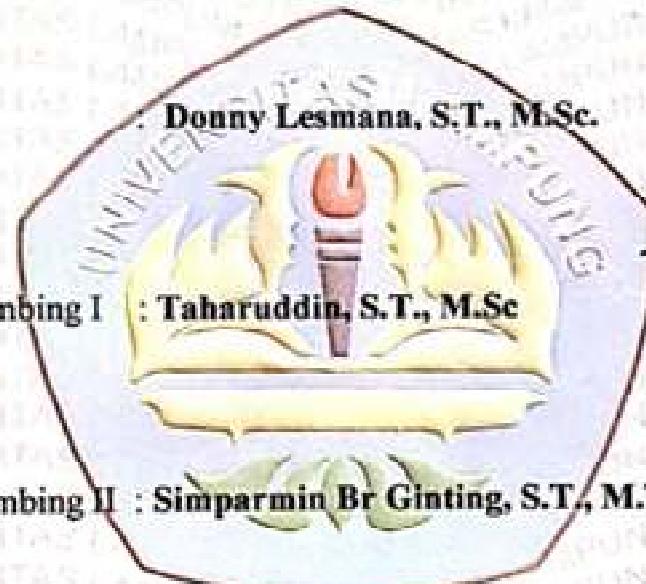
Sekretaris

: Donny Lesmana, S.T., M.Sc.

Penguji

Bukan pembimbing I : Taharuddin, S.T., M.Sc

Bukan Pembimbing II : Simparmin Br Ginting, S.T., M.T.



Dr. Eng. Ir. Hj. Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 Desember 2021

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, 17 Desember 2021



Titi Suryani
NPM. 1415041062

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 20 September 1996, anak keempat dari lima bersaudara, dari pasangan Bapak Nasib dan Ibu Surip.

Penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 1 Gunung Terang Bandar Lampung pada tahun 2008, Sekolah Menengah Pertama Negeri 26 Bandar Lampung pada tahun 2011, dan Sekolah Menengah Atas Swasta Perintis 2 Bandar Lampung pada tahun 2014.

Pada bulan Agustus 2014, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama masa perkuliahan, penulis tergabung dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (HIMATEMIA) sebagai staf departemen kesekretariatan periode 2014/2015 hingga 2016/2017. Selain itu penulis juga merupakan anggota Korps Muda BEM U KBM Unila periode 2014/2015 serta menjadi staf divisi penerbitan kementerian komunikasi dan informasi (BEM U KBM Unila) periode 2015/2016.

Pada pertengahan bulan Juli sampai agustus 2017, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kota Dalam, Kabupaten Lampung Selatan. Pada bulan Oktober 2018, penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT Semen Baturaja,

Ogan Komering Ulu dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *Rotary Kiln*”. Pada tahun 2019, penulis melakukan penelitian dengan judul “Ekstraksi Oleoresin Dari Limbah Cair Penyulingan Minyak Atsiri Daging Buah Pala (*Myristica Fragrans Houtt*)”.

Motto

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

-(QS. Al Insyirah :5)-

*“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu.
Dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk
bagimu, Allah mengetahui, sedangkan kamu tidak mengetahui”*

-(QS. Al Baqarah : 216)-

*“Lakukanlah kebaikan sekecil apapun, karena kau tidak pernah tau
kebaikan apa yang akan membawamu ke surga”*

-(Imam Hasan Al-Bashri)-

“Dont give up, it's not over till it's Over”

-Annonim-

“Sesulit apapun prosesnya, menyerah bukanlah sebuah pilihan”

-Annonim-

Sebuah Karya Sederhanaku...

*Dengan rasa syukur dan segala kerendahan hati, kupersembahkan
karya sederhana ini sebagai wujud rasa cinta, bakti, serta terima
kasihku kepada :*

*Allah S.W.T hanya dengan berkat Rahmat dan Ridho-Nya aku dapat
bertahan hingga akhirnya karyaku ini terselesaikan.*

*Bapak, Mama, Yuk Atik, Yuk Ining, Kang To, adikku atas
pengorbanan, do'a, kasih sayang, harapan, dukungan, serta
kesabaran menungguku mengakhiri perjuangan ini.*

*Kekasihku Sulton dan Sahabat-sahabatku, terima kasih telah
menjadi bagian, penyemangat dan saksi cerita dalam karyaku ini,
terima kasih telah percaya bahwa aku bisa menyelesaikan semua ini.*

*Guru-guruku dan dosen-dosenku, atas semua ilmu yang telah
diberikan, semoga senantiasa menghasilkan generasi-generasi
akademisi yang lebih baik.*

*Almamater yang selalu kubanggakan, Universitas Lampung, semoga
kelak berguna di kemudian hari.*

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas karunia dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik Xilen dari Toluena dengan proses dispropozisasi toluene dengan kapasitas 300.000 ton/tahun”

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat ke sarjanaan (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 Dr Ahmad Zaenudin S.Si., M.T., selaku Plt Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung
2. Ibu Dr. Eng Dewi Agustina Iryani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan pengarahan, masukan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan berguna dikemudian hari.

3. Bapak Donny Lesmana, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II atas semua ilmu, saran, masukan dan bimbingan selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
4. Bapak Taharuddin, S.T., M.SC. dan Ibu Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T. selaku dosen pengaji, yang telah memberikan saran dan kritik untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Ibu Panca Nugrahini F.N, S.T., M.T., Selaku Dosen Pembimbing Akademik yang tiada henti memberikan nasehat, motivasi serta dukungan kepada penulis.
6. Orang tuaku tercinta, Mama dan Bapak. Terima kasih atas segala sesuatu yang telah diberikan baik moral maupun materil yang selalu diperjuangkan dengan segala keterbatasan. Terima kasih atas doa yang selalu dipanjatkan pagi dan malam bahkan setiap saat, maaf telah menunggu terlalu lama untuk melihat anak kalian menjadi sarjana, semoga hasil dari menunggu, pengorbanan dan perjalanan panjang ini penulis bisa memberikan sedikit balasan jerih payah kalian mengantarkan penulis sampai dengan kesuksesan yang selalu kalian doakan.
7. Kakak-kakakku tercinta Yuk Atik, Yuk Ining, Kang To, Terima kasih atas segala dukungan doa dan nasehatnya. terima kasih untuk terus percaya bahwa adikmu bisa menyelesaikan semua ini, terima kasih telah sabar menunggu adikmu ini menjadi sarjana.

8. Adikku Adi Nugroho P dan keponakanku T Ajeng Utami, Terimakasih sudah menjadi tempat berkeluh kesah, dan memberikan bantuan kepada penulis.
9. *My self*, terimakasih telah bertahan dan terus berjuang sejauh ini, terima kasih untuk tidak pernah menyerah meskipun keadaan membuatmu ingin menyerah, terima kasih atas kesabaran yang luar biasa. *We did it!*
10. Kekasih tercinta Sulton Mufid, Amd. Terima kasih telah menemani penulis sejak hari pertama di Universitas, terima kasih telah memberikan banyak dukungan, terima kasih untuk tidak pernah lelah mendengarkan keluh kesah penulis bahkan ketika penulis berada di titik terendah.
11. Nuke Agustin, *partner-ku*. Terima kasih atas apapun yang telah diberikan, dikerjakan dan difikirkan. Terima kasih atas kerja keras yang mengharuskan waktu tidur berkurang. Dan maaf belum bisa menjadi partner kerja yang baik dengan berbagai macam kekurangan, sampai akhirnya tugas akhir ini selesai.
12. Teman baikku, Dewi Fatmawati dan Usi N Pamiliani. Terima kasih untuk terus ada dan menemaniku dari awal hingga akhir, menjadi tempat berkeluh kesah, sandaran serta penyemangatku. *Thankyou so much guys*, tanpa kalian mungkin perjalanan ini tidak akan seindah ini.
13. Teman-teman berjuangku, Aulia Chania, Radina Ajeng P, Siti Fatimah Isfrianti, Gitri Devi Pratiwi. Terima kasih untuk setiap hal baik, dukungan serta semangat yang selalu kalian berikan, terima kasih telah membersamai penulis sampai akhirnya sampai di titik ini. *See you on top guys!*

14. Teman-teman TEKKIM 2014, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih telah berjuang bersama, saling *support*, menjadi tempat bertanya, tempat bercerita dan tempat bercanda selama di kampus.
15. Teman-teman KPOP, Kak Una, Kak Desy, Abell, Asya, Qia, Lorenza, Fida, Ismi, Kanaya, Devi, Disa, Ais, dan para mutualan twitter, terima kasih untuk setiap hal baik yang kalian berikan, terima kasih telah bersedia mendengarkan segala keluh kesah penulis, selalu memberikan dukungan, nasehat serta motivasi kepada penulis.
16. Bujang-bujang ASTRO, Kim Myungjun, Park Jinwoo, Lee Dongmin, Moon Bin, Park Minhyuk, dan Yoon Sanha, Terimakasih atas banyaknya tawa dan kebahagiaan yg diberikan kepada penulis. Terimakasih telah menemani, memotivasi dan menjadi penyemangat penulis.
17. Semua orang yang selalu bertanya kapan penulis wisuda tapi tidak berkontribusi apapun, *this is for you guys!*

Bandar Lampung, Desember 2021

Penulis,

Titi Suryani

DAFTAR ISI

COVER LUAR.....	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
COVER DALAM.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
SURAT PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO	x
PERSEMBERAHAN.....	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR GAMBAR.....	xxvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Kegunaan Produk	2
1.3. Ketersediaan Bahan Baku	2
1.4. Analisa Pasar	3
1.5. Kapasitas Produksi	3

1.6. Lokasi Pabrik.....	7
-------------------------	---

BAB II DESKRIPSI PROSES

2.1. Jenis – Jenis Proses	12
2.2. Berdasarkan Tinjauan Ekonomi dan Termodinamika	14
2.3. Pemilihan Proses	35
2.4. Uraian Proses	36

BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU

3.1. Spesifikasi Bahan Baku Utama.....	38
3.2. Spesifikasi Bahan Baku Penunjang	38
3.3. Spesifikasi Produk	39

BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

4.1. Neraca Massa	41
4.2. Neraca Panas	47

BAB V SPESIFIKASI ALAT

5.1. Spesifikasi Alat Proses.....	54
5.2. Spesifikasi Alat Utilitas	78

BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

6.1. Unit Penyediaan Air.....	106
6.2. Unit Penyediaan <i>Steam</i>	117

6.3. Unit Penyediaan Udara Instrument.....	118
6.4. Unit Pembangkit dan Pendistribusian Listrik	119
6.5. Unit Pengadaan Bahan Bakar	119
6.6. Laboratorium.....	119
6.7. Instrumentasi dan Pengendalian Proses	123
6.8. Pengolahan Limbah	125

BAB VII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

7.1. Lokasi Pabrik	126
7.2. Tata Letak Pabrik.....	129
7.3. Estimasi Area Pabrik.....	132

BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN

8.1. Bentuk Perusahaan.....	134
8.2. Struktur Organisasi Perusahaan	137
8.3. Tugas dan Wewenang	139
8.4. Status Karyawan dan Sistem Penggajian.....	147
8.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan	147
8.6. Penggolongan Karyawan dan Jumlah Karyawan	150
8.7. Kesejahteraan Karyawan	155

BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1. Investasi	158
9.2. Evaluasi Ekonomi	162

9.3. <i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	164
--	-----

BAB X SIMPULAN DAN SARAN

10.1. Simpulan.....	167
10.2. Saran	167

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

LAMPIRAN E

LAMPIRAN F

FLOWSCHEET

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Harga Bahan Baku	3
Tabel 1.2 Harga Produk	3
Tabel 1.3 Data Impor Xylene di Indonesia	4
Tabel 1.4 Industri Yang Membutuhkan Xylene.....	5
Tabel 1.5 Industri Penghasil Xylene di Dunia.....	6
Tabel 1.7 Faktor Pemilihan Lokasi	8
Tabel 2.1 Data Bahan Baku Dan Produk (Proses Disproporsionasi Toluene)	15
Tabel 2.2 Konstanta <i>Heat Capacities</i> (Cp)	18
Tabel 2.3 Nilai Enthalpi Standar ($\Delta H^{\circ 298}$).....	19
Tabel 2.4 Nilai Energi Bebas Gibbs Standar Reaksi 1	23
Tabel 2.5 Nilai Energi Bebas Gibbs Standar Reaksi 2	25
Tabel 2.6 Konstanta <i>Heat Capacities</i> (Cp)	30
Tabel 2.7 Nilai Entalpi Standar ($\Delta H^{\circ 298}$)	31
Tabel 2.8 Nilai Energi Bebas Gibbs Standar	33
Tabel 2.9 Perbandingan Proses Berdasarkan Kondisi Operasi	34
Tabel 4.1 Neraca Massa di <i>Mixing Point</i> (MP-101)	42
Tabel 4.2 Neraca Massa di <i>Mixing Point</i> (MP-102)	42
Tabel 4.3 Neraca Massa di Reaktor (R-101).....	43
Tabel 4.4. Neraca Massa di <i>Condensor Partial</i> (CP-101)	43

Tabel 4.5. Neraca Massa di Menara Distilasi (D-201).....	44
Tabel 4.6 Neraca Massa di <i>Condensor</i> (CD-201)	44
Tabel 4.7 Neraca Massa di <i>Reboiler</i> (Rb-201).....	45
Tabel 4.8 Neraca Massa di Menara Distilasi (D-201).....	45
Tabel 4.9 Neraca Massa di <i>Condensor</i> (CD-202)	46
Tabel 4.10 Neraca Massa di <i>Reboiler</i> (Rb-202).....	46
Tabel 4.11 Neraca Panas di <i>Vaporizer</i> (VP-101).....	47
Tabel 4.12 Neraca Panas di <i>Furnace</i> (FC-101)	48
Tabel 4.13 Neraca Panas di <i>Compresor Stage 1</i> (CP-101)	48
Tabel 4.14 Neraca Panas di <i>Compresor Stage 2</i> (CP-101)	49
Tabel 4.15 Neraca Panas di <i>Compresor Stage 3</i> (CP-101)	49
Tabel 4.16 Neraca Panas di Reaktor (RE-201)	49
Tabel 4.17 Neraca Panas di <i>Expansion Valve</i> (EV-301).....	50
Tabel 4.18 Neraca Panas di <i>Partial Condensor</i> (CD-301)	50
Tabel 4.19 Neraca Panas di Menara Distilasi (DC-301).....	51
Tabel 4.20 Neraca Panas di <i>Cooler</i> (CO-301)	51
Tabel 4.21 Neraca Panas di Menara Distilasi (CD-302).....	52
Tabel 4.22 Neraca Panas di <i>Cooler Benzene</i> (CO-302).....	52
Tabel 4.23 Neraca Panas di <i>Cooler Toluen Recycle</i> (CO-302).....	53
Tabel 5.1 Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-101)	54
Tabel 5.2 Spesifikasi Pompa Proses (PP-101)	55
Tabel 5.3 Spesifikasi <i>Vaporizer</i> (VP-101)	55
Tabel 5.4 Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-101).....	56
Tabel 5.5 Spesifikasi <i>Furnace</i> (FC-101).....	56

Tabel 5.6 Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-102).....	57
Tabel 5.7 Spesifikasi <i>Compressor</i> (CP-101).....	58
Tabel 5.8 Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	58
Tabel 5.9 Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-201).....	59
Tabel 5.10 Spesifikasi <i>Expansion Valve</i> (EV-201).....	59
Tabel 5.11 Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-202).....	60
Tabel 5.12 Spesifikasi Condensor Parsial (CDP-301)	60
Tabel 5.13 Spesifikasi <i>Accumulator</i> (ACC-301)	61
Tabel 5.14 Spesifikasi Pompa Proses (PP-301)	61
Tabel 5.15 Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-301).....	62
Tabel 5.16 Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301)	63
Tabel 5.17 Spesifikasi Pompa Proses (PP-302)	63
Tabel 5.18 Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301)	64
Tabel 5.19 Spesifikasi <i>Accumulator</i> (ACC-302)	64
Tabel 5.20 Spesifikasi Pompa Proses (PP-303)	65
Tabel 5.21 Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-302).....	66
Tabel 5.22 Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-302)	67
Tabel 5.23 Spesifikasi Pompa Proses (PP-304)	68
Tabel 5.24 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301).....	68
Tabel 5.25 Spesifikasi Pompa Proses (PP-305)	69
Tabel 5.26 Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-301)	69
Tabel 5.27 Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-302)	70
Tabel 5.28 Spesifikasi <i>Accumulator</i> (ACC-303)	70
Tabel 5.29 Spesifikasi Pompa Proses (PP-306)	71

Tabel 5.30 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-302).....	72
Tabel 5.31 Spesifikasi <i>Crystallizer</i> (CR-301).....	72
Tabel 5.32 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-301)	73
Tabel 5.33 Spesifikasi <i>Centrifuge</i> (SF-301).....	73
Tabel 5.34 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-302)	74
Tabel 5.35 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-301).....	74
Tabel 5.36 Spesifikasi <i>Melter Tank</i> (MT-301)	75
Tabel 5.37 Spesifikasi Pompa Proses (PP-307)	76
Tabel 5.38 Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-302)	77
Tabel 5.39 Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401)	77
Tabel 5.40 Spesifikasi Alumina Silikat (ST-401)	78
Tabel 5.41 Spesifikasi Tangki Kaporit (ST-402)	79
Tabel 5.42 Spesifikasi Tangki NaOH (ST-403).....	80
Tabel 5.43 Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL-401)	81
Tabel 5.44 Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401).....	81
Tabel 5.45 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401)	82
Tabel 5.46 Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401)	83
Tabel 5.47 Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401).....	83
Tabel 5.48 Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401).....	84
Tabel 5.49 Spesifikasi <i>Daerator</i> (DWT-401)	84
Tabel 5.50 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401)	85
Tabel 5.51 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402)	86
Tabel 5.52 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403)	86
Tabel 5.53 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404)	87

Tabel 5.54 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405)	87
Tabel 5.55 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406)	88
Tabel 5.56 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407)	88
Tabel 5.57 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408)	89
Tabel 5.58 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409)	90
Tabel 5.59 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410)	90
Tabel 5.60 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411)	91
Tabel 5.61 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412)	91
Tabel 5.62 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-413)	92
Tabel 5.63 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-414)	93
Tabel 5.64 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-415)	93
Tabel 5.65 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416)	94
Tabel 5.66 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-417)	94
Tabel 5.67 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418)	95
Tabel 5.68 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-419)	96
Tabel 5.69 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-420)	96
Tabel 5.70 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-421)	97
Tabel 5.71 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-422)	97
Tabel 5.72 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-422)	98
Tabel 5.73 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-423)	99
Tabel 5.74 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-424)	99
Tabel 5.75 Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-401).....	100
Tabel 5.76 Spesifikasi <i>Cycloe</i> (CN-501).....	100
Tabel 5.77 Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD-501).....	100

Tabel 5.78 Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (CP-501).....	101
Tabel 5.79 Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-501)	101
Tabel 5.80 Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-502)	102
Tabel 5.81 Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-503)	102
Tabel 5.82 Spesifikasi <i>Blower</i> (BL-504)	103
Tabel 5.83 Spesifikasi <i>Generator</i> (BL-601)	103
Tabel 5.84 Spesifikasi Tangki Solar.....	103
Tabel 6.1 Kebutuhan Air Minum	107
Tabel 6.2 Kebutuhan Air Untuk Pembangkit <i>Steam (Boiler Feed Water)</i>	109
Tabel 6.3 Kebutuhan Air Untuk <i>Cooling Water</i>	109
Tabel 6.4. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	124
Tabel 6.5. Pengendalian Variabel Utama Proses	125
Tabel 7.1. Perincian Luas Area Pabrik Paraxylen.....	132
Tabel 8.1. Jadwal Kerja Masing-Masing Regu	149
Tabel 8.2. Perincian Tingkat Pendidikan	150
Tabel 8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses.....	152
Tabel 8.4. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	152
Tabel 8.5. Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan.....	153
Tabel 9.1. <i>Fixed Capital Investement</i>	159
Tabel 9.2. <i>Manufacturing Cost</i>	161
Tabel 9.3. <i>General Expenses</i>	162
Tabel 9.4. Hasil Analisa Kelayakan Ekonomi	165

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Grafik Data Impor Xylene.....	4
Gambar 7.1. Prakiraan Lokasi Pembangunan Pabrik.....	133
Gambar 7.2. Tata Letak Pabrik Dan Fasilitas Pendukung	133
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan	138
Gambar 9.1. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> terhadap Umur Pabrik.....	164

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan industri kimia di dunia semakin pesat mulai dari industri yang menghasilkan produk jadi hingga produk kimia intermediet. Tak terkecuali di Indonesia, pada saat ini Indonesia sudah memasuki era industrialisasi untuk mencapai kemajuan di bidang industri yang berfokus pada industri kimia, maka kebutuhan akan bahan-bahan kimia dalam negeri perlu dikembangkan. Salah satu jenis industri kimia yang amat besar pengaruhnya terhadap industri kimia lainnya di Indonesia adalah *Xylene*.

Xylene merupakan salah satu isomer *xylene* yang paling penting serta suatu senyawa yang digolongkan menjadi senyawa hidrokarbon aromatik. *Xylene* merupakan campuran gugus aromatik yang terdiri dari 3 isomer, yaitu o-, m-, p-xylene (Mattar, 1994), bahan yang mudah terbakar dan beracun bentuknya berupa cairan tidak berwarna.

Xylene dapat diolah lebih lanjut menjadi berbagai macam produk akhir, sebagai contoh, pembuatan *asam terephthalat* (PTA) dan *dimetil terephthalat* (DMT). *Asam Terephthalat* (PTA) dan *dimetil terephthalat* (DMT) bisa diolah sebagai bahan industri plastik maupun tekstil atau bisa disebut perantara

polyester, selain itu *xylene* juga bisa digunakan untuk bahan film, resin, fiber, *plasticizer*, bahan campur bensin, zat pengelmuji untuk fungisida dan insektisida, bahan penggosok dan lain sebagainya.

Kebutuhan *xylene* dalam negeri setiap tahunnya semakin meningkat. Pada tahun 2015 kebutuhan *xylene* di Indonesia sebesar 393.199,61 ton, sedangkan produksi selama tahun 2015 sebesar 270.000 ton/tahun. Sisa dari kebutuhan yang belum terpenuhi masih diimport dari luar negeri. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka pendirian pabrik *xylene* sangat diperlukan untuk menutupi kebutuhan *xylene* sehingga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.

1.2 Kegunaan Produk

Xylene dapat digunakan sebagai salah satu bahan baku industri, seperti bahan baku utama untuk memproduksi *Dimethyl Terephthalate* dan juga bahan baku pabrik *Terephthalic Acid*. Sedangkan pabrik *Terephthalic Acid* itu sendiri menghasilkan *Purified Terephthalic Acid* atau lebih dikenal dengan sebutan PTA. PTA merupakan bahan baku pembuatan *polyester*, resin, film, fiber, serat-serat sintetis, bahan pewarna cat, dan lain-lain.

1.3 Ketersedian Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam produksi *xylene* adalah toluena yang diperoleh dari PT. Trans Pasific Petrochemical Indotama dengan kapasitas produksi 300.000 ton/tahun dan PT. Pertamina UP IV Cilacap.

1.4 Analisa Pasar

Berikut ini merupakan harga bahan baku yang diperlukan untuk pembuatan produk *xylene* :

Tabel 1.1 Harga bahan baku untuk pembuatan *xylene*

Bahan Baku	Harga
Toluena	Rp 16.074,53/Kg

(<https://www.icis.com>, 2017)

Tabel 1.2 Harga Produk

Produk	Harga
<i>Xylene</i>	Rp 24.266,73/kg

(<https://www.icis.com>, 2019)

1.5 Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi suatu pabrik ditentukan berdasarkan kebutuhan konsumsi produk dalam negeri, data impor, data ekspor, serta data produksi yang telah ada.

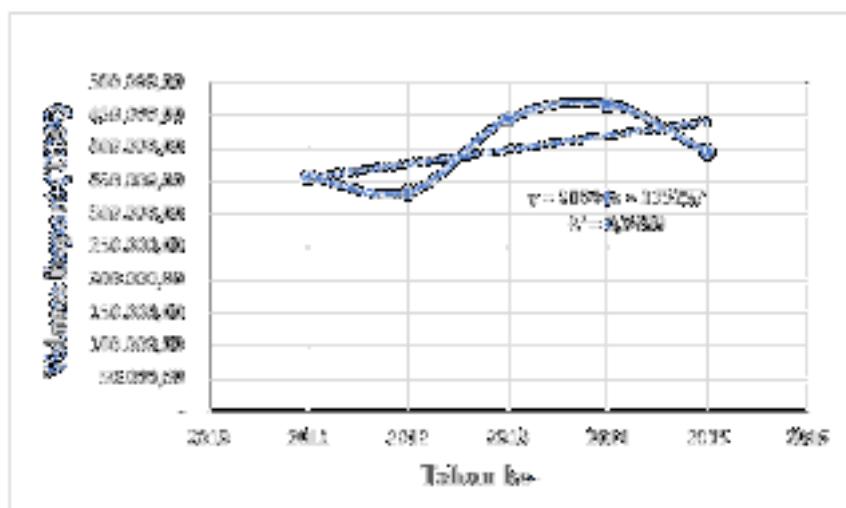
1. Data impor

Untuk memenuhi kebutuhan *xylene*, Indonesia masih mengimpor. Namun kebutuhan impor tersebut tiap tahun menurun dikarenakan Indonesia sudah mulai memperbanyak produksi *xylene*. Berikut ini data impor *xylene* Indonesia dari tahun 2011-2015 dapat dilihat pada Tabel 1.3 :

Tabel 1.3 Data impor *xylene* Indonesia

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2011	355.747,36
2012	331.370,14
2013	444.721,97
2014	466.908,50
2015	393.199,61

Sumber: (Olahan Data BPS, 2011-2015)



Gambar 1.1 Data impor *xylene* 2011-2015

Berdasarkan Gambar 1.1 didapatkan persamaan kapasitas impor (y) vs tahun (x) yang memiliki nilai R^2 sebesar 0,84 dengan menggunakan metode regresi linear. Melalui metode tersebut didapatkan persamaan :

$$Y = 21044x + 335257$$

yang kemudian dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan impor paraxylene di Indonesia pada tahun 2024. Sehingga diperkirakan pada tahun 2024 impor paraxylene sebesar 629.873 ton.

2. Data Konsumsi

Berikut adalah industri di Indonesia yang membutuhkan *xylene* ditampilkan pada Tabel 1.4 :

Tabel 1.4 Industri yang membutuhkan *xylene*

Produk	Nama Perusahaan	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
PTA	Amoco Mitsui PTA	400.000
	PT. Mitsubishi Chemical Indonesia	700.000
	Pertamina	225.000
	PT. Polysindo Eka Perkasa	350.000
	Pt. Polyprima Karya Reksa	400.000
PET	Bakrie Kasei Corp.	52.000
Resin	(Bottle Grade) Indorama	79.000
	Petnesia Resindo	84.000

Polypet Karya Persada	55.000
TOTAL	2.345.000

3. Data Produksi

Di Indonesia terdapat dua produsen *xylene* yaitu, PT. Pertamina dengan kapasitas 270.000 ton/tahun. Sehingga, Indonesia masih mengandalkan impor untuk menutupi kekurangan suplai *xylene* dalam negeri. Data pabrik penghasil *xylene* di dunia dapat dilihat pada Tabel 1.5 berikut :

Tabel 1.5 Data pabrik penghasil *xylene* di dunia

Perusahaan	Lokasi	Kapasitas produksi (ton/tahun)
Exxon Chemical Co	Baytown, Texas	690.000
Amaco Oil Co	Texas City, Texas	640.000
Kerr-McGee Refining Corp	Corpus Christi, Texas	98.000
Southwestern Refining Co	Corpus Christi, Texas	98.000
Koch Refining Co	Corpus Christi, Texas	310.000
Lyondell Petrochemical Co	Houston, Texas	272.000
Marathon Oil Co	Texas City, Texas	36.000
Mobil Chemical Co	Chalmette, LA	165.000
Petrochemicals Division	Chalmette, LA	165.000
Phillips Petroleum Co	Sweeny, Texas	105.000

Chemical Division	Sweeny, Texas	105.000
Salomon Inc.	Houston, Texas	56.000
Phibro Energy Inc.	Houston, Texas	56.000
Hill Petroleum	Houston, Texas	56.000
Sun Refining and Marketing Co	Toledo, OH	36.000
	Total	2.832.000

Berdasarkan data-data diatas menunjukkan jumlah impor xilena Indonesia dalam kurun waktu empat tahun terakhir. Nilai rata-rata impor ini merupakan nominal yang relatif besar, berdasarkan perhitungan kebutuhan impor pada tahun 2024 diperkirakan mencapai sekitar 629.873 ton per tahun. Kapasitas rancangan direncanakan sebesar 300.000 ton per tahun sehingga diharapkan mampu memenuhi ± 50 % kebutuhan xilena di Indonesia pada tahun 2024, dan juga mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap impor.

1.6 Lokasi Pabrik

Pemilihan letak lokasi suatu pabrik sangat menentukan keberhasilan pabrik tersebut, oleh karena itu pemilihan lokasi dipilih berdasarkan beberapa faktor yang menjadi pertimbangan seperti ketersediaan bahan baku, sarana transportasi, pemasaran, harga tanah dan lainnya. Untuk melakukan pertimbangan faktor-faktor tersebut dilakukan metode *scoring* untuk memilih lokasi yang akan dipilih dalam pembangunan pabrik *xylene*.

Tabel 1.6 Faktor Pemilihan Lokasi

Faktor	Bobot	Lokasi 1		Lokasi 2		Lokasi 3	
		Nilai	B x N	Nilai	B x N	Nilai	B x N
Harga Tanah	25	90	22,5	60	15	80	20
Bahan Baku	20	60	12	70	14	90	18
Tenaga Kerja	20	100	20	100	20	100	20
Listrik, Air, Dll	15	80	12	70	10,5	90	13,5
Transportasi	10	80	8	80	9	80	8
Perluasan	5	100	5	100	5	100	5
Letak Geografis	5	100	5	100	5	100	5
TOTAL		100		84,5		78,5	
<hr/>							

Keterangan :

- Lokasi 1 : Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur
- Lokasi 2 : Kecamatan Citangkil, Kota Cilegon, Banten
- Lokasi 3 : Kecamatan Cilacap Tengah, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah

Berdasarkan *scoring* dari Tabel 1.7 lokasi 3 memiliki nilai yang paling tinggi sehingga pabrik *xylene* akan didirikan di kawasan industri Kecamatan Cilacap Tengah, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Kondisi Geografis, Iklim dan Gempa

Kabupaten Cilacap secara geografis terletak antara $108^{\circ}4'30''$ sampai $109^{\circ}22'30''$ Bujur Timur dan $7^{\circ}30'20''$ sampai $7^{\circ}45'0''$ Lintang Selatan.

Kecamatan Cilacap Tengah terletak di bagian utara Kabupaten Cilacap memiliki iklim tropis dengan kadar curah hujan yang relatif rendah dan

daerah tersebut dekat dengan aliran sungai Donan yang sangat potensial untuk dibangun industri.

2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan suatu pabrik, sehingga penyediaan bahan baku merupakan suatu hal yang sangat penting. Lokasi yang dipilih adalah yang dekat dengan sumber bahan baku sehingga biaya transportasi dapat diminimalkan. Pemilihan lokasi di Kabupaten Cilacap merupakan tempat yang tepat, karena dekat dengan sumber bahan baku yang diperoleh dari PT. Pertamina UP IV yang terletak di Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah.

3. Utilitas

Dalam pendirian suatu pabrik tenaga listrik, bahan bakar dan air adalah faktor penunjang yang paling penting. Penggunaan listrik untuk keperluan proses dan perkantoran direncanakan akan disuplai secara eksternal dari Gardu Induk Manyar yang berlokasi di Kecamatan Cilacap Tengah, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. Serta lokasi rencana pabrik yang berdekatan dengan sumber air yang didapat dari Sungai Donan, sehingga diharapkan kebutuhan utilitas khususnya air dapat mudah terpenuhi.

4. Sumber Daya Manusia (Tenaga Kerja)

Sumber daya manusia atau tenaga kerja merupakan salah satu faktor yang sangat penting untuk proses operasional pabrik. Dengan dibangunnya pabrik ini diharapkan akan membantu perekonomian masyarakat khususnya

masyarakat di daerah Cilacap Tengah. Sebagai kawasan industri daerah ini merupakan salah satu tujuan para pencari kerja. Tenaga kerja untuk pabrik ini rencananya direkrut dari masyarakat sekitar pabrik dan tenaga ahli yang berasal dari daerah sekitar pabrik dan luar daerah. Tenaga kerja ini merupakan tenaga kerja yang produktif dari berbagai tingkatan baik yang terdidik maupun yang belum terdidik.

5. Harga Tanah

Harga tanah di daerah Rawa Keong Kecamatan Cilacap Tengah, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah yaitu berkisar Rp 2.800.000/m². Harga tersebut relatif sedang mengingat kawasan tersebut adalah kawasan industri.

6. Sarana dan Prasarana Transportasi

Sarana dan prasarana transportasi sangat diperlukan untuk proses penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Kecamatan Cilacap Tengah merupakan kawasan industri sehingga dapat memudahkan dalam proses distribusi bahan baku maupun produk.

7. Pemasaran Produk

Pemilihan lokasi pabrik di daerah Cilacap, Jawa Tengah sangat strategis karena sebagian besar perusahaan pengguna *xylene* berada di pulau Jawa sehingga diharapkan dapat mempermudah transportasi dan pendistribusian barang sampai dengan tujuannya yang dapat memberikan efek terhadap waktu dan uang.

8. Perizinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah kawasan Cilacap Tengah, Kabupaten Cilacap yang merupakan kawasan untuk industri, sehingga memudahkan dalam perizinan pendirian pabrik.

BAB X

SIMPULAN DAN SARAN

10.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik *Xylene* dari Toluena dengan Proses Disproporsionasi Toluena Kapasitas 300.000 Ton/Tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 30%.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 2,59 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 30% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 25%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
4. *Interest Rate of Return* (IRR) sebesar 31,17%, 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 *Xylene* dari Toluena dengan Proses Disproporsionasi Toluena Kapasitas 300.000 Ton/Tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2019. *Statistic Indonesia*. Diakses melalui www.bps.go.id. pada 16 Agustus 2019.
- Bank Indonesia. 2019. *Nilai Kurs*. Diakses melalui www.bi.go.id. pada 30 September 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 2019.

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.
- Ullmann, F. 2000. "Ullmann'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., New York