

**DESAIN PROYEK PABRIK ASAM AKRILAT DENGAN PROSES
OKSIDASI *PROPYLENE* KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi dan
Seminar Skripsi pada Jurusan S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri,
Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro**

Disusun oleh:

MUHAMMAD ULIL ABSOR NIM. 40040118650047

**PRODI S-Tr TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2022

**DESAIN PROYEK PABRIK ASAM AKRILAT DENGAN PROSES
OKSIDASI *PROPYLENE* KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi dan
Seminar Skripsi pada Jurusan S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri,
Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro**

Disusun oleh:

MUHAMMAD ULIL ABSOR NIM. 40040118650047

**PRODI S-Tr TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2022

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Muhammad Ulil Absor
NIM : 40040118650047
Judul Tugas Akhir (Skripsi) : Desain Proyek Pabrik Asam Akrilat dengan Proses Oksidasi *Propylene* Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi / STr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya Muhammad Ulil Absor dan partner saya atas nama Yusril Azhar Fakhruddin didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Diponegoro sesuai aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Semarang, Oktober 2021

Muhammad Ulil Absor
NIM 40040118650047

HALAMAN PENGESAHAN

**DESAIN PROYEK PABRIK ASAM AKRILAT DENGAN PROSES OKSIDASI
PROPYLENE KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

**Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan
Teknik**

Disusun Oleh

MUHAMMAD ULIL ABSOR

NIM. 40040118650047

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, Oktober 2022
Dosen pembimbing,

Ir.R.T.D. Wisnu Broto, M.T.
NIP. 195909251987031002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala nikmat dan karunia-Nya sehingga Skripsi Prarancangan Pabrik Kimia dengan judul “Desain Proyek Pabrik Asam akrilat dengan Proses Oksidasi *Propylene* Kapasitas 40.000 Ton/Tahun” ini dapat terselesaikan.

Skripsi prarancangan pabrik kimia ini disusun untuk memenuhi tugas akhir Program Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri Universitas Diponegoro sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan Pendidikan sarjana serta sebagai media pembelajaran agar mampu menerapkan teori dan mengembangkan daya penalaran bidang ilmu Teknik Kimia kedalam bentuk prarancangan pabrik sesuai dengan lingkup kerjanya.

Ucapan terimakasih kami berikan kepada beberapa pihak yang telah membntu dalam penulisan Skripsi Prarancangan Pabrik Kimia ini, antara lain:

1. Bapak Ir.R.T.D. Wisnu Broto, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing kami dalam proses penyusunan skripsi ini.
2. Kedua orang tua, yang telah memberikan dukungan, doa, serta motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Teman-teman, yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Serta, banyak pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Skripsi desain proyek pabrik kimia ini disadari masih jauh dari kata sempurna, oleh karenanya diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Skripsi ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan pihak-pihak yang berkepentingan.

Semarang, Oktober 2022

Penulis

RINGKASAN

Rancangan pabrik asam akrilat dengan proses oksidasi propilen kapasitas 40.000 ton per tahun dia Tunjukkan untuk memenuhi kebutuhan asam akrilat dalam negeri karena semakin meningkatnya kebutuhan akan asam akrilat diperkirakan total kebutuhan asam akrilat mencapai 223.500 ton per tahun dalam skala nasional pabrik ini direncanakan didirikan di kawasan industri Cilegon, Banten dengan bahan baku propilena yang diambil dari PT. Candra Asri Petrochemical.

Proses produksi asam akrilat menggunakan prinsip reaksi oksidasi senyawa propilena oleh oksigen dalam udara dilakukan melalui dua tahap oksidasi yaitu oksidasi propilena menjadi produk antara akrolein dan oksidasi akrolein menjadi produk utama asam akrilat. Reaksi berlangsung dalam reaktor jenis multitubular fixed bed. Reaksi berlangsung dalam fase gas dengan suhu dan tekanan 322,34 derajat Celcius per 1,76 ATM pada reaktor pertama R-01 kemudian berlanjut pada reaktor kedua R-102 pada suhu dan tekanan 288,98 derajat Celcius per 1,58 ATM serta bersifat sangat eksotermis. Konversi propilena sebesar 91,1% dengan selektivitas akrolein sebesar 87,40% dan konversi akrolein sebesar 92,8% dengan selektivitas asam akrilat sebesar 89,1%.

Unit pendukung proses sebagian diperoleh dari kawasan industri Cilegon seperti unit pengolahan limbah dan pengadaan listrik, namun unit pengadaan air *steam* dan udara tekan direncanakan akan dikelola sendiri oleh pabrik. Sumber air diperoleh dari sungai cidanau di Cilegon untuk kebutuhan *boiler feed water*, dan *cooling water*. Air sumur atau air tanah digunakan untuk sanitasi dari keberjalanan proses dihasilkan limbah cair dan limbah gas yang akan dikelola terlebih dahulu sebelum dialirkan ke unit pengolahan limbah.

Bentuk badan usaha pabrik asam akrilat adalah perseroan terbatas atau PT terbuka dengan sistem organisasi line and staff. Jumlah karyawan yang dibutuhkan sebanyak 253 orang dengan pengoperasian selama 330 hari kerja dan full time 24 jam. Dari hasil analisa ekonomi diperoleh pos (*Profit On Sales*) sebesar 10% dan ROI (*Return On Investment*) sebesar 18,69% . Jika dilihat dari IRR (*Internal Rate of Return*) yang diperoleh sebesar 31,8%, POT (*Pay Out Time*) untuk pendirian pabrik ini selama 3 tahun 8 bulan dengan nilai BEP (*Break Even Point*) dan SDP (*Shutdown Point*) berturut-turut sebesar 18,9% dan 8% disimpulkan pabrik layak untuk didirikan dan menguntungkan bagi investor untuk menanam sahamnya dalam pendirian pabrik ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
RINGKASAN	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Pabrik.....	2
1.2.1 Proyeksi Kebutuhan Pasar	2
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku	5
1.2.3 Kapasitas Pabrik yang Sudah Beroperasi	5
1.2.4 Penetapan Kapasitas Produksi	7
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik.....	8
1.4 Tinjauan Proses	14
BAB II DESKRIPSI PROSES	17
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	17
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku	17
2.1.2 Spesifikasi Bahan Penunjang	17
2.1.3 Spesifikasi Produk	18
2.1.4 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku.....	18
2.1.5 Sifat Fisika dan Kimia Produk.....	20
2.2 Konsep Proses	21
2.2.1 Dasar dan Fase Reaksi	21
2.2.2 Penggunaan Katalis.....	22
2.2.3 Mekanisme Reaksi	22
2.2.3 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	23
2.2.4 Kondisi Operasi	31
2.3 Langkah Proses	31

2.3.1	Diagram Alir	31
2.3.2	Langkah Proses	32
2.4	Diagram Blok	34
2.5	Neraca Massa dan Panas	34
2.5.1	Rangkuman Neraca Massa.....	34
2.5.2	Rangkuman Neraca Panas.....	37
2.6	Tata Letak Pabrik dan Pemetaan	42
2.6.1	Tata Letak Pabrik	42
2.6.2	Tata Letak Peralatan proses	46
2.7	Diagram Alir Proses Produksi Asam Akrilat	48
BAB III.....		49
SPESIFIKASI ALAT		49
3.1	Unit Penyimpanan	49
3.2	Unit Transportasi	53
3.3	Unit Penukar Panas	55
3.4	Unit Reaksi	57
3.5	Unit Pemisah	59
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES		62
4.1	Unit Pengadaan dan Pengolahan Air.....	62
4.1.1	Unit Pengolahan Air	64
4.1.2	Unit Penyediaan Air.....	69
4.2	Unit Penyediaan Listrik	73
4.3	Unit Penyediaan <i>Thermal Fluid</i>	78
4.4	Unit Penyediaan Uap Air (<i>Steam</i>).....	78
4.4.1	Kapasitas <i>Boiler</i>	79
4.4.2	Kebutuhan Bahan Bakar <i>Boiler</i>	80
4.5	Unit Penyediaan Bahan Bakar	81
4.6	Unit Penyediaan Udara Tekan.....	81
4.7	Unit Pengolahan Limbah.....	83
4.7.1	Unit Pengolahan Limbah Cair	83
4.7.2	Unit Pengolahan Limbah Gas.....	83
4.7.3	Unit Pengolahan Limbah Padat	83
4.7.4	Unit Pengolahan Limbah B3	84

4.8	Unit Pemeliharaan (<i>Maintenance</i>)	85
BAB V		90
MANAJEMEN PERUSAHAAN		90
5.1	Bentuk Perusahaan	90
5.2	Struktur Organisasi.....	93
5.3	Tugas dan Wewenang	94
1.	Direktur Utama	95
2.	Direktur Produksi dan Teknik.....	96
3.	Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	96
4.	Direktur Komersial	96
5.4	Pembagian Jam Kerja.....	101
5.5	Status Karyawan dan Sistem Upah	103
5.6	Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji	103
5.7	Kesejahteraan Sosial Karyawan	109
5.8	Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	110
5.9	<i>Corporate Social Responsibility (CSR)</i>	111
BAB VI TROUBLESHOOTING.....		114
6.1	<i>Troubleshooting</i> pada Unit Penyimpanan	114
6.3	<i>Troubleshooting</i> pada Unit Penukar Panas	119
6.4	<i>Troubleshooting</i> pada Unit Reaksi	121
6.5	<i>Troubleshooting</i> pada Unit Pemisah	124
BAB VII		131
ANALISA EKONOMI		131
7.1	Perkiraan Harga Peralatan	131
7.2	Dasar Perhitungan	134
7.3	Perhitungan Biaya	134
7.4	Analisa Kelayakan.....	141
7.5	Hasil Perhitungan	143
DAFTAR PUSTAKA		151
LAMPIRAN A		A-1
LAMPIRAN B		B-1
LAMPIRAN C		C-1
LAMPIRAN D		D-1

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data ekspor – impor asam akrilat di Indonesia tahun 2011 – 2019	3
Tabel 1.2 Proyeksi jumlah ekspor dan impor asam akrilat di Indonesia tahun 2020 – 2037 ...	4
Tabel 1.3 Produsen propilen di Indonesia	5
Tabel 1.4 Kapasitas produksi pabrik asam akrilat global	6
Tabel 1.5 Perbandingan Lokasi untuk Pendirian Pabrik Asam Akrilat.....	10
Tabel 1.6 Pemilihan Lokasi Pabrik Asam Akrilat	14
Tabel 1.7 Perbandingan Proses Pembuatan Asam Akrilat	16
Tabel 2.1 Sifat Fisika Udara	20
Tabel 2.2 Data Entalpi Senyawa.....	24
Tabel 2.3 Data Energi Gibbs Senyawa saat Suhu 298 K.....	27
Tabel 2.4 Nilai k_0 dan E_a tiap reaksi	31
Tabel 2.5 Neraca Massa di Sekitar TWV (V-01)	34
Tabel 2.6 Neraca Massa di Sekitar TWV (V-02)	35
Tabel 2.7 Neraca Massa di Sekitar Fix Bed Multitube (R-01).....	35
Tabel 2.8 Neraca Massa di Sekitar Fix Bed Multitube (R-02).....	36
Tabel 2.9 Neraca Massa di Sekitar Absorber (AB-01).....	36
Tabel 2.10 Neraca Massa di Sekitar Kolom Destilasi (D-01)	37
Tabel 2.11 Neraca Massa Total	37
Tabel 2.12 Neraca Energi di Sekitar Kompresor.....	38
Tabel 2.13 Neraca Energi di Sekitar Ekspander.....	38
Tabel 2.14 Neraca Energi di Sekitar Furnace.....	38
Tabel 2.15 Neraca Energi di Sekitar TWV (V-01).....	38
Tabel 2.16 Neraca Energi di Sekitar TWV (V-02).....	39
Tabel 2.17 Neraca Energi di Sekitar Reaktor (R-01)	39
Tabel 2.18 Neraca Energi di Sekitar Blower (BW-01)	39
Tabel 2.19 Neraca Energi di Sekitar Heat Exchanger (HE-01).....	39
Tabel 2.20 Neraca Energi di Sekitar Reaktor (R-02)	40
Tabel 2.21 Neraca Energi di Sekitar Heat Exchanger (HE-02).....	40
Tabel 2.22 Neraca Energi di Sekitar Cooler (CO-01)	40
Tabel 2.23 Neraca Energi di Sekitar Absorber (AB-01)	41
Tabel 2.24 Neraca Energi di Sekitar Kolom Destilasi (D-01).....	41
Tabel 2.25 Neraca Energi di Sekitar Cooler (CO-02)	41

Tabel 2.26 Neraca Energi di Sekitar Cooler (CO-03)	41
Tabel 2.27 Neraca Energi Overall	42
Tabel 2.28 Rincian Luas Bangunan Pabrik	44
Tabel 3.1 Ringkasan desain tangki penyimpanan produk asam akrilat.....	49
Tabel 3.2 Ringkasan desain tangki penyimpanan produk asam akrilat.....	51
Tabel 3.3 Ringkasan desain compressor (C-01).....	53
Tabel 3.4 Ringkasan desain Expander (EX-01)	53
Tabel 3.5 Ringkasan desain pompa P-02.....	54
Tabel 3.6 Ringkasan desain Blower (BW-01).....	55
Tabel 3.7 Ringkasan desain <i>heat exchanger</i> HE-01	56
Tabel 3.8 Ringkasan Furnace (F-01)	57
Tabel 3.9 Ringkasan reaktor oksidasi propilen (R-01).....	58
Tabel 3.10 Ringkasan desain kolom absorpsi ABS-01	59
Tabel 3.11 Ringkasan Desain Kolom Destilasi (D-01)	60
Tabel 4.1 Kebutuhan <i>Steam</i> pada Proses	69
Tabel 4.2 Kebutuhan Air Pendingin pada Proses	71
Tabel 4.3 Kebutuhan untuk Peralatan Proses	73
Tabel 4.4 Kebutuhan untuk Peralatan Utilitas	74
Tabel 4.5 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan Pabrik.....	75
Tabel 4.6 Kebutuhan <i>steam</i> pada proses	79
Tabel 4.7 Baku Mutu Air Limbah B3.....	84
Tabel 4.8 Parameter Uji Program Laboratorium	87
Tabel 5.1 Pembagian <i>Shift</i> Karyawan.....	102
Tabel 5.2 Jadwal Kerja Untuk Setiap Regu.....	102
Tabel 5.3 Jabatan dan Pendidikan	103
Tabel 5.4 Rincian Jumlah Karyawan Proses Produksi	105
Tabel 5.5 Rincian Jumlah Karyawan Utilitas	106
Tabel 5.6 Rincian Jumlah Karyawan dan Gaji	107
Tabel 6.1 Analisa HAZOP Tangki Penyimpanan	114
Tabel 6.2 Analisa HAZOP Pompa	116
Tabel 6.3 Analisa HAZOP pada Kompresor	117
Tabel 6.4 Analisa HAZOP Heat Exchanger	119
Tabel 6.5 Analisa HAZOP <i>Furnace</i>	120
Tabel 6.6 Analisa HAZOP Reaktor	121

Tabel 6.7 Analisa HAZOP pada Kolom Destilasi	124
Tabel 6.8 Analisa HAZOP pada Absorber	127
Tabel 7.1 Indeks CEPCI pada Tahun 2005-2021	132
Tabel 7.2 Perhitungan <i>Direct Plant Cost</i> (DPC)	143
Tabel 7.3 Perhitungan <i>Indirect Plant Cost</i> (IPC)	143
Tabel 7.4 Perhitungan <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	144
Tabel 7.5 Perhitungan <i>Total Capital Investment</i> (TCI).....	145
Tabel 7.6 Perhitungan <i>Raw Material Expenses</i>	146
Tabel 7.7 <i>Perhitungan Direct Manufacturing Cost</i>	146
Tabel 7.8 Perhitungan <i>Indirect Manufacturing Cost</i>	147
Tabel 7.9 Perhitungan <i>Product Expenses</i>	147
Tabel 7.10 Perhitungan <i>General Expenses</i>	147
Tabel 7.11 Perhitungan <i>Total Operating Expense</i>	148

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Blok Pembuatan Asam Akrilat	34
Gambar 2.2 Tata Letak Pabrik.....	45
Gambar 2.3 Tata Letak peralatan proses	47
Gambar 2.4 Diagram Alir Proses Produksi Asam Akrilat.....	48
Gambar 3.1 Desain tangki penyimpanan produk asam akrilat	49
Gambar 3.2 Desain tangki penyimpanan produk asam akrilat	51
Gambar 3.3 Desain Compressor (C-01)	53
Gambar 3.4 Desain Expander (EX-01).....	53
Gambar 3.5 Desain pompa P-02.....	54
Gambar 3.6 Desain Blower (BW-01)	55
Gambar 3.7 Desain <i>heat exchanger</i> HE-01	55
Gambar 3.8 Desain Furnace (F-01)	56
Gambar 3.9 Desain reaktor oksidasi propilen (R-01).....	57
Gambar 3.10 Desain kolom absorpsi ABS-01.....	59
Gambar 3.11 Desain Kolom Destilasi (D-01)	60
Gambar 4.1 Skema sederhana <i>clarifier</i> (Wiggins, 2019)	65
Gambar 4.2 Diagram alir pengolahan air sanitasi	69
Gambar 5.1 Struktur Organisasi Perusahaan	113
Gambar 7.1 Indeks CEPCI pada Tahun 2005 - 2019	133
Gambar 7.2 Grafik Penentuan Titik BEP dan SDP	149