

**PRA RANCANGAN PABRIK FORMALDEHID METODE *OXIDATIVE  
DEHYDROGENATION* DENGAN KATALIS *IRON MOLYBDENUM OXIDE*  
KAPASITAS 80.000 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:**

**Alza Izmuliana Eka Putri**

**40040118650017**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI  
SEKOLAH VOKASI  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2022**

**PRA RANCANGAN PABRIK FORMALDEHID METODE *OXIDATIVE  
DEHYDROGENATION* DENGAN KATALIS *IRON MOLYBDENUM OXIDE*  
KAPASITAS 80.000 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:**

**Alza Izmuliana Eka Putri**

**40040118650017**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI  
SEKOLAH VOKASI  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

**2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PRA RANCANGAN PABRIK FORMALDEHID METODE *OXIDATIVE  
DEHYDROGENATION* DENGAN KATALIS *IRON MOLYBDENUM OXIDE*  
KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN**

**SKRIPSI**

**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi dan Seminar Skripsi pada Jurusan Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro**

**Disusun Oleh:**

**Alza Izmuliana Eka Putri**

**40040118650017**

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, Agustus 2022

Dosen Pembimbing,

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

**NIP. 198102152005012002**

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Alza Izmuliana Eka Putri  
NIM : 40040118650017  
Judul Tugas Akhir (Skripsi) : Pra Rancangan Pabrik Formaldehid *Metode Oxidative Dehydrogenation* Dengan Katalis *Iron Molybdenum Oxide* Kapasitas 80.000 Ton/Tahun  
Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/S.Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner saya atas nama Nabilla Putri Humala Nasution 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, Agustus 2022

Alza Izmuliana Eka Putri

NIM. 40040118650017

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala hikmat, berkah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir/Skripsi Pra Rancangan Pabrik Formaldehid Metode *Oxidative Dehydrogenation* Dengan Katalis *Iron Molybdenum Oxide* Kapasitas 80.000 Ton/Tahun ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh sebab itu, perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Mohammad Endy Yulianto, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Diploma IV Teknologi Rekayasa Kimia Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. Dr. Eng. Vita Paramita, S.T., M.M., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir/Skripsi yang telah memberikan bimbingan, arahan, nasehat dan dukungan yang baik.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Mama, Bapak, Tiwi, Andi serta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan kekuatan, doa, kasih sayang dan semangatnya.
6. Winda, Nabilla yang secara khusus selalu bersedia menemani, memberikan semangat dan dukungan moril sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar.
7. Teman-teman Chelios angkatan 2018 yang telah memberikan dukungan, informasi, semangat, dan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang juga telah membantu hingga terselesaikannya laporan ini.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan, diberi balasan yang setimpal dan berkali lipat dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangatlah diperlukan. Semoga tugas akhir/skripsi ini dapat menjadi manfaat bagi semua yang membacanya.

Semarang, 11 Agustus 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
INTISARI .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik .....	1
1.2 Kapasitas Rancangan .....	2
1.2.1 Data Impor Formaldehida .....	2
1.2.2 Data Ekspor Formaldehida.....	3
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku .....	5
1.2.4 Kapasitas Pabrik Komersial yang Masih Beroperasi.....	5
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik .....	7
1.3.1 Sumber Bahan Baku .....	7
1.3.2 Pasar .....	7
1.3.3 Sumber Daya Manusia .....	8
1.3.4 Sarana Transportasi.....	8
1.3.5 Penyediaan Utilitas .....	8
1.3.6 Kebijakan Pemerintah.....	8
1.4 Tinjauan Proses.....	8
1.4.1 Pemilihan Proses.....	8
1.4.2 Kegunaan Produk.....	11
BAB II DESKRIPSI PROSES.....	12

2.1	Spesifikasi Bahan Baku dan Produk .....	12
2.1.1	Spesifikasi Bahan Baku .....	12
2.1.2	Spesifikasi Produk .....	14
2.1.3	Spesifikasi Bahan Pembantu (Katalis) .....	15
2.2	Konsep Proses.....	16
2.3	Diagram Alir Proses.....	20
2.3.1	Mekanisme Reaksi .....	20
2.3.2	Tahapan Pembentukan Formaldehid.....	21
2.3.3	Tahap Pemurnian Produk.....	21
2.4	Neraca Massa dan Energi.....	23
2.4.2.1	Neraca Massa.....	23
2.4.2.2	Neraca Panas .....	28
2.5	Tata Letak Pabrik dan Peralatan .....	35
2.5.1	Tata Letak Pabrik.....	35
2.5.2	Tata Letak Peralatan.....	36
<b>BAB III SPESIFIKASI ALAT PRODUKSI .....</b>		<b>38</b>
3.1	Unit Penyimpan .....	38
3.1.1	Tangki Methanol (T-01).....	38
3.1.2	Tangki Produk (T-02) .....	38
3.2	Unit Pemindah .....	39
3.2.1	Pompa (P-01).....	39
3.3	Unit Penukar Panas .....	40
3.3.1	<i>Heat Exchanger</i> (HE-01) .....	40
3.4	Unit Reaktor Utama .....	41
3.4.1	Reaktor (R-01).....	41
3.5	Unit Pemisah.....	42
3.5.1	Absorber (ABS-01).....	42

BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES .....	44
4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air .....	44
4.2 Unit Pengadaan <i>Steam</i> .....	57
4.3 Unit Pengadaan Listrik.....	60
4.3.1 Kebutuhan Listrik untuk Proses dan Utilitas.....	61
4.3.2 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan dan AC.....	62
4.3.3 Generator.....	64
4.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar .....	64
4.5 Unit Pengadaan Udara Tekan .....	65
4.6 Unit Pengolahan Limbah.....	66
4.7 Laboratorium .....	69
4.8 Instrumentasi .....	72
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN .....	76
5.1 Bentuk Perusahaan.....	76
5.2 Struktur Organisasi .....	76
5.3 Tugas dan Wewenang .....	76
5.3.1 Pemegang Saham.....	76
5.3.2 Dewan Komisaris.....	76
5.3.3 Dewan Direksi .....	77
5.3.4 <i>Staff Ahli</i> .....	77
5.3.5 Direktur .....	77
5.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	78
5.5 Status Karyawan dan Sistem Upah .....	79
5.6 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji .....	80
5.6.1 Penggolongan Jabatan.....	80
5.6.2 Jumlah Karyawan dan Gaji .....	80
5.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan .....	82



5.8	Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	83
5.9	Manajemen Produksi.....	83
5.9.1	Perencanaan Produksi .....	83
5.9.2	Pengendalian Produksi.....	84
BAB VI <i>TROUBLESHOOTING</i> .....		86
6.1	Analisa HAZOP di Tahap Penyimpanan Bahan Baku dan Produk.....	87
6.2	Analisa HAZOP di Tahap Preparasi Bahan Baku .....	94
6.3	Analisa HAZOP di Tahap Reaksi.....	97
6.4	Analisa HAZOP di Tahap Pemurnian Produk.....	101
BAB VII ANALISA EKONOMI .....		104
7.1	Penaksiran Harga Peralatan.....	104
7.2	Dasar Perhitungan.....	106
7.3	Perhitungan Biaya.....	106
7.3.1	<i>Capital Investment</i> .....	106
7.3.2	<i>Manufacturing Cost</i> .....	108
7.3.3	<i>General Expense</i> .....	110
7.4	Analisis Kelayakan .....	111
7.5	Hasil Perhitungan.....	112
DAFTAR PUSTAKA .....		118
LAMPIRAN A.....		122
LAMPIRAN B .....		134
LAMPIRAN C .....		157
C.1	Tangki Metanol (T-01).....	157
C.2	Pompa (P-01).....	164
C.3	<i>Heat Exchanger</i> (HE-01) .....	171
C.4	Tangki Produk (T-02) .....	177
C.5	Reaktor (R-01).....	185

C.6 Absorber (Abs-01) .....	205
LAMPIRAN D.....	220

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1. 1</b>	Data impor ekspor formaldehida di indonesia dan pertumbuhannya (BPS, 2021) .	3
<b>Tabel 1.2</b>	Pabrik produsen formaldehida di Indonesia (Kemenprin, 2021) .....	3
<b>Tabel 1.3</b>	Pabrik produsen formaldehida di Indonesia .....	6
<b>Tabel 1.4</b>	Pabrik konsumen formaldehida di Indonesia .....	6
<b>Tabel 1.5</b>	Perbandingan proses produksi formaldehid (Ullmann, 2014).....	10
<b>Tabel 2.1</b>	Spesifikasi bahan baku metanol (Perry et al., 2018).....	12
<b>Tabel 2.2</b>	Sifat fisik oksigen (Perry et al., 2018) .....	13
<b>Tabel 2.3</b>	Sifat fisik nitrogen (Perry et al., 2018).....	13
<b>Tabel 2.4</b>	Spesifikasi formaldehida (Othmer, 2007) .....	14
<b>Tabel 2.5</b>	Spesifikasi katalis <i>iron molybdenum</i> (Raun, 2018) .....	15
<b>Tabel 2.6</b>	Data entalpi bahan baku dan produk (Yaws, 1999).....	16
<b>Tabel 2.7</b>	Dimensi katalis (Gerhard et al., 2003) .....	19
<b>Tabel 2.8</b>	Komposisi katalis (Raun, 2018) .....	19
<b>Tabel 2.9</b>	Neraca massa di kompresor.....	19
<b>Tabel 2.10</b>	Neraca massa di vaporizer .....	24
<b>Tabel 2.11</b>	Neraca massa di <i>heat exchanger-01</i> .....	24
<b>Tabel 2.11</b>	Neraca massa di reaktor .....	24
<b>Tabel 2.12</b>	Neraca massa di WHB .....	25
<b>Tabel 2.13</b>	Neraca massa di <i>heat exchanger-02</i> .....	25
<b>Tabel 2.14</b>	Neraca massa di absorber .....	25
<b>Tabel 2.15</b>	Neraca massa di <i>flow splitter</i> .....	25
<b>Tabel 2.16</b>	Neraca massa overall.....	25
<b>Tabel 2.17</b>	Neraca panas di <i>vaporizer</i> .....	28
<b>Tabel 2.18</b>	Neraca panas di <i>kompresor</i> .....	28
<b>Tabel 2.19</b>	Neraca panas di <i>heater</i> .....	29
<b>Tabel 2.20</b>	Neraca panas di reaktor .....	29
<b>Tabel 2.21</b>	Neraca panas di WHB .....	29
<b>Tabel 2.22</b>	Neraca panas di <i>cooler</i> .....	30
<b>Tabel 2.23</b>	Neraca panas di absorber.....	30
<b>Tabel 2.24</b>	Neraca panas di <i>flow splitter</i> .....	31
<b>Tabel 2.25</b>	Neraca panas overall .....	31
<b>Tabel 2.26</b>	Perincian Penggunaan Tanah.....	35

<b>Tabel 4.1</b> Persyaratan air umpan <i>boiler</i> air umpan <i>boiler</i> (ASME, 2015).....	46
<b>Tabel 4.2</b> Parameter air desalinasi (Mirbasha, 2019) .....	48
<b>Tabel 4.3</b> Parameter air pendingin (ASME, 1994).....	51
<b>Tabel 4.4</b> Baku mutu air minum dan sanitasi (KEMENKESRI, 2010).....	52
<b>Tabel 4.5</b> Spesifikasi <i>dowtherm A</i> .....	56
<b>Tabel 4.6</b> Total kebutuhan air dalam pabrik .....	57
<b>Tabel 4.7</b> Spesifikasi bahan bakar .....	59
<b>Tabel 4.8</b> Kebutuhan listrik untuk proses .....	61
<b>Tabel 4.9</b> Kebutuhan listrik utilitas .....	61
<b>Tabel 4.10</b> Kebutuhan listrik untuk penerangan (DiLaura et al., 2018).....	62
<b>Tabel 4.11</b> Kebutuhan ruangan untuk AC .....	63
<b>Tabel 4.12</b> Spesifikasi generator .....	64
<b>Tabel 4.13</b> Baku mutu udara ambien (PP RI No.22, 2021).....	67
<b>Tabel 4.14</b> Daftar instrumentasi dalam pabrik formaldehid .....	74
<b>Tabel 6.1</b> <i>Troubleshooting</i> tahap penyimpanan bahan baku dan produk.....	87
<b>Tabel 6.2</b> <i>Troubleshooting</i> tahap preparasi bahan baku .....	94
<b>Tabel 6.3</b> <i>Troubleshooting</i> tahap reaksi .....	97
<b>Tabel 6.4</b> <i>Troubleshooting</i> tahap separasi dan purifikasi produk .....	101

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Data impor formaldehida .....	2
<b>Gambar 1.2</b> Data ekspor formaldehida .....	3
<b>Gambar 2.1</b> <i>Layout</i> Pabrik .....	36
<b>Gambar 4.1</b> Diagram alir proses pengolahan air umpan <i>boiler</i> dan air proses .....	52
<b>Gambar 4.2</b> Pengolahan air sanitasi .....	54
<b>Gambar 4.3</b> Diagram alir proses pengolahan udara tekan .....	66
<b>Gambar 4.4</b> Skema pengolahan limbah pabrik formaldehid.....	66
<b>Gambar 4.5</b> <i>Bag filter</i> (Sparks & Chase, 2016) .....	69
<b>Gambar 4.6</b> Komponen sederhana <i>bag filter</i> (Sparks & Chase, 2016) .....	69
<b>Gambar 7.1</b> Grafik <i>Plant Cost Index</i> (CEPCI, 2002).....	105
<b>Gambar 7.2</b> Grafik analisa kelayakan.....	117
<b>Gambar 7.3</b> Grafik analisa BEP .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## INTISARI

Formaldehid merupakan cabang pertama aldehida alifatik yang secara natural terbentuk dari material organik melalui proses fotokimia di atmosfer. Senyawa ini juga merupakan produk metabolisme pada tumbuhan, hewan dan manusia dalam jumlah kecil. Formaldehid merupakan senyawa kimia yang banyak digunakan di industri *plwood*, tekstil, cat dan lain sebagainya. Dengan berbagai manfaat dan penggunaannya yang sangat luas dalam segala bidang, formaldehid menjadi salah satu senyawa kimia anorganik yang sangat dibutuhkan dalam skala besar. Namun dari data-data yang didapatkan, masih menunjukkan kurangnya pasokan formaldehid untuk mencukupi kebutuhan tersebut baik dalam luar maupun dalam negeri. Sehingga, rancangan pabrik formaldehid merupakan strategi terbaik yang dapat meningkatkan perkembangan industri di Indonesia secara umum dan dapat menutupi kebutuhan formaldehid secara khusus.

Proses produksi formaldehid terjadi secara *oxidative dehydrogenation* antara metanol dengan udara atmosfer pada suhu 250 °C dan tekanan 1,4 atm secara eksotermis. Proses ini terjadi didalam reaktor *fixed bed multitube* dengan bantuan katalis *iron molybdenum oxide*. Pada reaktor suhu harus dijaga dibawah 470 °C guna mencegah terjadinya reaksi samping yang tidak diinginkan. Maka dari itu, reaktor didinginkan dengan media pendingin *dowtherm A*.

Unit pendukung proses dalam pabrik ini antara lain unit penyediaan dan pengolahan air, unit penyediaan steam, unit pembangkit tenaga listrik, unit penyediaan bahan bakar, unit penyedia udara tekan, unit pengolahan limbah, unit laboratorium dan unit pengolahan limbah.

Bentuk pabrik formaldehid direncanakan berbentuk PT (Perseroan Terbatas) dengan status perusahaan terbuka yang mendapatkan modal dari penjualan saham. Pada desain proyek pembuatan pabrik butil asetat ini dibuat evaluasi serta penilaian investasi. Dari hasil perhitungan Analisa kelayakan maka diperoleh *Percent Profit on Sales* sebelum pajak adalah 49,2% dan sesudah pajak adalah 34,3% *Percent Return On Investment* sebelum pajak adalah 7,6% dan sesudah pajak adalah 6,1% *Pay Out Time* didapat berdasarkan perhitungan yaitu 0,12 tahun sebelum pajak dan 0,16 tahun setelah pajak. Dengan *trial IRR* didapat 35%, *Break Event Point* pabrik adalah 45,03% dan *Shut Down Point* pabrik adalah 6,1% dari kapasitas produksi.

**kata kunci:** *formaldehid, iron molybdenum oxide, metanol, oxidative dehydrogenation, udara*