

**PRA-RANCANGAN PABRIK METHANOL DARI *FLUE* GAS DAN HIDROGEN
DENGAN PROSES *INTEGRATED CAPTURE AND CONVERSION OF CO₂ TO*
METHANOL *TECHNOLOGY (IC³M)* MENGGUNAKAN KATALIS $\text{Cu/ZnO/Al}_2\text{O}_3$
KAPASITAS 330.000 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:

PALUPI DIAH UTAMI

NIM. 40040119650015

**PROGRAM STUDI S1 TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Palupi Diah Utami
NIM : 40040119650015
Program Studi : D4 Teknologi Rekayasa Kimia Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Universitas : Universitas Diponegoro
Dosen Pembimbing : Hermawan Dwi Ariyanto, S.T., M.Sc, Ph.D
Judul Skripsi : Pra-Rancangan Pabrik Methanol Dari *Flue Gas* Dan Hidrogen Dengan
Proses *Integrated Capture and Conversion of CO₂ to Methanol Technology (IC³M)* Menggunakan Katalis Cu/ZnO/Al₂O₃ Kapasitas
330.000 Ton/Tahun

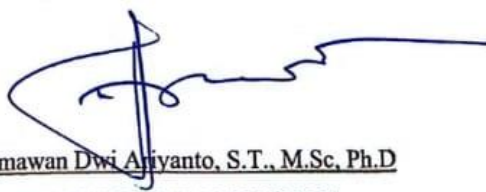
Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 2 Januari 2025

Disetujui dan Disahkan sebagai
Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 2 Januari 2025

Dosen Pembimbing,



Hermawan Dwi Ariyanto, S.T., M.Sc, Ph.D
NIP. H.7.199005152021021001

SURAT PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Palupi Diah Utami
NIM : 40040119650015
Program Studi : D4 Teknologi Rekayasa Kimia Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Universitas : Universitas Diponegoro
Judul Skripsi : Pra-Rancangan Pabrik Methanol Dari *Flue* Gas Dan Hidrogen Dengan
Proses *Integrated Capture and Conversion of CO₂ to Methanol*
Technology (IC3M) Menggunakan Katalis Cu/ZnO/Al₂O₃ Kapasitas
330.000 Ton/Tahun

Menyatakan dengan benar bahwa Laporan Tugas Akhir (Skripsi) ini merupakan hasil karya saya Palupi Diah Utami dan partner Saya Muhammad Ainul Yaqin yang didampingi oleh Dosen 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 tanpa ada paksaan dari siapapun.



Semarang, 2 Januari 2025

Palupi Diah Utami

NIM. 40040119650015

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya selama ini sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir (Skripsi) dengan judul *Pra-Rancangan Pabrik Methanol Dari Flue Gas Dan Hidrogen Dengan Proses Integrated Capture and Conversion of CO₂ to Methanol Technology (IC³M) Menggunakan Katalis Cu/ZnO/Al₂O₃ Kapasitas 330.000 Ton/Tahun secara baik*. Skripsi ini disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.

Penyusun menyadari bahwa dalam pengerjaan dan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, membimbing, hingga memberikan dukungan selama penyusun menyusun skripsi ini, diantaranya kepada :

1. Bapak Mohamad Endy Yulianto, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.
2. Bapak Ir. Edy Supriyo, M.T selaku Dosen Wali Kelas A Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri Angkatan 2019, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.
3. Bapak Hermawan Dwi Ariyanto, S.T., M.Sc, Ph.D, selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang selalu mengarahkan, membimbing, dan memberikan motivasi sehingga penyusun dapat memahami materi dan aplikasi dalam pengerjaan skripsi serta hal-hal yang terkait dengan Ilmu Teknik Kimia serta dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan benar.
4. Seluruh Dosen, Tenaga Pendidik, dan Laboran Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.
5. Kedua Orang Tua, Bapak Wagino, dan Ibu Siti Fatimah serta adik-adik penyusun yang tiada hentinya selalu memberikan doa dan dukungan untuk penyusun hingga penulis senantiasa bersemangat dan tidak menyerah untuk menyelesaikan tugas akhir skripsi ini. Maaf atas keterlambatan penulis dalam menyelesaikan masa studi karena penulis mencari pengalaman di luar kampus dan terkadang banyak hal yang tidak terduga sehingga terdistract untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Teman-Teman “Wakamsi” KKN Tematik Desa Girimulyo 2022, terima kasih telah menjadi bagian cerita selama kuliah, terima kasih atas dukungan dan semangat sehingga laporan akhir skripsi ini dapat terselesaikan.

7. Teman-Teman magang Pupuk Kaltim (Zahwa, Shinta, Grace, Dini, Salsa, Zikri, Rafi, Hardan, Jojo, Hilham, Akbil, Dayat, Hanif, Ikhwan), terima kasih atas segala cerita, sehingga penulis memiliki pengalaman selama kuliah, terima kasih atas dukungan dan semangatnya.
8. Rekan magang di PT. Rekayasa Engineering (anak perusahaan PT. Rekayasa Industri) dan PT. Pupuk Indonesia (persero), terima kasih atas segala dukungan, semangat, segala cerita sehingga penulis dapat menyicil penulisan skripsi yang dibagi waktunya dengan kegiatan magang untuk menambah ilmu dan pengalaman penulis sebelum lulus. Penulis ingin berkonsentrasi di industri pupuk/petrokimia sebagai *engineer* dan menjadi seorang akademisi dengan pengalaman industri.
9. Teman-Teman yang pernah menjalani satu organisasi, proyek penelitian, magang, terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan selama kuliah.
10. Sahabatku Zahwa, Shinta, Jojo, dan Salza yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis, berbagi cerita, memberikan dukungan dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik dan lancar.
11. *Playlist spotify* yang telah menemani penyusun untuk menulis skripsi hingga selesai.
12. Keluarga besar Teknologi Rekayasa Kimia Industri Arzhimistri angkatan 2019 yang telah banyak memberikan informasi, semangat, dan dukungan dalam menyelesaikan laporan skripsi ini.
13. Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusun dari awal kuliah hingga terselesainya Skripsi ini yang tidak dapat penyusun sebutkan satu-persatu.

Penyusun menyadari adanya keterbatasan dan kekurangan 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, Januari 2025

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	II
LEMBAR INTEGRITAS	III
KATA PENGANTAR	IV
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Rancangan.....	7
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik	16
1.4 Tinjauan Proses	28
BAB II DESKRIPSI PROSES.....	54
2.5.1 Neraca Massa.....	76
1. FLASH DRUM I (FD-101)	76
2. ABSORBER (AB-101)	76
3. STRIPPER (D-101)	76
4. FLASH DRUM II (FD-102).....	77
5. REAKTOR (R-201)	77
7. DESTILASI II (D-302)	78
2.5.2 Neraca Panas	79
1. BLOWER (K-101)	79
2. FLASH DRUM I (FD-101).....	79
3. ABSORBER (AB-101)	79
4. COOLER (E-102)	80
5. HEAT EXCHANGER (E-101)	80
6. STRIPPER (D-101).....	80
7. CONDENSER (CN-101)	80
8. FLASH DRUM (FD-102)	81
9. BLOWER (K-102)	81
10. KOMPRESSOR (K-101).....	81
11. HEAT EXCHANGER (E-201).....	81
12. REAKTOR (R-201).....	82
13. KOLOM DESTILASI (D-301).....	82
14. KOLOM DESTILASI (D-302).....	82
15. KOMPRESSOR (K-202).....	82

16. COOLER (E-301).....	83
2.7 Flowsheet Pabrik Methanol.....	90
BAB III SPESIFIKASI ALAT	91
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES	106
4.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	106
4.2 Unit Pembangkit Uap (<i>Steam Generation</i>)	131
4.3 Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant Unit</i>)	135
4.4 Unit Penyediaan Udara Instrumen (<i>Instrument Air</i>)	142
4.6 Unit Laboratorium.....	149
4.7 Unit Pengolahan Limbah.....	151
4.8 Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup.....	154
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN	166
5.1 Bentuk Perusahaan	166
5.2 Struktur Organisasi.....	169
5.3 Tugas dan Wewenang	174
5.4 Status Karyawan dan Pengupahan	182
5.5. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji	184
5.7 Keselamatan dan Kesehatan Kerja	200
BAB VI TROUBLESHOOTING	206
BAB VII ANALISA EKONOMI	320
7.1 Penaksiran Harga Peralatan.....	320
7.2 Dasar Perhitungan	323
7.3 Perhitungan Biaya	326
7.4 Analisa Kelayakan Ekonomi (<i>Fit and Proper Economy Test</i>).....	355

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Ekspor Impor Methanol di Indonesia dan Pertumbuhannya.....	8
Tabel 1.2 Prediksi Konsumsi Kebutuhan Methanol di Indonesia	9
Tabel 1.3 Proyeksi Kebutuhan Methanol di Indonesia (2027-2040).....	12
Tabel 1.4 Cadangan Pabrik Hidrogen di Indonesia	13
Tabel 1.5 Cadangan CO ₂ <i>Flue Gas</i> di Indonesia	13
Tabel 1.6 Pabrik Methanol yang Sudah Beroperasi di Dunia.....	14
Tabel 1.7 Industri Pengguna Methanol di Jawa Barat	21
Tabel 1.8 Perbandingan Pemilihan Lokasi Pabrik.....	24
Tabel 1.9 Perbandingan Proses Sintesis Gas	29
Tabel 1.10 Perbandingan Larutan Penyerap CO ₂ <i>Flue Gas</i>	31
Tabel 1.11 Perbandingan Proses Sintesis Methanol	44
Tabel 1.12 Perbandingan Katalis Sintesis Methanol	46
Tabel 2.1 Komposisi <i>Flue Gas</i> yang dihasilkan PT. Indocement Tungal Prakarsa.....	54
Tabel 2.2 Spesifikasi Umpan Gas Hidrogen.....	57
Tabel 2.3 Spesifikasi Methanol PT. Kaltim Methanol Industri	63
Tabel 2.4 Harga ($\Delta H^{\circ}f$) Masing Masing Komponen	66
Tabel 2.5 Harga ($\Delta G^{\circ}f$) Masing Masing Komponen	67
Tabel 2.6 Neraca Massa Total pada Flash Kolom (FD-101)	76
Tabel 2.7 Neraca Massa Total pada Absorber (AB-101)	76
Tabel 2.8 Neraca Massa Total pada Stripper (D-101)	76
Tabel 2.9 Neraca Massa Total pada Flash Drum II (FD-102)	77
Tabel 2.10 Neraca Massa Total pada Flash Drum II (FD-102)	77
Tabel 2.11 Neraca Massa Total pada Destilasi I (D-301).....	77
Tabel 2.12 Neraca Massa Total pada Destilasi II (D-302)	78
Tabel 2.13 Neraca Panas Total pada Blower (K-101)	79
Tabel 2.14 Neraca Panas Total pada Flash Drum I (FD-101)	79
Tabel 2.15 Neraca Panas Total pada Absorber (AB-101)	79
Tabel 2.16 Neraca Panas Total Cooler (E-102)	80
Tabel 2.17 Neraca Panas Total Heat Exchanger (E-101)	80
Tabel 2.18 Neraca Panas Total Stripper (D-101).....	80
Tabel 2.19 Neraca Panas Total Condenser (CN-101).....	80
Tabel 2.20 Neraca Panas Total Flash Drum (FD-102)	81
Tabel 2.21 Neraca Panas Total Blower (K-102).....	81
Tabel 2.22 Neraca Panas Total Blower (K-102).....	81
Tabel 2.23 Neraca Panas Total Heat Exchanger (E-201)	81
Tabel 2.24 Neraca Panas Total Reaktor (R-201)	82
Tabel 2.25 Neraca Panas Total Destilasi (D-301)	82
Tabel 2.26 Neraca Panas Total Destilasi (D-302)	82
Tabel 2.27 Neraca Panas Total Kompresor (K-202).....	82
Tabel 2.28 Neraca Panas Total Cooler (E-301)	83
Tabel 2.29 Kebutuhan Lahan Pembangunan Pabrik.....	85
Tabel 2.30 Keterangan <i>Lay Out Process</i>	88

Tabel 4.1 Syarat Air Pendingin.....	108
Tabel 4.2 Kebutuhan Air Pendingin pada Unit Proses	110
Tabel 4.3 Baku Mutu Air Umpan Boiler	111
Tabel 4.4 Persyaratan Air Umpan Boiler (<i>Boiler Feed Water</i>)	113
Tabel 4.5 Kebutuhan Air Umpan Boiler.....	116
Tabel 4.6 Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi	117
Tabel 4.7 Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi	117
Tabel 4.8 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi	117
Tabel 4.9 Kualitas Air Sungai Ci Baranta di Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat.....	121
Tabel 4.10 Kebutuhan <i>Steam</i>	131
Tabel 4.11 Kebutuhan Air Umpan Boiler.....	132
Tabel 4.12 Kebutuhan Listrik Unit Proses.....	136
Tabel 4.13 Kebutuhan Listrik Unit Utilitas	136
Tabel 5.1 Kelebihan dan Kekurangan Perseroan Terbatas (PT).....	169
Tabel 5.2 Pembagian <i>Shift</i> Karyawan	183
Tabel 5.3 Jadwal Kerja Masing – Masing Regu	184
Tabel 5.4 Penggolongan Jabatan dan Pendidikan.....	185
Tabel 5.5 Perincian Jumlah Karyawan Proses Produksi.....	188
Tabel 5.6 Perincian Jumlah Karyawan Proses Produksi.....	189
Tabel 5.7 Perincian Jumlah Karyawan Utilitas.....	190
Tabel 5.8 Perincian Jumlah Karyawan HSE, Laboratorium Riset, dan Maintenance	191
Tabel 5.9 Perincian Jumlah Karyawan Seluruhnya	191
Tabel 5.10 Rincian Jumlah Gaji Karyawan	194
Tabel 7.1 <i>Chemical Engineering Plant Cost Index</i> 2001-2023	321
Tabel 7.2 Harga Peralatan Dalam Negeri pada Tahun 2024	325
Tabel 7.3 Harga Peralatan Impor Pada Tahun 2024	326
Tabel 7.4 Biaya Pembelian Alat dari Dalam Negeri.....	327
Tabel 7.5 Biaya Pembelian Alat dari Luar Negeri	327
Tabel 7.6 Biaya Instalasi.....	329
Tabel 7.7 Biaya Pemipaan	329
Tabel 7.8 Biaya Instrumentasi dan Pengendalian	331
Tabel 7.9 Biaya Instalasi Listrik	331
Tabel 7.10 Biaya Insulasi.....	332
Tabel 7.11 Biaya Bangunan.....	332
Tabel 7.12 Perincian Luas Tanah.....	333
Tabel 7.13 <i>Physical Plant Cost</i> (PPC).....	335
Tabel 7.14 Biaya <i>Engineering and Construction</i>	336
Tabel 7.15 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	337
Tabel 7.16 <i>Working Capital Investment</i> (WCI).....	341
Tabel 7.17 <i>Total Capital Investment</i> (TCI).....	341
Tabel 7.18 Harga Bahan Baku per Tahun.....	342
Tabel 7.19 <i>Labor Cost</i>	342
Tabel 7.20 <i>Supervisi Cost</i>	343
Tabel 7.21 <i>Total Direct Manufacturing Cost</i> (DMC).....	345
Tabel 7.22 <i>Total Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC).....	346
Tabel 7.23 <i>Total Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC)	349

Tabel 7.24 <i>Total Manufacturing Cost (TMC)</i>	349
Tabel 7.25 <i>Management Salaries</i>	350
Tabel 7.26 <i>Total General Expense (TGE)</i>	354
Tabel 7.27 <i>Total Production Cost</i>	354
Tabel 7.28 <i>Cash Flow</i>	358
Tabel 7.29 <i>Cummulative Cash Flow (CCF)</i>	360
Tabel 7.30 <i>Cumulative Cashflow & Net Present Value</i>	362

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pemanfaatan Methanol di Industri	2
Gambar 1.2 Pemanfaatan Gas Alam Untuk Industri	3
Gambar 1.3 Pemanfaatan Hidrogen di Berbagai Sektor	4
Gambar 1.5 Grafik Data Impor Methanol.....	7
Gambar 1.6 Grafik Data Ekspor Methanol	8
Gambar 1.7 Gambaran Lokasi Pabrik Methanol	17
Gambar 1.8 Gambaran Lokasi Sumber Bahan Baku	18
Gambar 1.9 Lokasi Aliran Sungai Sekitar Pabrik.....	20
Gambar 1.10 Diagram Alir Proses Lurgi Low-Pressure Methanol Synthesis Process.....	38
Gambar 1.11 Diagram Alir ICI Low-Pressure Methanol Synthesis Process.....	39
Gambar 1.12 Diagram Alir Proses Kellog Brown Root (KBR)	40
Gambar 1.13 Diagram Proses Sintesis Methanol Tekanan Rendah/Sedang MGC	41
Gambar 1.14 Diagram Proses Sintesis Methanol dengan Haldor Topsoe	42
Gambar 1.15 Diagram Alir Proses IC3M Technology	43
Gambar 2.3 Diagram Alir Neraca Panas.....	75
Gambar 2.4 Tata Letak Pabrik Methanol.....	86
Gambar 2.5 Tata Letak Peralatan Proses	88
Gambar 2.6 Flowsheet Pabrik Methanol	90
Gambar 4. 1 Cooling Tower	109
Gambar 4.2 <i>Process Flow</i> Diagram Pengolahan Air.....	130
Gambar 4. 3 <i>Process Flow</i> Diagram Instrument Air.....	149
Gambar 5.1 Blok Diagram Struktur Organisasi.....	173
Gambar 5.2 <i>Process Labor Requirements</i>	188
Gambar 7.1 Hubungan Tahun dengan Plant Cost Index tahun 2001-2023	322
Gambar 7.2 Analisis Pay Out Time	357
Gambar 7.3 Grafik Analisa Kelayakan	366

INTISARI

Methanol atau *methyl alkohol* (CH_3OH) adalah senyawa alkohol dengan rantai karbon pendek atau alifatik yang paling sederhana dari metil dan gugus alkohol yang diperoleh dari turunan gas alam dengan sifat mudah terbakar. Saat ini methanol jumlahnya belum mencukupi industri di Indonesia. Secara umum methanol digunakan sebagai senyawa intermediate yang menjadi bahan utama berbagai industri antara lain *formaldehyde*, tekstil, farmasi, *polyester*, *polyvinyl*, resin sitetis, plastik, asam asetat, farmasi, dan biodiesel, bahan bakar dengan RON tinggi, dan konversi menjadi bahan kimia lain seperti etilen atau methylene. Sampai saat ini, jumlah impor methanol lebih tinggi dibandingkan jumlah ekspor. Produk methanol hanya diproduksi oleh satu produsen dalam negeri, yaitu PT. Kaltim Methanol Industri (KMI) di Bontang Kalimantan Timur. Pabrik tersebut memiliki kapasitas produksi methanol sebesar 660.000 ton/tahun.

Pembuatan methanol dilakukan dengan proses hidrasi katalitik larutan etilen oksida dengan spesifikasi 99,99%wt direaksikan dengan air dengan rasio mol 1:8. Seluruh proses berlangsung dalam *Continuous Fixed Bed Reactor* dengan konversi dan selektivitas methanol 99,8%. Dalam reaktor ini, reaksi berlangsung dalam fase gas dengan katalis padat $\text{Cu/ZnO/Al}_2\text{O}_3$, sifat *reversible*, adiabatik pada tekanan 50 bar dan suhu 120°C . Pabrik ini akan didirikan di Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Bahan baku *flue gas* dari PT. Indocement Tungal Prakarsa dan hidrogen dari PT. Aneka Gas Industri yang pendistribusiannya menggunakan jalur darat dan pipa. Proses sintesis metanol menggunakan teknologi *Integrated Capture and Conversion of CO₂ to Methanol (IC3M)* dengan larutan penyerap EEMPA (N-(2-ethoxyethyl)-3-morpholinopropan-1-amine), yang memiliki kadar air rendah sebesar 1,5% wt dan tingkat penyerapan CO_2 yang tinggi mencapai 90%. Teknologi ini berfungsi sebagai carbon capture untuk mengurangi emisi CO_2 ke lingkungan.

Dalam pra-rancangan pabrik methanol dari *flue gas* dan hidrogen kapasitas 330.000 ton/tahun ini membutuhkan unit pendukung proses yang terdiri dari unit proses dan pendukung (utilitas) yang terdiri dari pengolahan air, *steam*, udara instrument, listrik, dan bahan bakar dari PLN dan generator sebagai cadangan. Pabrik methanol dilengkapi dengan unit pengolahan limbah padat, cair, gas, K3LH, dan laboratorium analisa produk. Bentuk perusahaan yang digunakan adalah Perseroan terbatas (PT), dengan sistem organisasi *line and staff*. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian menurut jam kerja yang terdiri atas karyawan shift dan karyawan non shift. Karyawan pabrik methanol ini direncanakan berjumlah 229 orang untuk mengoperasikan pabrik methanol selama 24 jam/hari dalam 300 hari/tahun.

Berdasarkan analisa ekonomi, pabrik methanol memerlukan investasi modal tetap (*fixed capital investment*) sebesar USD 10.161.978,157 dan modal kerja (*working capital investment*) sebesar USD 13.309.602,329. Pabrik methanol ini memperoleh POS sebelum pajak 25,95% dan setelah pajak sebesar 19,46%, ROI sebelum pajak 84,30% dan setelah pajak 63,22%, POT 1,5 tahun, IRR 35%, BEP 31,183%, dan SDP sebesar 25,469%. Pabrik methanol kapasitas 330.000 ton/tahun masuk kedalam kategori *low risk* dan layak untuk didirikan.

Kata Kunci: Carbon Capture, Continuous Fixed Bed Reactor, EEMPA, Flue Gas, Methanol

SUMMARY

Methanol, or methyl alcohol (CH_3OH), is the simplest aliphatic alcohol compound with a short carbon chain, derived from natural gas, and is highly flammable. Currently, the supply of methanol is insufficient for the industry in Indonesia. Generally, methanol is used as an intermediate compound and is a primary raw material in various industries, including formaldehyde, textiles, pharmaceuticals, polyester, polyvinyl, synthetic resins, plastics, acetic acid, high-RON fuel, and in the conversion to other chemicals such as ethylene or methylene. To date, the volume of methanol imports exceeds that of exports. Methanol products are only produced by one domestic manufacturer, PT Kaltim Methanol Industri (KMI) in Bontang, East Kalimantan, which has a production capacity of 660,000 tons per year.

Methanol production is carried out through the catalytic hydration of ethylene oxide, with a specification of 99.99% wt, reacted with water at a molar ratio of 1:8. The entire process occurs in a Continuous Fixed Bed Reactor, achieving a conversion and selectivity of methanol of 99.8%. In this reactor, the reaction takes place in the gas phase using a solid catalyst ($\text{Cu/ZnO/Al}_2\text{O}_3$) under reversible, adiabatic conditions at a pressure of 50 bar and a temperature of 120°C . The plant is to be established in Citeureup, Bogor Regency, West Java. The flue gas will be sourced from PT Indocement Tungal Prakarsa, and hydrogen will be supplied by PT Aneka Gas Industri, with distribution via land routes and pipelines. The methanol synthesis process employs Integrated Capture and Conversion of CO_2 to Methanol (IC3M) technology, utilizing an absorbing solution of EEMPA (N-(2-ethoxyethyl)-3-morpholinopropan-1-amine), which has a low water content of 1.5% wt and a high CO_2 absorption rate of 90%. This technology serves as carbon capture to reduce CO_2 emissions into the environment.

In the preliminary design of the methanol plant utilizing flue gas and hydrogen with a capacity of 330,000 tons per year, supporting process units are required, including utility units for water treatment, steam, instrument air, electricity, and fuel from PLN, along with backup generators. The methanol plant will also include solid, liquid, and gas waste treatment units, environmental health and safety (K3LH) measures, and a product analysis laboratory. The company will be structured as a Limited Liability Company (PT) with a line and staff organizational system. Employee work schedules will be divided into shift and non-shift workers. The methanol plant is projected to employ 229 people to operate continuously for 24 hours a day in 300 days a year.

Based on the economic analysis, the methanol plant requires a fixed capital investment of USD 10,161,978.157 and a working capital investment of USD 13,309,602.329. The plant is expected to achieve a profit before tax (PBT) of 25.95% and after tax of 19.46%. The return on investment (ROI) is projected at 84.30% before tax and 63.22% after tax, with a payback period (POT) of 1.5 years, an internal rate of return (IRR) of 35%, a break-even point (BEP) of 31.183%, and a sensitivity analysis (SDP) of 25.469%. The methanol plant, with a capacity of 330,000 tons per year, falls into the low-risk category and is deemed feasible for establishment.

Keywords: Carbon Capture, Continuous Fixed Bed Reactor, EEMPA, Flue Gas, Methanol