

TUGAS AKHIR

PRA-RANCANGAN PABRIK CUMENE DARI PROPILENA DAN BENZENA MENGUNAKAN TEKNOLOGI UOP Q-MAX BERKATALIS β -zeolit BERKAPASITAS 65.000 TON/TAHUN

(Preliminary Design of a Cumene Plant from Propylene and Benzene Using UOP Q-Max Technology with B-Zeolite Catalyst at a Capacity of 65,000 Tons Per Year)

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



Disusun Oleh:

Earlene Dascha Faustina 40040122650052

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

DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2026

HALAMAN PENGESAHAN

**PRA-RANCANGAN PABRIK CUMENE DARI PROPILENA DAN BENZENA
MENGUNAKAN TEKNOLOGI UOP Q-MAX BERKATALIS β -ZEOLIT
BERKAPASITAS 65.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi dan Seminar Skripsi
pada Program Studi S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi,
Universitas Diponegoro**

Disusun Oleh :

EARLENE DASCHA FAUSTINA

NIM. 40040122650052

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 8 Juli 2026

Dosen Pembimbing


Dr. Eng. Vita Paramita, S.T., M.M., M.Eng.
NIP. 198102152005012002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Earlene Dascha Faustina
NIM : 40040122650052
Judul Tugas Akhir : Pra-Rancangan Pabrik Cumene dari Propilena dan Benzena menggunakan Teknologi UOP Q-MAX Berkatalis β -Zeolit Berkapasitas 65.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/S.Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya saya Earlene Dascha Faustina dan rekan saya Anggi Nur Fatimah dan Callysta Najmi Raissa, didampingi pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Diponegoro sesuai aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa ada paksaan dari siapa pun.



Semarang, 20 Juli 2026



Earlene Dascha Faustina

NIM. 40040122650052

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 Menggunakan Teknologi *UOP Q-Max* Berkatalis β -zeolit Berkapasitas 65.000 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. Dr. Mohammad Endy Yulianto, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri dan Dosen Wali Kelas.
3. Seluruh dosen dan tenaga pendidik di lingkungan Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri.
4. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang telah menjadi *emotional support* bagi penulis.
5. Pengungsian (Tiur, Jeni, Putri, Noro, DikSani, Ilma, Refa), Aliyy, Shantinong, Fani, Ocid, Lulu, OTW Bali (Kak Aris, Kak Jeki, Kak Fito, Kak Budi, Kak Aceng) yang sudah menjadi *support system* dan bagian perjalanan hidup penulis apalagi selama keberlangsungan menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
6. Kawan seperjuangan, Fresceed TRKI yang telah menjadi teman selama penulis menempuh studi dan juga seluruh pihak yang telah membantu penulis selama masa studi sehingga terselesainya Laporan Tugas Akhir ini.
7. Arda Jayamahendra, yang sudah menjadi pelajaran hidup dan motivasi bagi penulis untuk segera menyelesaikan 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, 10 Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR GRAFIK	xii
INTISARI	xiii
SUMMARY	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik.....	3
1.2.1 Proyeksi Kebutuhan <i>Cumene</i> Di Indonesia, Asean Dan Global	3
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku.....	10
1.2.3 Skala Komersial Pabrik Yang Didirikan	11
1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik.....	12
1.3.1 Spesifikasi Lokasi.....	16
1.4 Pemilihan dan Penentuan Proses	17
1.4.1 Proses AlCl_3 (Monsanto-Kellogg).....	17
1.4.2 Proses SPA / Solid Phosphoric Acid (UOP)	18
1.4.3 Proses Zeolit (<i>UOP Q-Max</i> / ExxonMobil-Badger).....	18
1.4.4 Matriks dari Proses Pembuatan <i>Cumene</i>	19
1.4.4 Uraian Umum Proses Terpilih.....	20
BAB II DESKRIPSI PROSES	21
2.1 Spesifikasi Bahan Baku Produk	21
2.1.1 Spesifikasi Propilena (C_3H_6).....	21
2.1.2 Spesifikasi Benzena.....	23
2.2 Spesifikasi bahan penunjang	26
2.2.1 Spesifikasi Katalis	26
2.3 Spesifikasi Produk	27
2.3.1 Spesifikasi Isopropil Benzena (<i>Cumene</i>).....	27

2.4 Kegunaan Produk Isopropil Benzena (<i>Cumene</i>)	29
2.5 Konsep Proses	30
2.5.1 Dasar Reaksi	30
2.5.2 Kondisi Operasi	37
2.5.3 Tinjauan Termodinamika	38
2.5.4 Tinjauan Kinetika	41
2.6 Langkah proses	43
2.6.1 Tahap penyimpanan Bahan Baku	43
2.6.2 Tahap Persiapan Bahan Baku	44
2.6.3 Tahap reaksi dan pembentukan produk	44
2.6.4 Tahap Pemurnian Produk	45
2.6.5 Diagram Alir Proses Produksi	47
2.7 Diagram Alir	49
2.7.1 Diagram Alir Neraca Massa	49
2.7.2 Diagram Alir Neraca Panas	50
2.8 Neraca Massa Dan Neraca Panas	51
2.8.1 Neraca Massa	51
2.8.2 Neraca Panas	57
2.9 Tata Letak Pabrik dan Pemetaan	64
2.10 Tata Letak Alat Proses	69
BAB III SPESIFIKASI ALAT	71
3.1 Unit Penyimpanan	71
3.1.1 Tangki Penyimpanan Benzena (TK-101)	71
3.1.2 Tangki Penyimpanan Propylene (TK-102)	72
3.2 Unit Penukar Panas	73
3.2.1 Double Pipe Heat Exchanger	73
3.3 Unit Reaksi	74
3.3.1 Reaktor Alkylasi	74
3.3.2 Reaktor Transalkylasi	76
3.4 Unit Separasi	77
3.4.1 Depropanizer	77
3.4.2 Kolom Distilasi Benzena	79

3.4.3 Kolom Distilasi <i>Cumene</i>	81
3.5 Unit Peningkat Tekanan	82
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES.....	84
4.1 Utilitas	84
4.1.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	84
4.1.2 Unit Penyediaan Steam.....	87
4.1.3 Unit Penyediaan Listrik	88
4.1.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar	91
4.1.5 Unit Penyediaan Udara Tekan	93
4.1.6 Unit pengolahan Limbah	93
4.2 Laboratorium	94
4.3 Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Lingkungan Hidup (K3L)	96
4.4 Faktor Bahaya di Pabrik	97
4.4.1 Faktor Bahaya Kimia.....	97
4.4.2 Faktor Bahaya Fisik.....	98
4.5 Potensi Bahaya di Pabrik.....	99
4.6 Sistem Keselamatan Kerja.....	101
4.6.1 Alat Pelindung Diri (APD).....	101
4.6.2 Sistem Proteksi Kebakaran dan Ledakan	102
4.6.3 Sistem Deteksi Gas dan Instrumentasi Keselamatan.....	102
4.6.4 Sistem Izin Kerja (Permit to Work).....	103
4.6.5 Rambu Keselamatan dan Sistem Komunikasi K3.....	103
4.7 Fasilitas Pelayanan Kesehatan.....	104
4.8 Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL).....	105
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN	107
5.1 Bentuk Perusahaan	107
5.2 Struktur Organisasi.....	108
5.3 Tugas dan Wewenang.....	109
5.4 Kepegawaian	110
5.4.1 Peraturan Pekerjaan	110
5.4.2 Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan	111
5.4.3 Waktu Kerja Karyawan Shift	111

5.4.4 Waktu Kerja Karyawan Non-Shift	112
5.5 Penggolongan Jabatan	112
5.6 Penentuan Jumlah Pekerja dan Gaji	112
5.6.1 Karyawan Bagian Proses	113
5.6.2 Rekapitulasi Karyawan dan Estimasi Gaji	113
5.7 Kesejahteraan Sosial Pekerja.....	114
5.8 Corporate Social Responsibility (CSR).....	116
BAB VI TROUBLE SHOOTING	117
6.1 Unit Penyimpanan Bahan Baku dan Produk	118
6.2 Unit Preparasi Bahan Baku.....	119
6.3 Unit Reaksi	120
6.4 Unit Permukiman Produk	121
BAB VII ANALISA EKONOMI.....	122
7.1 Dasar Perhitungan	122
7.1.1 Kapasitas Produksi	122
7.1.2 Kebutuhan Bahan Baku Produksi.....	122
7.1.3 Harga Bahan Baku dan Produk	123
7.2 Penaksiran Harga Peralatan	123
7.3 Perhitungan Biaya	126
7.3.1 Modal Investasi (Total Capital Investment)	126
7.3.2 Biaya Produksi Total (Total Operating Expense)	129
7.4 Analisa Kelayakan Ekonomi	133
7.5 Hasil Perhitungan	134
7.5.1 Total Capital Investment	134
7.5.2 Total Operating Expenses.....	137
7.5.3 Analisa Kelayakan.....	144
DAFTAR PUSTAKA.....	151
LAMPIRAN	156
Lampiran A. Neraca Massa	156
Lampiran B. Neraca Panas	170
Lampiran C. Spesifikasi Alat.....	189
Lampiran D. Utilitas	272

Lampiran E. Ekonomi	278
---------------------------	-----

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Impor <i>Cumene</i> di Indonesia 2016-2025	4
Tabel 1. 2 Data Kebutuhan <i>Cumene</i>	6
Tabel 1. 3 Data Impor <i>Cumene</i> Asean 2014-2023	7
Tabel 1. 4 Data Impor <i>Cumene</i> Global 2015-2025	8
Tabel 1. 5 Produsen <i>Cumene</i> di ASEAN 2026.....	11
Tabel 1. 6 Produsen <i>Cumene</i> Secara Global 2026.....	11
Tabel 1. 7 Parameter 3 Lokasi Pabrik.....	13
Tabel 1. 8 Matriks Penilaian 3 Lokasi Pabrik <i>Cumene</i>	15
Tabel 1. 9 Matriks Proses Pembuatan <i>Cumene</i>	19
Tabel 2. 1 Sifat Fisika dan Termodinamika Propilena	21
Tabel 2. 2 Sifat Fisika dan Termodinamika Benzena.....	23
Tabel 2. 3 Spesifikasi Katalis β -Zeolite	26
Tabel 2. 4 Sifat Fisika dan Termodinamika Isopropil Benzena	27
Tabel 2. 5 Kondisi Operasi pada Pembuatan Isopropil Benzene	38
Tabel 2. 6 ΔH_f° Gas ke Liquid	39
Tabel 2. 7 ΔG_f° Gas ke Liquid	40
Tabel 2. 8 Extent of Reaction pada Reaksi Pembentukan <i>Cumene</i>	41
Tabel 2. 9 Kode Alat.....	47
Tabel 2. 10 Neraca Massa pada Reaktor Alkilasi.....	51
Tabel 2. 11 Neraca Massa pada Depropanizer	52
Tabel 2. 12 Neraca Massa pada Reaktor Transalkilasi.....	53
Tabel 2. 13 Mixing point pada Reaktor Transalkilasi	54
Tabel 2. 14 Neraca Massa pada Kolom Benzena	55
Tabel 2. 15 Neraca Massa pada Kolom <i>Cumene</i>	56
Tabel 2. 16 Neraca Massa Overall.....	57
Tabel 2. 17 Neraca Panas pada Reaktor Alkilasi.....	58
Tabel 2. 18 Neraca Panas pada Depropanizer	59
Tabel 2. 19 Neraca Panas pada Reaktor Transalkilasi.....	59
Tabel 2. 20 Neraca Panas pada Kolom Benzena	60
Tabel 2. 21 Neraca Panas pada Kolom <i>Cumene</i>	61
Tabel 2. 22 Neraca Panas pada Heat Exchanger (E-201).....	62
Tabel 2. 23 Neraca Panas pada Heat Exchanger (E-204).....	62
Tabel 2. 24 Neraca Panas Overall	63
Tabel 2. 25 Rincian Luas Tanah.....	66
 Tabel 4. 1 Kebutuhan Cooling Water	 85
Tabel 4. 2 Rekapitulasi seluruh kebutuhan air.....	87
Tabel 4. 3 Rincian kebutuhan steam.....	87
Tabel 4. 4 Listrik untuk peralatan proses	88

Tabel 4. 5 Listrik untuk utilitas	89
Tabel 4. 6 Listrik untuk laboratorium, workshop, pengolahan limbah, dan instrumentasi	89
Tabel 4. 7 Listrik untuk penerangan	90
Tabel 4. 8 Listrik untuk peralatan elektronik lainnya	91
Tabel 4. 9 Rekapitulasi kebutuhan listrik pabrik	91
Tabel 4. 10 Total kebutuhan bahan bakar	93
Tabel 4. 11 Faktor Bahaya Kimia	97
Tabel 4. 12 Potensi Bahaya di Pabrik	99
Tabel 4. 13 Alat Pelindung Diri (APD)	101
Tabel 4. 14 Identifikasi dampak penting dan rencana pengelolaannya	105
Tabel 5. 1 Penggolongan Jabatan	112
Tabel 5. 2 Rincian kebutuhan tenaga kerja	113
Tabel 5. 3 Estimasi jumlah total karyawan	113
Tabel 6. 1 Unit Penyimpanan Bahan Baku dan Produk	118
Tabel 6. 2 Unit Preparasi Bahan Baku	119
Tabel 6. 3 Unit Reaksi	120
Tabel 6. 4 Unit Permunian Produk	121
Tabel 7. 1 Indeks CEPCI tahun 2001 – 2025	123
Tabel 7. 2 Penaksiran harga peralatan	125
Tabel 7. 3 Total Capital Investment	134
Tabel 7. 4 Direct Plant Cost	135
Tabel 7. 5 Indirect Plant Cost	135
Tabel 7. 6 Fixed Capital Investment	135
Tabel 7. 7 Revenue	137
Tabel 7. 8 Biaya bahan baku dan katalis	137
Tabel 7. 9 Biaya utilitas	137
Tabel 7. 10 Operating Labor Cost	138
Tabel 7. 11 Supervisory expenses	138
Tabel 7. 12 Total direct manufacturing cost	140
Tabel 7. 13 Gaji karyawan	142
Tabel 7. 14 General expenses	144
Tabel 7. 15 Total operating expenses	144
Tabel 7. 16 PEC untuk Peralatan Proses dari Dalam Negeri	149
Tabel 7. 17 PEC untuk Peralatan Proses dari Dalam Negeri	150

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Pabrik <i>Cumene</i>	16
Gambar 2. 1 Reaksi hidrogenasi propilena.....	22
Gambar 2. 2 Reaksi adisi halogen dari propilena.....	22
Gambar 2. 3 Reaksi adisi asam halogen dari propilena.....	23
Gambar 2. 4 Reaksi hidrasi propilena	23
Gambar 2. 5 Reaksi polimerisasi propilena menjadi polipropilena.....	23
Gambar 2. 6 Reaksi halogenasi benzena	24
Gambar 2. 7 Reaksi nitrasi benzena	25
Gambar 2. 8 Reaksi sulfatasi benzena	25
Gambar 2. 9 Reaksi alkilasi benzena.....	25
Gambar 2. 10 Struktur molekul Isopropil Benzena (PubChem, 2023)	28
Gambar 2. 11 Reaksi oksidasi Isopropil benzene.....	28
Gambar 2. 12 Reaksi pembentukan fenol dari Isopropil benzene	29
Gambar 2. 13 Tahap Alkilasi Benzena.....	31
Gambar 2. 14 Tahap Oksidasi <i>Cumene</i>	32
Gambar 2. 15 Tahap Hock Rearrangement	33
Gambar 2. 16 Reaksi pembentukan DIPB.....	33
Gambar 2. 17 Tahap Pembentukan Karbokation Isopropil	34
Gambar 2. 18 Tahap Serangan Elektrofilik pada <i>Cumene</i>	35
Gambar 2. 19 Tahap Pembentukan Diisopropilbenzena (DIPB)	35
Gambar 2. 20 Reaksi Transalkilasi DIPB menjadi <i>Cumene</i>	36
Gambar 2. 21 Tahap Pelepasan Gugus Isopropil dari DIPB	36
Gambar 2. 22 Tahap Serangan Elektrofilik pada Benzena.....	37
Gambar 2. 23 Tahap Pembentukan <i>Cumene</i> pada Reaksi Transalkilasi	37
Gambar 2. 24 Diagram Alir Proses Produksi	47
Gambar 2. 25 Diagram Alir Neraca Massa	49
Gambar 2. 26 Diagram Alir Neraca Panas	50
Gambar 2. 27 Layout Pabrik <i>Cumene</i>	68
Gambar 2. 28 Tata Letak Alat Proses.....	69
Gambar 4. 1 Tahapan Pengolahan Air.....	84
Gambar 4. 2 Proses Demineralisasi Air	85
Gambar 5. 1 Struktur Organisasi	109

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1. 1 Proyeksi Data Impor <i>Cumene</i> Indonesia Tahun 2016-2025	5
Grafik 1. 2 Proyeksi Impor <i>Cumene</i> ASEAN Tahun 2016-2025	7
Grafik 7. 1 Persamaan Indeks CEPCI terhadap Tahun (2001 – 2025).....	124