

**DESAIN PROYEK PABRIK PEMBUATAN METANOL DENGAN
PROSES LURGI TEKANAN RENDAH KAPASITAS 430.000
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:

AURUM AZZAHRA

NIM. 40040118650041

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

2023

**DESAIN PROYEK PABRIK PEMBUATAN METANOL DENGAN
PROSES LURGI TEKANAN RENDAH KAPASITAS 430.000
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:

AURUM AZZAHRA

NIM. 40040118650041

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

2023

HALAMAN PENGESAHAN

**DESAIN PROYEK PABRIK PEMBUATAN METANOL DENGAN
PROSES LURGI TEKANAN RENDAH KAPASITAS 430.000
TON/TAHUN**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh:

AURUM AZZAHRA

NIM. 40040118650041

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, Januari 2023

Dosen Pembimbing,

Hermawan Dwi Ariyanto S.T., M.Sc., Ph.D

NIP. 197107311999031001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Aurum Azzahra

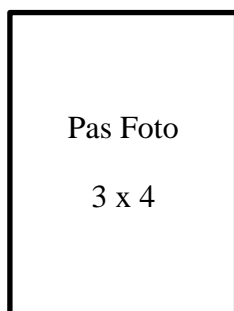
NIM : 40040118650025

Judul Tugas Akhir : Desain Proyek Pabrik Pembuatan Metanol Dengan Proses Lurgi
Tekanan Rendah Kapasitas 430.000 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyarankan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya Aurum Azzahra dan partner saya Zulaikhah Fatmawati didampingi pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini 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, 18 Januari 2023



materai

Aurum Azzahra

NIM. 40040118650041

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat selama ini sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir (Skripsi) dengan Judul “Desain Proyek Pabrik Pembuatan Metanol Dengan Proses Lurgi Tekanan Rendah Kapasitas 430.000 Ton/Tahun”. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Keluarga yang selalu memberikan doa dan motivasi untuk senantiasa tidak menyerah dalam menyelesaikan skripsi ini.
 2. Hermawan Dwi Ariyanto S.T., M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing skripsi yang membimbing dan mengarahkan sehingga penulis dapat lebih memahami dan mengerti tentang banyak hal yang ada di Teknik kimia serta dapat menyelesaikan skripsi dengan baik dan benar.
 3. Seluruh Dosen Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
 4. Zulaikhah Fatmawati selaku partner skripsi yang senantiasa berjuang dan memberikan semangat serta dukungan sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan lancar dan tanpa adanya kendala yang berarti.
 5. Teman – teman TRKI 2018 yang telah memberikan informasi semangat, dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
 6. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini. Semoga segala bantuan yang telah diberikan mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT.
- Penyusun menyadari keterbatasan dan kemampuan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi penyempurnaan skripsi ini.

Semarang,

2023

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
INTISARI.....	1
<i>SUMMARY</i>	2
BAB I.....	3
PENDAHULUAN.....	3
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Kapasitas Rancangan.....	5
1.3 Penentuan Lokasi pabrik.....	11
1.4 Tinjauan Proses.....	14
BAB II.....	19
DESKRIPSI PROSES.....	19
2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	19
2.2. Konsep Proses.....	21
2.3. Langkah Proses.....	32
2.4. Diagram Alir (Flowsheet).....	37
2.5. Neraca Massa dan Neraca Panas.....	38
2.6. Tata Letak Pabrik dan Pemetaan.....	53
BAB III.....	57
SPESIFIKASI ALAT.....	57
3.1 Unit Penyimpanan (Tangki T-401/T-402).....	57
3.2 Unit Pemindahan (Kompresor K-101).....	59
3.3 Unit Penukar Panas (Heat Exchanger E-101).....	59
3.4 Unit Reaksi (Reaktor R-201).....	60
3.5 Unit Pemisah (Destilasi D-302).....	62
BAB IV.....	64
UNIT PENDUKUNG PROSES.....	64
4.1. Unit Penyediaan Air dan Pengolahan Air.....	64

4.2. Unit Pengadaan Listrik.....	78
4.3. Unit Pengadaan <i>Boiler</i>	82
4.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar	84
4.5. Unit Pengadaan Udara Tekanan	86
BAB V.....	97
MANAJEMEN PERUSAHAAN.....	97
5.1. Bentuk Perusahaan	97
5.2. Struktur Organisasi.....	98
5.3. Tugas dan Wewenang	101
5.4. Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan.....	106
5.5. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji	108
5.6. Kesejahteraan Sosial Karyawan	114
5.7. Corporate Social Responsibility (CSR).....	116
BAB VI	119
<i>TROUBLESHOOTING</i>	119
6.1 Unit Penyimpanan	119
6.2 Unit Pemindahan	122
6.3 Unit Penukar Panas	126
6.4 Unit Reaksi.....	131
6.5 Unit Pemisah	135
BAB VII	139
ANALISA EKONOMI	139
7.1 Penaksiran Harga Peralatan	139
7.2 Dasar Perhitungan.....	143
7.3 Perhitungan Biaya.....	144
7.4 Analisis Kelayakan	159
7.5 Hasil Perhitungan	163
DAFTAR PUSTAKA	164
LAMPIRAN A	166
NERACA MASSA.....	166
LAMPIRAN B	188
NERACA PANAS	188
LAMPIRAN C	237

SPESIFIKASI ALAT	237
LAMPIRAN IV	271
PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI	271

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Data Impor Ekspor Metanol di Indonesia dan Pertumbuhannya	6
Tabel 1.2. Prediksi konsumsi kebutuhan metanol di Indonesia	7
Tabel 1.3. Daftar Produsen Metanol di Dunia.....	10
Tabel 2.1 Komposisi gas alam yang dihasilkan oleh JOB Pertamina-Medco E&P Tomori Sulawesi	19
Tabel 2.2 Harga energi kinetik, frekuensi tumbukan dan entalphy untuk reaksi pada steam reforming.....	26
Tabel 2. 3 Neraca massa Absorber (AB-101)	38
Tabel 2. 4 Neraca massa Mix Line (OLM-101).....	39
Tabel 2. 5 Neraca massa Pre-Reformer.....	40
Tabel 2. 6 Neraca massa Steam Reformer	40
Tabel 2. 7 Neraca massa Separator	41
Tabel 2. 8.....	41
Tabel 2. 9 Neraca massa Reaktor	42
Tabel 2. 10 Neraca massa Separator	42
Tabel 2. 11 Neraca massa Pre-run Column.....	43
Tabel 2. 12 Neraca massa Pressure Column).....	43
Tabel 2. 13 Neraca massa Atmospheric Column	44
Tabel 2. 14 Neraca panas Compressor Natural Gas Feed (C-101)	45
Tabel 2. 15 Neraca panas Heat Exchanger (E-101)	45
Tabel 2. 16 Neraca panas Absorber.....	46
Tabel 2. 17 Neraca panas On-Line Mixer (OLM-101)	46
Tabel 2. 18 Neraca panas Pre-Reformer Compressor (K-102)	47
Tabel 2. 19 Neraca panas Pre-Reformer	47
Tabel 2. 20 Neraca panas Kompresor K-103.....	48
Tabel 2. 21 Neraca panas Steam Reformer	48
Tabel 2. 22 Neraca panas Heat Exchanger (E-102)	48
Tabel 2. 23 Neraca panas Heat Exchanger (E-103)	49
Tabel 2. 24 Neraca panas Heat Exchanger (E-104)	49
Tabel 2. 25 Neraca panas Waste Heat Boiler	49
Tabel 2. 26. Neraca panas Cooler - 01	50
Tabel 2. 27 Neraca panas Compressor	50
Tabel 2. 28 Neraca panas Heat Exchanger (E-201)	50
Tabel 2. 29 Neraca panas Reaktor.....	51
Tabel 2. 30 Neraca panas Compressor	51
Tabel 2. 31 Neraca Panas Heat Exchanger.....	51
Tabel 2. 32 Neraca panas Heat Exchanger.....	52
Tabel 2. 33 Neraca panas Pre-run Column.....	52
Tabel 2. 34 Neraca panas Pressure Column	53
Tabel 2. 35 Neraca panas Atmospheric Column.....	53

Tabel 4. 1 Kualitas Sumber Baku Air Laut Perairan Banggai, Sulawesi Tengah (Simanjuntak 2012).....	65
Tabel 4. 2 Syarat Mutu Cooling water (IS:8188-1999).....	69
Tabel 4. 3 Persyaratan Mutu Air Umpan Boiler (IS: 10392-1982 n.d.).....	71
Tabel 4. 4 Parameter Fisik Standar Baku Mutu Air Sanitasi (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017).....	71
Tabel 4. 5 Parameter Biologi Standar Baku Mutu Air Sanitasi (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017).....	72
Tabel 4. 6 Parameter Kimia Standar Baku Mutu Air Sanitasi (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017).....	72
Tabel 4. 7 Kebutuhan air pendingin pada unit proses.....	73
Tabel 4. 8 Kebutuhan boiler dan boiler yang dihasilkan.....	74
Tabel 4. 9 Total kebutuhan BFW saat start up.....	75
Tabel 4. 10 Total kebutuhan BFW saat normal operasi.....	76
Tabel 4. 11 Total kebutuhan air laut yang digunakan.....	77
Tabel 4. 12 Kebutuhan listrik untuk pompa.....	78
Tabel 4. 13 Kebutuhan energi pada kompressor.....	79
Tabel 4. 14 Kebutuhan lumen penerangan pabrik.....	79
Tabel 4. 15 Jumlah luas ruangan yang memakai AC.....	81
Tabel 4. 16 Data low heating value komponen natural gas.....	84
Tabel 4. 17 Perhitungan neraca massa adsorber PSA.....	90
Tabel 4.18 Perhitungan neraca massa hollow membrane.....	90
Tabel 4. 19 Perhitungan neraca massa total air separation unit.....	91
Tabel 4. 20 Standar Baku Mutu Limbah Cair Pabrik Metanol.....	93
Tabel 4. 21 Standar Baku Mutu Kualitas Buangan Air Laut.....	94
Tabel 4. 22 Standar Baku Mutu Emisi Gas pada Stack Boiler dan Reformer (Laporan KP. KMI, 2017).....	95
Tabel 5.1 Pembagian Shift Karyawan.....	107
Tabel 5.2 Jadwal kerja untuk setiap regu.....	107
Tabel 5.3 Jabatan dan Pendidikan.....	108
Tabel 5.4 Rincian jumlah karyawan proses.....	110
Tabel 5.5 Rincian Jumlah karyawan utilitas.....	111
Tabel 5.6 Rincian jumlah karyawan HSE, laboratorium dan maintenance.....	112
Tabel 5.7 Rincian jumlah pegawai seluruhnya.....	112
Tabel 5.8 Rincian gaji berdasarkan jabatan.....	114
Tabel 6. 1 <i>Troubleshooting</i> Unit Penyimpanan.....	119
Tabel 6. 2 <i>Troubleshooting</i> Unit Pemindahan.....	122
Tabel 6. 3 <i>Troubleshooting</i> Unit Penukar Panas.....	126
Tabel 6. 4 <i>Troubleshooting</i> Unit Reaksi.....	131
Tabel 6. 5 <i>Troubleshooting</i> Unit Pemisah.....	135
Tabel 7.1 Chemical Engineering Plan Cost Index (Toweringskills.com, 2022).....	140
Tabel 7.2 Daftar Harga Alat (Matche Inc, 2014).....	141
Tabel 7.3 Biaya Pembelian Bahan Baku.....	143
Tabel 7.4 Hasil Produksi Metanol.....	143

Tabel 7. 5 Physical Plant Cost (PPC).....	147
Tabel 7. 6 Fixed Capital Investment (FCI).....	149
Tabel 7. 7 Total <i>Working Capital Investment</i> (WCI).....	151
Tabel 7. 8 Total Capital Investment (TCI).....	152
Tabel 7. 9 Biaya Pembelian Bahan Baku.....	152
Tabel 7. 10 Biaya Labor.....	152
Tabel 7. 11 Biaya Supervisi.....	153
Tabel 7. 12 Total Direct Manufacturing Cost.....	154
Tabel 7. 13 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	156
Tabel 7. 14 Fix Manufacturing Cost (FMC).....	157
Tabel 7. 15 Total Manufacturing Cost (TMC).....	157
Tabel 7. 16 <i>General Expense</i> (GE).....	159
Tabel 7. 17 Evaluasi Kelayakan Pabrik.....	163

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Pemanfaatan Metanol di Industri (Methanex, 2022).....	3
Gambar 1.2. Pemanfaatan Metanol di Industri (Methanex, 2022).....	4
Gambar 1.3. Grafik Data Impor Metanol.....	5
Gambar 1.4. Grafik Data Ekspor Metanol.....	5
Gambar 1.5. Persebaran sumber daya dan cadangan minyak bumi dan gas.....	9
Gambar 1.6. Gambaran lokasi Pabrik Metanol.....	12
Gambar 1.7. Diagram alir proses ICI bertekanan rendah.....	15
Gambar 1.8. Diagram Alir Proses Lurgi (Dalena & Basile, 2017).....	16
Gambar 2.1. Blok Diagram Neraca Massa.....	38
Gambar 2.2. Diagram Blok Neraca Panas.....	44
Gambar 2.3. Tata Letak Pabrik Methanol.....	56
Gambar 3.1 Spesifikasi Tangki T-401/T-402.....	57
Gambar 3.2 Spesifikasi Kompresor K-101.....	59
Gambar 3.3 Spesifikasi Heat Exchanger E-101.....	59
Gambar 3. 4 Spesifikasi Reaktor R-201.....	60
Gambar 3.5 Spesifikasi Alat Destilasi D-302.....	62
Gambar 4. 1 Unit Pengolahan Air Laut.....	65
Gambar 4.2. Menara Cooling Tower.....	70
Gambar 4.3 Unit Penyediaan Udara pressure swing adsorption (PSA).....	88
Gambar 4.4 Blok diagram PSA unit adsorber.....	90
Gambar 4.6. Blok Diagram Sistem Looping.....	94
Gambar 5. 1 Blok Diagram Sistem Looping.....	100
Gambar 7.1 Grafik Chemical Engineering Plan Cost Index.....	141
Gambar 7. 2 Analisa Kelayakan Ekonomi.....	162

INTISARI

Metanol atau *methyl alcohol* (CH_3OH) merupakan alkohol alifatik yang paling sederhana dari metil dan gugus alkohol yang diperoleh dari turunan gas alam di Industri Petrokimia Hulu. Metanol berperan penting dalam berbagai industri seperti farmasi, tekstil, resin sintetis, dan plastik. Pabrik Metanol akan didirikan di Industri Luwuk, Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengah pada tahun 2027 dengan kapasitas produksi 430.000 ton/tahun. Pembuatan metanol terdiri dari tahapan persiapan bahan baku (*reforming sintesis gas*), tahapan reaksi pembentukan metanol, dan tahapan pemurnian produk. Unit pendukung proses yang terdiri unit pengadaan air dengan kebutuhan total saat operasi normal yaitu 4.317,66 m³/hari atau sekitar 1.554.357,6 m³/tahun, unit pengadaan listrik dengan kebutuhan sebesar 15.211,78 KW, unit pengadaan umpan boiler, unit pengadaan bahan bakar, unit pengadaan udara tekan, dan unit pengadaan limbah (cair, gas, dan padat). Pabrik juga didukung oleh laboratorium untuk mengontrol kualitas bahan baku dan produk. Hasil analisa ekonomi yang didapatkan yaitu *Total Production Cost* (TPC) sebesar US\$ 319.086.960,76, total pendapatan didapat sebesar US\$ 387.000.000,00 dengan keuntungan setelah pajak didapat sebesar US\$ 54.330.431,39. *Profit On Sales* (POS) setelah pajak didapat sebesar 14%, *Pay Out Time* (POT) setelah pajak didapat selama 1,9 tahun, *Return of Investment* (ROI) setelah pajak didapat 46%, *Internal Rate of Return* (IRR) didapat sebesar 25,5%, *Break Even Point* (BEP) didapat sebesar 31% dan *Shut Down Point* (SDP) didapat sebesar 24%

Kata kunci: Lurgi bertekanan rendah, Metanol, Gas alam

SUMMARY

Methanol or methyl alcohol (CH₃OH) is the simplest aliphatic alcohol from the methyl and alcohol groups obtained from natural gas derivatives in the Upstream Petrochemical Industry. Methanol plays an important role in various industries such as pharmaceuticals, textiles, synthetic resins and plastics. A methanol plant will be built in Luwuk Industry, Banggai Regency, Central Sulawesi in 2027 with a production capacity of 430,000 tons/year. The production of methanol consists of the stages of preparing the raw materials (reforming synthesis gas), the stages of the reaction for the formation of methanol, and the stages of product purification. Process support units consisting of a water supply unit with a total requirement during normal operation of 4,317.66 m³/day or around 1,554,357.6 m³/year, an electricity supply unit with a demand of 15,211.78 KW, a boiler feed procurement unit, a procurement unit fuel, compressed air supply unit, and waste supply unit (liquid, gas, and solid). The factory is also supported by a laboratory to control the quality of raw materials and products. The results of the economic analysis obtained were a Total Production Cost (TPC) of US\$ 319.086.960,76, a total income of US\$ 387.000.000,00 with a profit after tax US\$ 54.330.431,39. Profit On Sales (POS) after tax was obtained at 14%, Pay Out Time (POT) after tax was obtained for 1,9 years, Return of Investment (ROI) after tax was obtained at 46%, Internal Rate of Return (IRR) was obtained by 25,5%, the Break Even Point (BEP) was obtained by 31% and the Shut Down Point (SDP) was obtained by 24%

Keyword: Lurgi-Low Pressure Methanol, Methanol, Natural gas