

TUGAS AKHIR

**PRARANCANGAN PABRIK FORMALDEHID DARI
METANOL DENGAN KAPASITAS 24.000 TON/TAHUN**



Zan Nubah Arifah C. R

NIM. 190606001

Choirul Anam

NIM. 190606024

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH GRESIK**

2023

PRAKATA

Alhamdulillah Rabbil Alamin. Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, hanya atas karunia dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan Naskah Tugas Akhir berjudul “Prarancangan Pabrik Formaldehid Dari Metanol Dengan Kapasitas 24.000 Ton/Tahun”. Tidak lupa shalawat serta salam tercurahkan kepada Rasulullah SAW yang syafaatnya kita nantikan kelak.

Penulisan Naskah Tugas Akhir dibuat sebagai salah satu dari 3 tugas besar yang wajib diselesaikan oleh setiap mahasiswa/i untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Gresik.

Dalam penyusunan Naskah Tugas Akhir ini tentu tak lepas dari pengarahannya dan bimbingan baik berupa materi maupun non materi dari berbagai pihak, sehingga laporan ini dapat terselesaikan dengan baik. Dengan segala hormat Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ibu Rini Puji Astutik, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing I dan Ibu Fiska Yohana Purwaningtyas, S.T., M.Eng, selaku dosen pembimbing II yang senantiasa sabar memberikan pengarahannya dan memberikan ilmu selama proses pengerjaan tugas akhir.
2. Almarhum Bapak Ach. Ridwan dan Almarhumah Ibu Lipurwatie untuk do'a semasa hidupnya sehingga bisa terlaksananya amanah ini. Serta adik-adik ku Danu Arif Rahman, S.Si., M.Si dan Aprilia Ulfa, S.E., M.E yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan, terutama atas segala doa yang tulus untuk keberhasilan hidup penulis
3. Almarhum Bapak Sujono untuk do'a semasa hidupnya sehingga bisa terlaksananya amanah ini, Serta Ibu Shofiyah, Muhammad Jazilul Fawaid, Lailatul Mawaddah dan Nadia Amira Ata'Al Rahmah, yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan, terutama atas segala doa yang tulus untuk keberhasilan hidup penulis

4. Bapak Harunur Rosyid, S.T., M.Kom selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Gresik
5. Ibu Mega Mustikaningrum, S.T., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik.
6. Bapak Zainal Mustakim, S.T., M.Eng selaku Dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik.
7. Bapak Benny Arif Pambudiarto, S.T., M.Eng dan Bapak Oki Setiawan, S.T., M.Eng selaku dosen penguji, yang telah memberikan saran dan masukan dalam Tugas Akhir ini.
8. Nirmala Johar, dan Maulana Muqorrobin yang memberikan dukungan melalui keabsurbannya sehingga lebih berdinamika dalam menjalankan tugas akhir ini.
9. Semua pihak yang telah membantu penulis dari awal hingga terselesainya naskah tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu - persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki banyak kekurangan, namun harapan penyusun semoga karya ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Akhir kata penulis mengharapkan saran dan kritik yang bermanfaat dari pembaca untuk menyempurnakan laporan ini

Gresik, 12 Juli 2023

Penulis

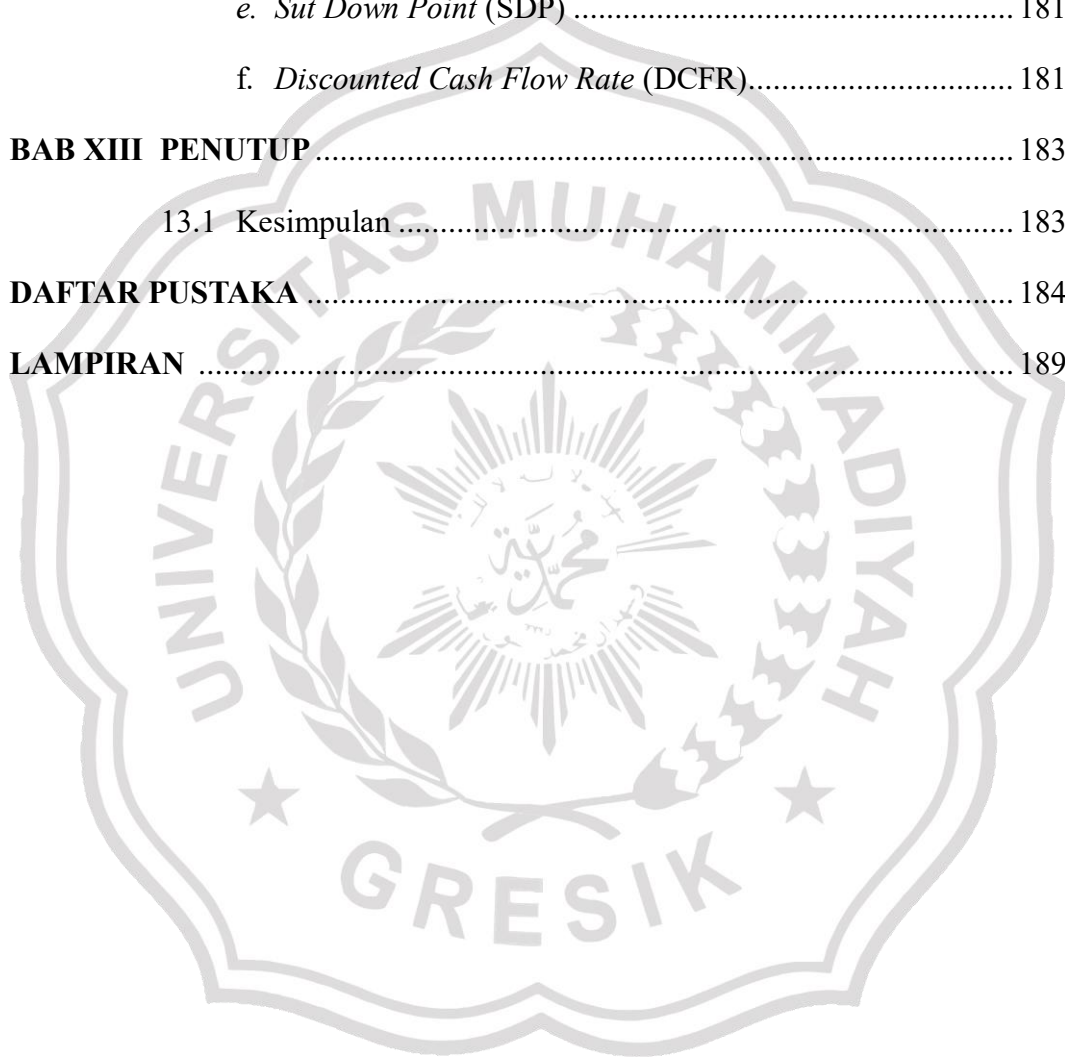
DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tinjauan Pustaka.....	15
1.3 Tinjauan Termodinamika.....	21
1.4 Tinjauan Kinetika.....	23
BAB II URAIAN PROSES	26
2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku.....	26
2.2 Tahap Pembentukan Produk.....	27
2.3 Tahap Pemurnian Produk.....	27
BAB III SPESIFIKASI BAHAN	28
3.1 Bahan Baku.....	28
3.2 Bahan Pembantu.....	31
3.3 Produk.....	33

BAB IV	DIAGRAM ALIR KUALITATIF DAN KUANTITATIF	35
4.1	Diagram Alir Kualitatif.....	35
4.2	Dagram Alir Kuantitatif.....	36
BAB V	NERACA MASSA	37
5.1	Neraca Massa Total.....	37
5.1	Neraca Massa Tiap Alat	38
BAB VI	NERACA ENERGI	42
6.1	Neraca Energi Total	42
6.2	Neraca Energi Tiap Alat	43
BAB VII	SPEKIFIKASI ALAT.....	51
BAB VIII	UTILITAS	64
8.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	64
8.1.1	Kebutuhan Air sanitasi	68
8.1.2	Air Proses.....	71
8.1.3	Air Pendingin	72
8.1.4	Air Umpan <i>Boiler</i>	72
8.1.5	Spesifikasi alat penyediaan air	74
8.2	Unit Penyediaan <i>Steam</i>	91
8.2.1	Spesifikasi alat penyediaan <i>steam</i>	92
8.3	Unit Penyediaan Listrik	93
8.3.1	Spesifikasi alat penyediaan listrik	94
8.4	Unit Penyediaan Udara Tekan.....	95
8.4.1	Spesifikasi alat penyediaan udara tekan	95
8.5	Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	95
8.5.1	Spesifikasi alat penyediaan bahan bakar	96

8.6	Unit Pengolahan Limbah	97
8.6.1	Standar Keluaran Air Limbah	98
8.6.2	Spesifikasi Bahan Proses Pengolahan Air Limbah	99
8.6.3	Spesifikasi Alat Pengolahan Limbah.....	101
BAB IX	TATA LETAK PABRIK	113
9.1	Tata Letak Pabrik.....	113
9.2	Tata Letak Peralatan Proses	114
BAB X	PERTIMBANGAN KESELAMATAN, KESEHATAN KERJA, DAN KELESTARIAN LINGKUNGAN	119
10.1	Pertimbangan Aspek Keselamatan	120
10.2	Pertimbangan Aspek Kesehatan	120
10.3	Pertimbangan Aspek Lingkungan.....	120
BAB XI	ORGANISASI PERUSAHAAN	136
11.1	Bentuk Organisasi.....	136
11.2	Struktur Organisasi	137
11.3	Tugas dan Wewenang	140
11.4	Penggolongan Jabatan, Keahlian, dan Jumlah Karyawan	146
11.5	Penentuan Gaji Karyawan.....	149
11.6	Jam Kerja Karyawan.....	150
BAB XII	EVALUASI EKONOMI	153
12.1	Dasar Perhitungan	154
12.2	Perkiraan Harga Alat.....	154
12.3	Modal Tetap.....	159
12.4	Modal Kerja	166
12.5	Biaya Total Produksi.....	168

12.6 <i>Analisa Kelayakan</i>	176
a. <i>Keuntungan (Profit On Sales)</i>	177
b. <i>Percent Return of Invesment (ROI)</i>	178
c. <i>Pay Out Time (POT)</i>	178
d. <i>Break Event Point (BEP)</i>	179
e. <i>Sut Down Point (SDP)</i>	181
f. <i>Discounted Cash Flow Rate (DCFR)</i>	181
BAB XIII PENUTUP	183
13.1 <i>Kesimpulan</i>	183
DAFTAR PUSTAKA	184
LAMPIRAN	189



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Konsumsi Kebutuhan Formaldehid di Dunia.....	2
Gambar 1. 2. Tingkat Impor Formaldehid Di Indonesia.....	4
Gambar 1. 3. Tingkat Ekspor Formaldehid Di Indonesia	5
Gambar 1. 4. Tingkat Kebutuhan Formaldehid di Negara Lain	6
Gambar 1. 5. Tingkat Konsumsi Formaldehid di Indonesia	8
Gambar 1. 6. Rencana Lokasi Didirikan Pabrik Formaldehid	10
Gambar 1. 7. Diagram Blok Proses IDCRCM.....	17
Gambar 1. 8. Diagram Blok Proses <i>Complete Conversion of Methanol</i>	18
Gambar 1. 9. Mekanisme kinetika reaksi pembentukan formaldehid dengan model Langmuir-Hinshelwood	24
Gambar 4. 1. Diagram Blok Kualitatif.....	35
Gambar 4. 2. Diagram Blok Kuantitatif.....	36
Gambar 5. 1. Diagram Arus Neraca Massa Total	37
Gambar 5. 2. Diagram Blok Neraca Massa di Blower (BL-01).....	38
Gambar 5. 3. Diagram Blok Neraca Massa di Vaporizer	39
Gambar 5. 4. Diagram Blok Neraca Massa di Reaktor.....	40
Gambar 5. 5. Diagram Blok Neraca Massa di Absorber.....	41
Gambar 6. 1. Diagram Blok Neraca Energi Proses	42
Gambar 6. 2 Diagram Blok Neraca Energi di Blower (BL-01)	43
Gambar 6. 3. Diagram Blok Neraca Energi HE-01	44
Gambar 6. 4. Diagram Blok Neraca Energi di Vaporizer-01	45
Gambar 6. 5. Diagram Blok Neraca Energi di <i>Heat Exchanger</i> (HE-02).....	46
Gambar 6. 6. Diagram Blok Neraca Energi di Reaktor – 01	47

Gambar 6. 7. Diagram Blok Neraca Energi di <i>Heat Exchanger</i> (HE-03).....	48
Gambar 6. 8. Diagram Blok Neraca Energi di Absorber-01	49
Gambar 6. 9. Diagram Blok Neraca Energi di <i>Heat Exchanger</i> (HE-04).....	50
Gambar 8. 1. Instalansi Pengolahan Air Limbah.....	67
Gambar 8. 2. Instalansi Pengolahan Air Limbah.....	112
Gambar 9. 1. Tata Letak Proses	118
Gambar A 1. Ilustrasi Perpindahan Panas Reaktor ke Lingkungan	214



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Data Ekspor dan Impor Formaldehid di Indonesia.....	4
Tabel 1. 2. Kebutuhan Rata-Rata Formaldehid di Negara Lain	6
Tabel 1. 3 Data Konsumsi Formaldehid di Indonesia.....	7
Tabel 1. 4. Daftar Produsen Formaldehid di Indonesia	9
Tabel 1. 5. Perbandingan Proses	20
Tabel 5. 1. Neraca Massa Total Semua Bahan	37
Tabel 5. 2. Neraca Massa Blower	38
Tabel 5. 3. Neraca Massa Vaporizer.....	39
Tabel 5. 4. Neraca Massa Reaktor	40
Tabel 5. 5. Neraca Massa Absorber	41
Tabel 6. 1. Neraca Energi Proses	42
Tabel 6. 2. Neraca Energi di Blower.....	43
Tabel 6. 3. Neraca Energi HE– 01	44
Tabel 6. 4. Neraca Energi Vaporizer – 01.....	45
Tabel 6. 5. Neraca Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE-02)	46
Tabel 6. 6. Neraca Energi Reaktor – 01	47
Tabel 6. 7. Neraca Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE-03)	48
Tabel 6. 8. Neraca Energi Absorber- 01	49
Tabel 6. 9. Neraca Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE-04)	50
Tabel 8. 1. Standar Baku Mutu Air Sanitasi.....	68
Tabel 8. 2. Kebutuhan Air Sanitasi	70
Tabel 8. 3. Kebutuhan Air Proses	71
Tabel 8. 4. Kebutuhan Air Pendingin.....	72

Tabel 8. 5. Kebutuhan Air Umpan Boiler	73
Tabel 8. 6. Total Kebutuhan Air.....	74
Tabel 8. 7. Kebutuhan Steam.....	91
Tabel 8. 8. Kebutuhan Listrik.....	94
Tabel 8. 9 Standar Baku Mutu Air Limbah Kawasan Industri Umum.....	99
Tabel 10. 1. Aspek Keselamatan Kerja.....	122
Tabel 10. 2. Aspek Kesehatan.....	129
Tabel 10. 3. Aspek Lingkungan	131
Tabel 11. 1. Jabatan dan Keahlian.....	146
Tabel 11. 2. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan	148
Tabel 11. 3. Gaji Karyawan.....	150
Tabel 11. 4. Jadwal Pembagian Jam Kerja Karyawan	151
Tabel 12. 1. Data CEP Index.....	154
Tabel 12. 2. Harga Peralatan Proses.....	157
Tabel 12. 3. <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI).....	165
Tabel 12. 4. <i>Raw Material Inventory</i>	166
Tabel 12. 5. <i>Working Capital Investment</i> (WCI).....	168
Tabel 12. 6. <i>Raw Material Cost</i>	168
Tabel 12. 7. Total Biaya Pengeluaran untuk Labor.....	170
Tabel 12. 8. <i>Management Salaries</i>	173
Tabel 12. 9. Biaya Total Produksi.....	175
Tabel 12. 10. Total Penjualan	177
Tabel 12. 11. <i>Fixed Cost</i>	180
Tabel 12. 12. <i>Variabel Cost</i>	180
Tabel 12. 13. <i>Regulated Cost</i>	180

Tabel A 1. Properties Data Untuk Menentukan Z Umpan	191
Tabel A 2. Konstanta Perhitungan Viskositas	193
Tabel A 3. Perhitungan Viskositas Fluida Campuran.....	193
Tabel A 4. Kostanta Perhitungan Konduktivitas Panas.....	194
Tabel A 5. Perhitungan Konduktivitas Panas Fluida Campuran.....	194
Tabel A 6. Kontanta Perhitungan Kapasitas Panas	195
Tabel A 7. Perhitungan Kapasitas Panas (Cp) Campuran (Bagian 1).....	195
Tabel A 8. Perhitungan Tinggi Bed Terhadap Konversi Reaktor.....	204
Tabel A 9. Perhitungan Massa Inert di Tiap Tumpukan.....	209
Tabel A 10. Komponen Umpan Masuk Reaktor.....	212
Tabel A 11. Komponen Bahan Keluar Reaktor	213
Tabel A 12. Komposisi Gas Masuk Absorber.....	221
Tabel A 13. Komposisi Gas Keluar Absorber.....	221
Tabel A 14. Komposisi Produk Absorber.....	222
Tabel A 15. Komposisi Absorben Masuk Absorber.....	222
Tabel A 16. Perhitungan Diffusivitas Gas	229

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A SPESIFIKASI ALAT.....	190
LAMPIRAN B PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM.....	251



ABSTRAK

Formaldehid merupakan senyawa yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi industri. Formaldehid banyak digunakan oleh industri tekstil, kulit, dan pewarna. Proses produksi dilakukan menggunakan proses *Metal Oxide Catalyst (Formox Process)*. Pabrik Formaldehid dengan kapasitas 24.000 ton/tahun akan didirikan di kawasan industri di Bontang, Kalimantan Timur pada tahun 2032 dengan pertimbangan kemudahan akses bahan baku dan distribusi produk. Bahan baku yang digunakan adalah Metanol. Proses produksi Formaldehid dibagi dalam tiga tahap. Tahap pertama yaitu tahap persiapan bahan baku yang bertujuan untuk mengubah seluruh bahan baku dalam fase uap dan memanaskan hingga suhu 350°C. Tahap kedua adalah tahap pembentukan produk dengan bahan baku metanol dengan katalis *iron molybdenum* pada temperatur 350°C di dalam reaktor *fixed bed single tube* dengan perbandingan mol metanol dan udara sebesar 1:2,5. Reaksi yang terjadi bersifat adiabatik. Tahap ketiga adalah tahap pemurnian produk yang bertujuan untuk memisahkan larutan formaldehid 37% untuk diambil sebagai produk. Pabrik ini direncanakan beroperasi secara kontinu selama 330 hari/tahun dengan basis 24 jam/hari. Bahan baku metanol yang dibutuhkan sebanyak 1.282,19 kg/jam dan udara 3.200,68 kg/jam dengan bahan baku pendukung berupa *iron molybdenum oxide* sebagai katalisator. Kebutuhan utilitas meliputi air sanitasi sebanyak 27.599,14 kg/jam, air pendingin sebanyak 4.773,80 kg/jam, air umpan boiler sebanyak 1.155,16 kg/jam, dan air proses sebanyak 1.272,12 kg/jam.

Kata kunci : Formaldehid, Methanol, *Iron Molybdenum Oxide*

ABSTRACT

Formaldehyde is a compound that can be used in various industrial applications. Formaldehyde is widely used by the textile, leather and dye industries. The production process is carried out using the Metal Oxide Catalyst (Formox Process) process. A Formaldehyde factory with a capacity of 24,000 tons/year will be built in an industrial area in Bontang, East Kalimantan in 2032 with consideration of ease of access to raw materials and product distribution. The raw material used is methanol. Formaldehyde production process is divided into three stages. The first stage is the raw material preparation stage which aims to turn all raw materials into the vapor phase and heat up to a temperature of 350°C. The second stage is the product formation stage using methanol as raw material and iron molybdenum catalyst at a temperature of 350°C in a single tube fixed bed reactor with a mole ratio of methanol to air of 1:2.5. The reaction that occurs is adiabatic. The third stage is the product purification stage which aims to separate the 37% formaldehyde solution to be taken as a product. This plant is planned to operate continuously for 330 days/year on a 24 hour/day basis. The required methanol raw materials are 1,282.19 kg/hour and air 3,200.68 kg/hour with supporting raw materials in the form of iron molybdenum oxide as a catalyst. The utility needs include 27,599.14 kg/hour of sanitation water, 4,773.80 kg/hour of cooling water, 1,155.16 kg/hour of boiler feed water, and 1,272.12 kg/hour of process water.

Keywords: Formaldehyde, Methanol, Iron Molybdenum Oxide