

**TUGAS AKHIR**  
**PRA-RANCANGAN PABRIK CUMENE DARI PROPILENA DAN BENZENA**  
**DENGAN METODE UOP Q-MAX BERBASIS KATALIS QZ 2000**

**KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**

*(Pre-Design of Cumene Plant From Propylene and Benzene With UOP Q-MAX Method  
Based On QZ 2000 Catalyst with Capacity of 50.000 ton/year)*

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan pada Mata Kuliah Tugas Akhir Sekaligus  
Melengkapi Syarat Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknk Terapan



**Disusun Oleh:**

<b>Farhan Gimnastiar Maslihan</b>	<b>40040121650068</b>
<b>Mohrafid Fata Fadiyansyah</b>	<b>40040121650052</b>

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA**  
**INDUSTRI**

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI**

**SEKOLAH VOKASI**

**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**2025**



**HALAMAN PENGESAHAN**

**PRA-RANCANGAN PABRIK CUMENE DARI PROPILENA DAN BENZENA  
DENGAN METODE UOP Q-MAX BERBASIS KATALIS QZ 2000 KAPASITAS  
50.000 TON/TAHUN**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk Melengkapi Syarat Akhir Memperoleh Gelar  
Sarjana Terapan Teknik**

**Disusun Oleh:**

  
**Mohrafid Fata Fadiyansyah**

**NIM. 40040121650052**

**Diajukan dan disahkan sebagai Laporan Tugas Akhir  
Semarang, 08 Mei 2025**

**Dosen Pembimbing Skripsi**

  
**Dr. Eng. Vita Paramjta S.T., M.M., M.Eng.  
NIP. 198102152005012002**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
**UNIVERSITAS DIPONEGORO**  
**SEKOLAH VOKASI**  
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA  
INDUSTRI

Jalan Prof. Sudarto, S.H  
Tembalang, Semarang Kode Pos 50275  
Tel./Faks (024) 7471379  
[www.trki.vokasi.undip.ac.id](http://www.trki.vokasi.undip.ac.id)  
email: trki@live.undip.ac.id

## NILAI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Mohrafid Fata Fadiyansyah

NIM : 40040121650052

Judul Proposal Penelitian

- Bahasa Indonesia : Pra-Rancangan Pabrik Cumene dari Propilena dan Benzena dengan Metode UOP Q-MAX Berbasis Katalis QZ 2000 Kapasitas 50.000 Ton/Tahun
- Bahasa Inggris : *Pre-Design of Cumene Plant From Propylene and Benzene With UOP Q-MAX Method Based On QZ 2000 Catalyst with Capacity of 50.000 ton/year*

Nilai (Angka) : 92

Semarang, 8 Mei 2025

Dosen Pembimbing

  
Dr. Eng. Vita Paramita S.T., M.M., M.Eng.

NIP. 198102152005012002

### Catatan :

- Rentang Nilai Angka

80 – 100	A	51 – 59.99	D
70 – 79.99	B	0 – 50.99	E
60 – 69.99	C		

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertandatangan di bawah ini, saya :

Nama : Mohrafid Fata Fadiyansyah  
NIM : 40040121650068  
Program Studi : S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri  
Departemen : Teknologi Industri  
Fakultas/Sekolah : Sekolah Vokasi  
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Vita Paramita S.T., M.M., M.Eng.  
Judul Skripsi : Pra-Rancangan Pabrik Cumene dari Propilena dan Benzena dengan Metode UOP Q-MAX Berbasis Katalis QZ 2000 Kapasitas 50.000 Ton/Tahun

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir (Skripsi) yang diajukan ini merupakan hasil pemikiran dan pemaparan asli dari saya Mohrafid Fata Fadiyansyah dan partner saya, Farhan Gimnastiar Maslihan. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan atas bahan-bahan yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain maupun pernah diajukan untu gelar atau ijazah pada Universitas Diponegoro dan perguruan tinggi lainnya.

Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidaksesuaian dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Diponegoro.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Semarang, 08 Mei 2025

Yang membuat pernyataan,



**Mohrafid Fata Fadiyansyah**

NIM. 40040121650052

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertandatangan di bawah ini, saya :

Nama : Mohrafid Fata Fadiyansyah  
NIM : 40040121650052  
Program Studi : S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri  
Departemen : Teknologi Industri  
Fakultas/Sekolah : Sekolah Vokasi  
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Vita Paramita S.T., M.M., M.Eng.  
Judul Skripsi : Pra-Rancangan Pabrik Cumene dari Propilena dan Benzena dengan Metode UOP Q-MAX Berbasis Katalis QZ 2000 Kapasitas 50.000 Ton/Tahun

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir (Skripsi) yang diajukan ini merupakan hasil pemikiran dan pemaparan asli dari saya Mohrafid Fata Fadiyansyah dan partner saya, Farhan Gimnastiar Maslihan. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan atas bahan-bahan yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain maupun pernah diajukan untu gelar atau ijazah pada Universitas Diponegoro dan perguruan tinggi lainnya.

Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidaksesuaian dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Diponegoro.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.



Semarang, 08 Mei 2025

Yang membuat pernyataan,

**Mohrafid Fata Fadiyansyah**

NIM. 40040121650052



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dengan segala rahmat yang telah diberikan-Nya sehingga Tugas Akhir dengan judul “Pra-Rancangan Pabrik Cumene dari Propilena dan Benzena dengan Metode UOP Q-MAX Berbasis Katalis QZ 2000 Kapasitas 50.000 Ton/Tahun” ini terselesaikan dengan sebaik-baiknya.

Tugas akhir ini disusun dan diajukan sebagai syarat akhir untuk menyelesaikan studi pada Prodi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Semarang. Atas bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Eng. Vita Paramita S.T., M.M., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan diskusi serta saran yang baik sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya
2. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M. Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. Mohammad Endy Yulianto, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri.
4. Dr. Ir., Fahmi Arifan., S.T., M.Eng., M.M., IPM., ASEAN Eng selaku Dosen Wali Kelas Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri.
5. Seluruh dosen dan tenaga pendidik di lingkungan Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri.
6. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang telah menjadi *emotional support* bagi penulis.
7. Kawan seperjuangan, ICELANDSC TRKI Angkatan 2021 yang telah menjadi teman selama penulis menempuh studi.
8. Seluruh pihak yang telah membantu penulis selama masa studi sehingga terselesainya Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari akan adanya keterbatasan dan kemampuan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga dapat bermanfaat bagi penulis untuk menyempurnakan penulisan Laporan Tugas Akhir ini.

Semarang, 20 Mei 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	v
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI TUGAS AKHIR .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR GRAFIK.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik .....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik .....	2
1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik .....	6
1.4 Penentuan Proses .....	9
1.4.1 Tinjauan Proses .....	9
1.4.2 Uraian Umum Proses Terpilih .....	11
BAB II.....	13
DESKRIPSI PROSES.....	13
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk .....	13
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku .....	13
2.1.2 Spesifikasi Bahan Penunjang.....	16

2.1.3 Spesifikasi Produk Isopropil Benzena .....	17
2.2 Konsep Proses .....	20
2.2.1 Dasar Reaksi .....	20
2.2.2 Mekanisme Reaksi .....	20
2.2.3 Kondisi Operasi .....	21
2.2.4 Tinjauan Termodinamika.....	22
2.2.5 Tinjauan Kinetika.....	26
2.3 Langkah Proses .....	27
2.3.1 Tahap Penyimpanan Bahan Baku .....	27
2.3.2 Tahap Preparasi Bahan Baku .....	27
2.3.3 Tahap Reaksi dan Pembentukan Produk.....	27
2.3.4 Tahap Pemurnian Produk.....	28
2.3.5 Diagram Alir Proses Produksi .....	29
2.4 Diagram Alir .....	30
2.4.1 Diagram Alir Neraca Massa.....	30
2.4.2 Diagram Alir Neraca Panas .....	31
2.5 Neraca Massa dan Neraca Panas.....	32
2.5.1 Neraca Massa .....	32
2.5.2 Neraca Panas .....	36
2.6 Tata Letak Pabrik dan Pemetaan.....	46
2.7 Tata Letak Alat Proses .....	49
<b>BAB III .....</b>	<b>50</b>
<b>SPESIFIKASI ALAT.....</b>	<b>50</b>
3.1 Unit Penyimpanan .....	50
3.1.1 Tangki Penyimpanan Atmospheric.....	50
3.1.2 Tangki Penyimpanan Tekanan Tinggi.....	51
3.2 Unit Penukar Panas .....	52

3.2.1	Double Pipe Heat Exchanger .....	52
3.2.2	Kettle Vaporizer .....	53
3.2.3	Unit Reaksi.....	55
3.3	Unit Separasi .....	56
3.3.1	Flash Drum.....	56
3.3.2	Menara Destilasi .....	58
3.4	Unit Transportasi.....	59
BAB IV	.....	60
UNIT PENDUKUNG PROSES	.....	60
4.1	Utilitas.....	60
4.1.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air .....	60
4.1.2	Unit Penyediaan Heat Transfer Fluid .....	62
4.1.3	Unit Penyediaan Listrik .....	63
4.1.4	Unit Penyediaan Steam .....	67
4.1.5	Unit Penyediaan Bahan Bakar .....	67
4.1.6	Unit Penyediaan Udara Tekan .....	69
4.1.7	Unit Pengolahan Limbah .....	69
4.2	Laboratorium.....	70
BAB V	.....	72
MANAJEMEN PERUSAHAAN	.....	72
5.1	Bentuk Perusahaan.....	72
5.2	Struktur Organisasi .....	72
5.3	Tugas dan Wewenang .....	74
5.4	Kepegawaian.....	74
5.4.1	Peraturan Pekerjaan .....	74
5.4.2	Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan .....	75
5.4.3	Waktu Kerja Karyawan <i>Shift</i> .....	75

5.4.4 Waktu Kerja Karyawan <i>Non-Shift</i> .....	76
5.4.5 Penggolongan Jabatan.....	76
5.5 Penentuan Jumlah Pekerja dan Gaji.....	77
5.6 Kesejahteraan Sosial Pekerja .....	78
5.7 Corporate Social Responsibility (CSR) .....	80
BAB VI.....	81
TROUBLESHOOTING.....	81
6.1 Unit Penyimpanan Bahan Baku dan Produk.....	83
6.2 Unit Preparasi Bahan Baku.....	84
6.3 Unit Reaksi.....	85
6.4 Unit Pemurnian Produk.....	87
BAB VII.....	89
ANALISA EKONOMI .....	89
7.1 Dasar Perhitungan.....	89
7.1.1 Kapasitas Produksi.....	89
7.1.2 Kebutuhan Bahan Baku Produksi .....	89
7.1.3 Harga Bahan Baku dan Produk.....	90
7.2 Penaksiran Harga Peralatan .....	90
7.3 Penaksiran Modal Industri ( <i>Total Capital Investment</i> ).....	93
7.3.1 Perhitungan <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI).....	93
7.3.2 Perhitungan <i>Working Capital Investment</i> (WCI).....	97
7.4 Penentuan Biaya Produksi Total ( <i>Production Cost</i> ).....	99
7.4.1 Perhitungan <i>Total Manufacturing Cost</i> (TMC) .....	99
7.4.2 Perhitungan <i>General Expense</i> .....	103
7.5 Analisa Kelayakan Ekonomi.....	105
7.5.1 <i>Profit on Sales</i> (POS).....	105
7.5.2 <i>Return on Investment</i> (ROI).....	106

7.5.3 <i>Pay Out Time</i> (POT) .....	106
7.5.4 <i>Internal Rate of Return</i> (IRR).....	106
7.5.5 <i>Break Even Point</i> (BEP) .....	112
7.5.6 <i>Shutdown Point</i> (SDP) .....	114
7.6 Kelayakan Pendirian Pabrik.....	115
DAFTAR PUSTAKA .....	118
LAMPIRAN.....	121

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Data impor Cumene di Indonesia Tahun 2014 hingga 2024 Badan Pusat Statistik, (2025).....	3
Tabel 1. 2. Kebutuhan Cumene di Asia Tenggara Tahun 2018-2021 (UNdata, 2024) .....	4
Tabel 1. 3. Data Produsen Cumene di Dunia.....	5
Tabel 4. 1. Kebutuhan air umpan boiler .....	61
Tabel 4. 2. Total kebutuhan air Pabrik Isopropil Benzena (Cumene) .....	62
Tabel 4. 3. Kebutuhan HTF Dowtherm A pada Pabrik Isopropil Benzena (Cumene) .....	63
Tabel 4. 4. Kebutuhan daya listrik untuk alat produksi. ....	64
Tabel 4. 5. Kebutuhan daya listrik untuk utilitas. ....	64
Tabel 4. 6. Total kebutuhan listrik untuk produksi. ....	64
Tabel 4. 7. Kebutuhan lumen untuk penerangan. ....	65
Tabel 4. 8. Total kebutuhan listrik untuk operasional pabrik. ....	66
Tabel 4. 9. Total kebutuhan listrik pada Pabrik Isopropil Benzena (Cumene) kapasitas 50.000 ton/tahun .....	67
Tabel 4. 10. Kebutuhan <i>steam</i> yang disuplai oleh kawasan industri .....	67
Tabel 4. 11. Komposisi bahan bakar Industrial Diesel Oil (IDO) .....	67
Tabel 4. 12. Total kebutuhan bahan bakar Pabrik Isopropil Benzena (Cumene) .....	69
Tabel 5. 1. Penjadwalan tim <i>shift</i> pada waktu operasional pabrik.....	76
Tabel 5. 2. Jabatan dan kriteria pendidikan karyawan.....	76
Tabel 5. 3. Perincian jumlah karyawan proses .....	77
Tabel 5. 4. Jumlah karyawan beserta besaran gaji yang dibayarkan tiap bulan .....	77
Tabel 6. 1. Rancangan <i>Troubleshooting</i> Pada Unit Penyimpanan Bahan Baku dan Produk...83	
Tabel 6. 2. Rancangan <i>Troubleshooting</i> Pada Unit Preparasi Bahan Baku.....	84
Tabel 6. 3. Rancangan <i>Troubleshooting</i> Pada Unit Reaksi .....	85
Tabel 6. 4. Rancangan <i>Troubleshooting</i> Pada Unit Pemurnian Produk .....	87
Tabel 7. 1 Indeks CEPCI tahun 2001 – 2023.....	90
Tabel 7. 2 Proyeksi Harga Peralatan Proses Pada Tahun 2024 .....	92
Tabel 7. 3 PEC untuk Peralatan Proses dari Dalam Negeri.....	94
Tabel 7. 4 PEC untuk Peralatan Proses dari Luar Negeri .....	94
Tabel 7. 5 Hasil Perhitungan <i>Physical Plant Cost</i> (PPC) .....	95
Tabel 7. 6 Hasil Perhitungan <i>Direct Plan Cost</i> (DPC) .....	96

Tabel 7. 7 Hasil Perhitungan <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI) .....	97
Tabel 7. 8 Hasil Perhitungan <i>Raw Material Inventory</i> .....	98
Tabel 7. 9 Hasil Perhitungan Estimasi Penjualan Produk Per Tahun .....	98
Tabel 7. 10 Hasil Perhitungan <i>Working Capital Investment</i> (WCI) .....	98
Tabel 7. 11 Hasil Perhitungan <i>Total Capital Investment</i> (TCI).....	99
Tabel 7. 12 Biaya Gaji Karyawan pada Level Supervisi dalam 1 Tahun .....	100
Tabel 7. 13 Biaya Gaji Karyawan ( <i>Labor Cost</i> ) pada Level Operator dalam 1 Tahun .....	100
Tabel 7. 14 Hasil Perhitungan <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC) .....	101
Tabel 7. 15 Hasil Perhitungan <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC).....	101
Tabel 7. 16 Hasil Perhitungan <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC) .....	102
Tabel 7. 17 Hasil Perhitungan <i>Total Manufacturing Cost</i> (TMC).....	102
Tabel 7. 18 Hasil Perhitungan <i>Management Salary</i> .....	103
Tabel 7. 19 Hasil Perhitungan <i>Administration Fee</i> .....	104
Tabel 7. 20 Hasil Perhitungan <i>General Expense</i> .....	104
Tabel 7. 21 Hasil Perhitungan <i>Production Cost</i> .....	105
Tabel 7. 22 Hasil Perhitungan <i>Profit on Sales</i> (POS) .....	105
Tabel 7. 23 Hasil Perhitungan <i>Return of Investment</i> (ROI).....	106
Tabel 7. 24 Hasil Perhitungan <i>Payout Time</i> (POT) .....	106
Tabel 7. 25 Hasil Perhitungan <i>Cash Flow</i> .....	108
Tabel 7. 26 Hasil Perhitungan <i>Cumulative Cash Flow</i> (CCF).....	110
Tabel 7. 27 Hasil Perhitungan <i>Net Present Value</i> (NPV).....	112
Tabel 7. 28 <i>Fixed manufacturing cost</i> (Fa).....	113
Tabel 7. 29 <i>Variable cost</i> (Va).....	113
Tabel 7. 30 <i>Regulated cost</i> (Ra).....	113
Tabel 7. 31 Hasil Perhitungan Analisa Kelayakan Ekonomi Beserta Kesimpulan .....	115

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Konsumsi Cumene di Dunia (S&P Global Commodity Insights, 2022) .....	6
Gambar 2. 1. Reaksi hidrogenasi propilena .....	14
Gambar 2. 2. Reaksi adisi halogen dari propilena .....	14
Gambar 2. 3. Reaksi adisi asam halogen dari propilena .....	14
Gambar 2.4. Reaksi hidrasi propilena.....	14
Gambar 2. 5. Reaksi polimerisasi propilena menjadi polipropilena .....	15
Gambar 2. 6. Reaksi halogenasi benzena.....	16
Gambar 2. 7. Reaksi nitrasi benzena.....	16
Gambar 2. 8. Reaksi sulfatasi benzena .....	16
Gambar 2. 9. Reaksi alkilasi benzena .....	16
Gambar 2. 10. Struktur molekul Isopropil Benzena (PubChem, 2023).....	17
Gambar 2. 11. Reaksi oksidasi Isopropil benzene .....	18
Gambar 2. 12. Reaksi pembentukan fenol dari Isopropil benzene .....	19
Gambar 2. 13. Reaksi utama pada pembentukan Isopropil benzene dari propilena dan benzena .....	20
Gambar 2. 14. Reaksi Pembentukan Elektrofilik.....	21
Gambar 2. 15. Reaksi Adiksi Elektrofilik.....	21
Gambar 2. 16. Reaksi Eliminasi Ion Hidrogen .....	21
Gambar 2. 17. Reaksi Pembentukan Isopropil Benzene dari Propilena dan Benzena.....	26
Gambar 2. 18. Reaksi Pembentukan Diisopropil Benzena dari Isopropil Benzena dan Propilena .....	26
Gambar 4. 1. Tahapan pengolahan air. ....	60
Gambar 4. 2. Proses demineralisasi air.....	61
Gambar 5. 1. Struktur Organisasi Pabrik Isopropil Benzena (Cumene) dengan Kapasitas 50.000 ton/tahun .....	73

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 1. 1. Trend Impor Cumene di Indonesia tahun 2014-2024.....	3
Grafik 1. 2. Trend impor Cumene di Asia Tenggara tahun 2014 hingga 2021 .....	4
Grafik 7. 1 Persamaan Indeks CEPCI terhadap Tahun (2001 – 2023).....	91
Grafik 7. 2 <i>Cumulative Cash Flow</i> (CCF).....	111
Grafik 7. 3 Penentuan Nilai BEP dan SDP .....	115

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Neraca Massa .....	121
Lampiran 2 Neraca Panas .....	135
Lampiran 3 Spesifikasi Alat.....	185
Lampiran 4 Analisa Ekonomi .....	287
Lampiran 1. 1 Perhitungan Neraca Massa Komponen .....	122
Lampiran 1. 2 Perhitungan Neraca Massa Overall .....	134
Lampiran 2. 1 Perhitungan Neraca Panas Komponen .....	138
Lampiran 2. 2 Perhitungan Neraca Panas Overall .....	184
Lampiran 3. 1 Perhitungan Spesifikasi Tangki Penyimpanan Atmospheric (T-02).....	185
Lampiran 3. 2 Perhitungann Spesifikasi Tangki Penyimpanan Tekanan Tinggi (T-01) .....	195
Lampiran 3. 3 Perhitungan Spesifikasi Heat Exchanger (PH-01) .....	199
Lampiran 3. 4 Perhitungan Spesifikasi Vaporizer (VP-02).....	208
Lampiran 3. 5 Perhitungan Spesifikasi Reaktor (R-01).....	216
Lampiran 3. 6 Perhitungan Spesifikasi Flash Drum (FD-01) .....	249
Lampiran 3. 7 Perhitungan Spesifikasi Menara Distilasi (MD-01) .....	257
Lampiran 4. 1 Perhitungan Harga Peralatan .....	287
Lampiran 4. 2 Perhitungan Total Capital Investment .....	293
Lampiran 4. 3 Perhitungan Total Manufacturing Cost .....	304
Lampiran 4. 4 Analisis Kelayakan Ekonomi .....	312