

**PRA-RANCANGAN PABRIK PHTHALIC ANHYDRIDE DARI
O-XYLENE METODE VON HYDEN DENGAN KATALIS V_2O_5
KAPASITAS PRODUKSI 103.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi Dan Seminar
Skripsi Pada Jurusan S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi,
Universitas Diponegoro

Disusun oleh:

ARIEN BELLA SAPUTRI
40040121650006

**PRODI TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI
DEPT. TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

**PRA-RANCANGAN PABRIK *PHthalic Anhydride* DARI *O-Xylene* METODE
VON HYDEN DENGAN KATALIS V_2O_5 KAPASITAS PRODUKSI 103.000
TON/TAHUN**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh

Arien Bella Saputri

NIM. 40040121650006

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 19 Mei 2025

Dosen pembimbing,


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

NIP. 198102152005012002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Arien Bella Saputri

NIM : 40040121650006

Judul Tugas Akhir (Skripsi) : Pra-Rancangan Pabrik *Phthalic Anhydride* dari *O-Xylene*
Metode Von Hyden Dengan Katalis V_2O_5 Kapasitas Produksi
103.000 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi / STeK. Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya Arien Bella Saputri dan partner saya atas nama Enrica Ryan Geminarqi 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, 19 Mei 2025



Arien Bella Saputri

NIM. 40040121650006

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir (skripsi) yang berjudul **“Pra-Rancangan Pabrik *Phthalic Anhydride* dari *O-xylene* Metode Von Hyden dengan Katalis V_2O_5 Kapasitas Produksi 103.000 Ton/Tahun”**. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, maka dengan hati yang tulus ikhlas penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Mohamad Endy Julianto, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir.
2. Dr.Eng. Vita Paramita S.T., M.M., M.Eng. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah telah membimbing, mengarahkan, mendukung secara material dan moral selama proses pengajuan judul hingga penyusunan laporan tugas akhir sehingga laporan ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Dr. Ir. Fahmi Arifan S.T., M.Eng., M.M., IPM., ASEAN Eng. selaku dosen wali yang telah membimbing dan memberikan arahan selama keberjalanan kegiatan perkuliahan.
4. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Kepada Ibunda tercinta, Ibunda winarti. Beliau sangat berperan penting dibalik proses menyelesaikan laporan ini. Terimakasih sebesar-besarnya kepada beliau atas segala doa, bantuan, semangat yang senantiasa selalu diberikan sehingga saya dapat menyelesaikan laporan ini.
6. Kepada Cinta pertama dan panutanku, Ayahanda (Alm) Djumain. Beliau ialah yang menjadi salah satu alasan saya untuk terus berjuang dan semangat menyelesaikan laporan ini hingga menjadi sarjana
7. Tak lupa keluarga yang selalu ada dan tiada henti mendoakan dan memotivasi saya (Mas Adjie dan Kesha) untuk senantiasa bersemangat dan tak mengenal kata putus asa.
8. Enrica Ryan Geminarqi sebagai rekan skripsi yang telah berjuang bersama, memberikan semangat, meluangkan waktu, tenaga dan materi dalam kegiatan ini.

9. Neo San Yofa yang selalu menemani, meluangkan waktu dan segala dukungan untuk saya dalam menyusun laporan ini. Terimakasih telah menjadi bagian dalam proses perjalanan saya dalam menyusun skripsi. Selalu mendengarkan keluhan dan solusi, sehingga saya bisa bertahan hingga akhir.
10. Teman – teman TRKI 2021 dan Kakak-kakak Tingkat TRKI yang telah membantu memberi semangat dan telah berproses bersama dengan penyusun dalam kehidupan selama perkuliahan.

Penyusun menyadari keterbatasan dan kemampuan dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga dapat bermanfaat bagi penyusun untuk menyempurnakan skripsi ini.

Semarang, 14 Mei 2025

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
INTISARI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik	1
1.2 Kapasitas Rancangan	2
1.2.1 Proyeksi Kebutuhan Pasar <i>Phthalic Anhydride</i> di Indonesia.....	2
1.2.2 Kapasitas yang digunakan.....	4
1.2.3 Kapasitas Minimum Pabrik Sejenis	5
1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku	7
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik	8
1.3.1 UMK.....	10
1.3.2 Harga Tanah	10
1.3.3 Listrik	11
1.3.4 Kebijakan Pemerintah	11
1.3.5 Tenaga Kerja	11
1.3.6 Pemasaran.....	11
1.3.7 Transportasi.....	12
1.3.8 Utilitas (Air).....	13
1.3.9 Pengolahan Limbah.....	13

1.3.10 Ketersediaan Bahan Baku	13
1.4 Tinjauan Proses	13
1.4.1 Tinjauan Proses Secara Umum	13
BAB II DESKRIPSI PROSES	21
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	21
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku Utama	21
2.1.2 Spesifikasi Katalis	24
2.1.3 Spesifikasi Produk	25
2.2 Konsep Proses	27
2.2.1 Dasar Proses	27
2.2.2 Mekanisme Reaksi	29
2.2.3 Tinjauan Termodinamika	31
2.2.4 Tinjauan Kinetika	34
2.2.5 Kondisi Operasi	35
2.3 Langkah Proses	36
2.3.1 Diagram Alir	36
2.3.2 Langkah Proses	36
2.4 Neraca Massa dan Neraca Panas	43
2.4.1 Neraca Massa	43
2.4.2 Neraca Panas	47
2.5 Tata Letak Pabrik dan Peralatan	53
2.5.1 Tata Letak Pabrik	53
2.5.2 Tata Letak Peralatan	56
BAB III SPESIFIKASI PERALATAN PROSES	59
3.1 Unit Penyimpanan	59
3.2 Unit Pemindahan	60

3.3 Unit Penukar Panas	62
3.4 Unit Reaktor Kimia.....	63
3.5 Unit Pemisah.....	65
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES.....	67
4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air	67
4.1.1 Air Umpan <i>Boiler</i>	68
4.1.2 Air Pendingin (<i>Cooling water</i>).....	70
4.1.3 Air Sanitasi.....	72
4.1.4 Air <i>Hydrant</i>	74
4.1.4 Unit Pengolahan Air.....	74
4.1.5 Unit Penyediaan Listrik.....	80
4.1.6 Unit Pengadaan <i>Steam</i>	86
4.1.7 Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	89
4.1.8 Unit Pengadaan Udara Tekan.....	89
4.1.9 Unit Pengolahan limbah.....	90
4.2 Laboratorium	94
4.2.1 Peranan Laboratorium.....	94
4.2.2 Program Laboratorium	95
4.2.3 Alat-alat Laboratorium.....	97
4.3 Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup	98
4.3.1 SMK3 Standar ISO 45001:2018.....	100
4.3.2 Fasilitas Pelayanan Kesehatan	101
4.3.3 Potensi Bahaya di Sekitar Pabrik	102
4.3.4 Faktor Bahaya di Sekitar Pabrik.....	103
4.3.5 Sistem Keamanan Kerja.....	104
4.3.6 Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL)	107

BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN	108
5.1 Bentuk Perusahaan.....	108
5.2 Struktur Organisasi	109
5.3 Tugas dan Wewenang.....	113
5.3.1 Deskripsi Tugas.....	113
5.4 Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan	117
5.4.1 Pembagian Jam Karyawan	118
5.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji	119
5.5.1 Penggolongan Jabatan.....	119
5.5.2 Jumlah Karyawan dan Gaji	121
5.6 Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	127
5.7 Corporate Social Responsibility (CSR)	129
BAB VI TROUBLESHOOTING	131
6.1 <i>P&ID</i> Alat Utama dan HAZOP	132
BAB VII ANALISA EKONOMI	137
7.1 Penaksiran Harga Peralatan	137
7.2 Dasar Perhitungan.....	139
7.3 Perhitungan Biaya.....	139
7.3.1 Capital Investment.....	139
7.3.2 Manufacturing Cost.....	142
7.3.3 General Expense.....	144
7.4 Analisis Kelayakan	145
7.5 Hasil Perhitungan.....	146
DAFTAR PUSTAKA.....	151
LAMPIRAN	154
LAMPIRAN A NERACA MASSA	154

LAMPIRAN B NERACA PANAS	180
LAMPIRAN C PERANCANGAN ALAT	238
LAMPIRAN D PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI.....	337

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Regresi Linear Data Ekspor Phthalic Anhidride Tahun 2015-2021	3
Gambar 1. 2 Grafik Regresi Linear Data Impor Phthalic Anhidride Tahun 2015-2021 ..	3
Gambar 2. 1 Layout Pabrik Phthalic Anhidride	55
Gambar 2. 2 Layout Peralatan Proses Pabrik Phthalic Anhidride	57
Gambar 4. 1 Induced Draft Cooling Tower (Singham, 1990).....	71
Gambar 4. 2 Diagram Alir Pengolahan Air Pabrik Phthalic Anhidride	76
Gambar 4. 3 Skema Unit Pengadaan Udara Tekan	90
Gambar 6. 1 Overview Step Quantitative Risk Analysis Method (Arendt & Lorenzo, 2010).....	131
Gambar 7. 1 Grafik Analisis BEP dan SDP	150

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Ekspor dan Impor Phthalic Anhydride Tahun 2015-2021	2
Tabel 1. 2 Proyeksi Ekspor dan Impor Phthalic Anhydride 7 Tahun kedepan	3
Tabel 1. 3 Data pabrik penghasil Phthalic Anhydride di Indonesia	4
Tabel 1. 4 Kebutuhan Pabrik Phthalic Anhydride di Negara ASEAN	5
Tabel 1. 5 Kebutuhan Phthalic Anhydride untuk 7 tahun kedepan	5
Tabel 1. 6 Pabrik Phthalic Anhydride yang Telah Beroperasi	5
Tabel 1. 7 Pabrik Potensial menjadi Importir Bahan Baku Pabrik Phthalic Anhydride ..	7
Tabel 1. 8 Matriks Pemilihan Lokasi Pabrik Phthalic Anhydride	8
Tabel 1. 9 Pabrik Berbahan Phthalic Anhydride	12
Tabel 1. 10 Jenis Proses Oksidasi O-xylene pada fase gas	18
Tabel 1. 11 Perbandingan Proses Pembuatan Phthalic Anhydride.....	19
Tabel 2. 1 Komposisi Ortho-xylene	21
Tabel 2. 2 Komposisi Udara	22
Tabel 2. 3 Komposisi Katalis Vanadium Pentoxide.....	24
Tabel 2. 4 Komposisi Phthalic Anhydride	25
Tabel 2. 5 Selektivitas Reaksi Pembentukan Phthalic Anhydride.....	28
Tabel 2. 6 Data Entalpi Reaksi Standar (298,15 K)	31
Tabel 2. 7 Data Kapasitas Panas Masing-masing Komponen	31
Tabel 2. 8 Data Reaksi Bebas Gibbs Setiap Komponen.....	33
Tabel 2. 9 Neraca Massa di Sekitar Reaktor (R-201).....	43
Tabel 2. 10 Neraca Massa di Sekitar Condensor Partial (CP-301)	43
Tabel 2. 11 Neraca Massa di Sekitar Condensor Partial (CP-302)	44
Tabel 2. 12 Neraca Massa di Sekitar Accumulator Tank (AT-301).....	44
Tabel 2. 13 Neraca Massa di Sekitar Menara Distilasi (DC-301).....	45
Tabel 2. 14 Neraca Massa Overall.....	46
Tabel 2. 15 Neraca Panas di Sekitar Blower (B-101).....	47
Tabel 2. 16 Neraca Panas di Sekitar Kompresor (C-101)	47
Tabel 2. 17 Neraca Panas di Sekitar Vaporizer (VP-101).....	47
Tabel 2. 18 Neraca Panas di Sekitar Furnance (FR-101)	48
Tabel 2. 19 Neraca Panas di Sekitar Reaktor (R-201).....	48
Tabel 2. 20 Neraca Panas di Sekitar Cooler (C-301)	48

Tabel 2. 21 Neraca di Sekitar Condensor Partial (CP-301).....	49
Tabel 2. 22 Neraca Panas di Sekitar Condensor Partial (CP-302)	49
Tabel 2. 23 Neraca Panas di Sekitar Accumulator Tank (AT-301).....	49
Tabel 2. 24 Neraca Panas di Sekitar Heat Exchanger (HE-302)	50
Tabel 2. 25 Neraca Panas di Sekitar Menara Destilasi (DC-301)	50
Tabel 2. 26 Neraca Panas di Sekitar Cooler (HE-303).....	50
Tabel 2. 27 Neraca Panas di Sekitar Flaker (FL-401)	51
Tabel 2. 28 Neraca Panas Overall	51
Tabel 3. 1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan	59
Tabel 3. 2 Spesifikasi Pompa	60
Tabel 3. 3 Spesifikasi Kompresor	61
Tabel 3. 4 Spesifikasi Heat Exchanger	62
Tabel 3. 5 Spesifikasi Reaktor	63
Tabel 3. 6 Spesifikasi Kolom Distilasi	65
Tabel 4. 1 Baku Mutu Air Sungai Cidanau	67
Tabel 4. 2 Persyaratan Air Umpan Boiler	69
Tabel 4. 3 Syarat Mutu Air Pendingin.....	70
Tabel 4. 4 Kebutuhan Air Total.....	74
Tabel 4. 5 Kebutuhan Listrik Proses	80
Tabel 4. 6 Kebutuhan Listrik Utilitas	81
Tabel 4. 7 Kebutuhan Untuk Penerangan.....	82
Tabel 4. 8 Kebutuhan Ruangan untuk AC.....	83
Tabel 4. 9 Kebutuhan Listrik Total	84
Tabel 4. 10 Parameter Limbah Cair.....	92
Tabel 4. 11 Parameter Uji Program Laboratorium	96
Tabel 5. 1 Pembagian Shift Karyawan	119
Tabel 5. 2 Jabatan dan Pendidikan	119
Tabel 5. 3 Rincian Jumlah Karyawan Proses	121
Tabel 5. 4 Rincian Jumlah Karyawan Utilitas	123
Tabel 5. 5 Rincian Jumlah Karyawan HSE Lingkungan, Lab, dan Maintenance	124
Tabel 5. 6 Rincian Jumlah Karyawan dan Gaji	124
Tabel 6. 1 Analisa HAZOP Reaktor	133

Tabel 6. 2 Analisa HAZOP pada Kolom Destilas	135
Tabel 7. 1 Indeks CEP Tahun 2000 sampai dengan 2023	137
Tabel 7. 2 Total Biaya Physical Plant Cost (PPC)	146
Tabel 7. 3 Total Biaya Direct Plant Cost (DPC)	147
Tabel 7. 4 Total Fixed Capital Investment (FCI)	147
Tabel 7. 5 Total Working Capital Investment (WCI).....	147
Tabel 7. 6 Total Biaya Direct Manufacturing Cost (DMC)	147
Tabel 7. 7 Total Biaya Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	148
Tabel 7. 8 Total Biaya Fixed Manufacturing Cost (FMC)	148
Tabel 7. 9 Total Biaya Manufacturing Cost (MC)	148
Tabel 7. 10 Total Biaya General Expense (GE)	148
Tabel 7. 11 Total Biaya Produksi (Production Cost)	149

INTISARI

Pabrik Phthalic Anhydride dengan kapasitas 103.000 ton/tahun akan direncanakan pada tahun 2028 dengan menggunakan reaksi oksidasi *Ortho-xylene* dengan oksigen yang menggunakan proses *Von Hyden*. Pendirian pabrik ini bertujuan untuk memenuhi permintaan Phthalic Anhydride yang setiap tahunnya mengalami kenaikan, sampai saat ini Indonesia masih mengimpor *Phthalic Anhydride* ini dengan jumlah yang terbilang cukup besar. Reaksi pembentukan Phthalic Anhydride ini dibantu dengan katalis *Vanadium Pentoxide*. Pabrik *Phthalic Anhydride* ini akan dibangun di daerah Cilegon.

Reaksi pembentukan *Phthalic Anhydride* ini memiliki ΔH reaksi sebesar -1144,14 kJ/mol. Dengan jumlah ΔH reaksi menandakan reaksi yang berlangsung bersifat eksotermis. Reaksi pembentukan *Phthalic Anhydride* ini berlangsung di reaktor dengan tipe fixed bed multitube dengan konversi sebesar 99%. Dalam reaktor ini reaksi berlangsung dalam fase gas dan bersifat irreversible pada suhu 360°C dengan tekanan 2,4 atm. Setelah terbentuk Phthalic Anhydride akan dimurnikan dengan menggunakan condenser partial dan kolom destilasi.

Dalam pendirian pabrik ini didukung dengan unit utilitas yang terdiri dari pengolahan dan penyediaan air, penyedia steam, listrik, dan bahan bakar yang diperoleh dari PT. Krakatau Steel. Pabrik Phthalic Anhydride ini juga dilengkapi dengan pengolahan limbah dan laboratorium analisa serta dilengkapi fasilitas-fasilitas K3 demi keamanan semua karyawan. Bentuk perusahaan yang akan direncanakan pada pabrik Phthalic Anhydride ini adalah perseroan terbatas (PT) dengan status persusahaan terbuka yang mendapatkan modal dari penjualan saham. Karyawan pabrik Phthalic Anhydride ini direncanakan berjumlah 417 orang yang terdiri dari karyawan shift dan karyawan non-shift dengan sistem organisasi line and staff. Pabrik Phthalic Anhydride ini akan beroperasi selama 24 jam/hari dan 330 hari/tahun.

Berdasarkan analisa ekonomi, pendirian pabrik Phthalic Anhydride memerlukan investasi modal sebesar USD 99.434.406,93 dan modal kerja sebesar USD 70.106.855,60. Pada analisa kelayakan pabrik ini diperoleh nilai POS sebelum pajak dan sesudah pajak sebesar 23,65% dan 17,74%, ROI setelah pajak sebesar 52,74%, POT setelah pajak berkisar 4 tahun. BEP dan SDP masing-masing diperoleh sebesar 31,36% dan 22,58%, ROR sebesar 22,38%. Berdasarkan analisa ekonomi diatas dapat dikatakan pendirian pabrik Phthalic Anhydride dengan kapasitas 103.000 ton/tahun layak untuk didirikan.