

TUGAS AKHIR
PRA-RANCANGAN PABRIK CUMENE DARI PROPILENA DAN BENZENA
DENGAN METODE UOP Q-MAX BERBASIS KATALIS QZ 2001

KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN

*(Pre-Design of Cumene Plant From Propylene and Benzene With UOP Q-MAX Method
Based On QZ 2001 Catalyst with Capacity of 55.000 ton/year)*

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



Disusun Oleh:

Raka Ardani

40040121650062

Daffandra Dwi Juniarko

40040121650042

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA
INDUSTRI

DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2025

TUGAS AKHIR

TUGAS AKHIR

PRA-RANCANGAN PABRIK CUMENE DARI PROPILENA DAN BENZENA DENGAN METODE UOP Q-MAX BERBASIS KATALIS QZ 2001

KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN

(Pre-Design of Cumene Plant From Propylene and Benzene With UOP Q-MAX Method

Based On QZ 2001 Catalyst with Capacity of 55.000 ton/year)

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



Disusun Oleh:

Raka Ardani

40040121650062

Daffandra Dwi Juniarko

40040121650042

**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 2001 KAPASITAS
55.000 TON/TAHUN**

TUGAS AKHIR

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

Disusun Oleh:

Raka Ardani

NIM. 40040121650062

Diajukan dan disahkan sebagai Laporan Tugas Akhir

Semarang, 11 Maret 2026

Dosen Pembimbing Skripsi

Hermawan Dwi Arianto S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP. H.7.199005152021021001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertandatangan di bawah ini, saya :

Nama : Raka Ardani
NIM : 40040121650062
Program Studi : S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas/Sekolah : Sekolah Vokasi
Dosen Pembimbing : Hermawan Dwi Arianto S.T., M.Sc., Ph.D.
Judul Skripsi : Pra-Rancangan Pabrik Cumene dari Propilena dan Benzena
dengan Metode UOP Q-MAX Berbasis Katalis QZ 2001
Kapasitas 55.000 Ton/Tahun

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang diajukan ini merupakan hasil pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan atas bahan-bahan yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain maupun pernah diajukan untuk 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, 5 Februari 2026

Yang membuat pernyataan,

Raka Ardani

NIM. 40040121650062

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertandatangan di bawah ini, saya :

Nama : Raka Ardani
NIM : 40040121650062
Program Studi : S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas/Sekolah : Sekolah Vokasi
Dosen Pembimbing : Hermawan Dwi Arianto S.T., M.Sc., Ph.D.
Judul Skripsi : Pra-Rancangan Pabrik Cumene dari Propilena dan Benzena
dengan Metode UOP Q-MAX Berbasis Katalis QZ 2001
Kapasitas 55.000 Ton/Tahun

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir (Skripsi) yang diajukan ini merupakan hasil pemikiran dan pemaparan asli dari saya Raka Ardani dan partner saya, Daffandra Dwi Juniarko. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan atas bahan-bahan yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain maupun pernah diajukan untuk 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, 5 Februari 2026

Yang membuat pernyataan,

Raka Ardani

NIM. 40040121650062

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 2001 Kapasitas 55.000 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. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M. Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Dr. Mohammad Endy, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri.
3. Hermawan Dwi Ariyanto S.T., M. Sci., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan diskusi serta saran yang baik sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya
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 momok utama bagi penulis untuk menyelesaikan tanggung jawab.
7. Perempuan saya yang telah membantu dalam memenuhi dan menutupi segala keterbatasan penulis.
8. Kawan seperjuangan, ICELANDSC TRKI Angkatan 2021 yang telah menjadi teman selama penulis menempuh studi.
9. 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, 5 Februari 2026

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
BAB III	50
SPESIFIKASI ALAT	50
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 55.000 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 55.000 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