

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	I
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	II
HALAMAN PERNYATAAN	III
PRAKATA	IV
DAFTAR ISI	VI
DAFTAR TABEL	VIII
DAFTAR GAMBAR	IX
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	X
INTISARI	XI
ABSTRACT	XII
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Rumusan dan Batasan Masalah	3
I.3. Keaslian Penelitian	6
I.4. Tujuan Penelitian	7
I.5. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
II.1. Tinjauan Pustaka	10
II.1.1. Proses Produksi Metanol	10
II.1.2. Bahan Baku dan Bahan Pendukung Pabrik Metanol	11
II.1.3. Unit 200 – <i>Methanol Synthesis Unit</i> sebagai Unit yang Vital Bagi Produksi Metanol	13
II.1.4. Neraca Massa di Unit 200	15
II.1.5. Jenis Polutan yang Dihasilkan di Unit 200	16
II.1.6. Jenis Katalis yang Digunakan di Unit 200	16
II.1.7. <i>Stoichiometric Number</i> (SN) sebagai Parameter Penting bagi Unit 200	17
II.1.8. Studi Dampak Lingkungan terhadap Penggantian Katalis di Industri Kimia	18
II.1.9. Metodologi <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) dan Evaluasi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) pada Industri Petrokimia	19
II.2. Landasan Teori	21
II.2.1. Fungsi Katalis pada Proses di Unit 200	21
II.2.2. Pengaruh Umur Katalis terhadap Proses di Unit 200	22
II.2.3. Dampak yang Ditimbulkan dari Penggantian Katalis di Unit 200	24

II.2.4. Pengaruh Perubahan Komposisi Bahan Baku terhadap Proses di Unit 200 ...	25
II.2.5. Analisis <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) di Unit 200.....	26
II.3. Hipotesis.....	27
II.3.1. Hipotesis 1 – Penggantian katalis dalam kondisi baru dapat berpengaruh terhadap menurunnya jumlah emisi yang dibuang ke lingkungan.....	27
II.3.2. Hipotesis 2 – Terdapat SN optimum agar diperoleh emisi gas rumah kaca minimal, yaitu pada kisaran SN $\approx 2,0-2,1$	27
II.3.3. Hipotesis 3 – Perubahan gas dan penggantian katalis di Unit 200 secara simultan berefek pada emisi Gas rumah kaca yang dihasilkan.....	28
II.3.4. Hipotesis 4 – Penggantian katalis di Unit 200 berpengaruh terhadap penurunan dampak lingkungan secara keseluruhan yang dievaluasi melalui pendekatan <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA).	29
BAB III METODE PENELITIAN	30
III.1. Desain Penelitian	30
III.2. Langkah-Langkah Metodologis	31
III.3. Pengumpulan Data	34
III.4. Analisis Data	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
IV.1. Pengaruh Umur Katalis terhadap Konversi dan Emisi.....	37
IV.2. Pengaruh Komposisi Natural Gas terhadap Nilai SN	40
IV.3. Pengaruh Komposisi <i>Natural Gas</i> terhadap Emisi.....	43
IV.4. Perhitungan CO ₂ -eq	45
IV.5. Evaluasi Dampak Lingkungan dari Penggantian Katalis Metanol dengan Metode <i>Life Cycle Assesment</i> (LCA).....	47
IV.5.1. Batasan Sistem (<i>System Boundary</i>).....	48
IV.5.2. Klasifikasi Skenario	49
IV.5.3. <i>Life Cycle Inventory</i> (LCI)	50
IV.5.4. Pemodelan <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) Menggunakan <i>OpenLCA</i>	55
IV.5.5. <i>Life Cycle Impact Assessment</i> (LCIA).....	56
IV.5.6. Evaluasi <i>Data</i>	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	62
V.1. Kesimpulan.....	62
V.2. Saran	63
DAFTAR PUSTAKA.....	66
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Keaslian Penelitian	6
Tabel 2. Komposisi Gas Alam sebagai Bahan Baku Utama	12
Tabel 3. Bahan Baku Pendukung pada Proses Produksi Metanol.....	12
Tabel 4. Kategori Dampak yang Dianalisis.....	32
Tabel 5. Data Nilai Emisi CO ₂ -eq pada Berbagai Tahun	46
Tabel 6. Parameter Inventori dan Sumber Data untuk Pemodelan LCA.....	52
Tabel 7. Data <i>Input Life Cycle Inventory</i> (LCI) untuk Produksi Metanol di PT KMI ...	53
Tabel 8. Data <i>Output Life Cycle Inventory</i> (LCI) untuk Produksi Metanol di PT KMI	54
Tabel 9. Kategori Dampak Ternormalisasi untuk Setiap 1 ton Metanol Diproduksi	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peningkatan Emisi CO ₂ Global dari Tahun 1900 – 2022	1
Gambar 2. Peningkatan Permintaan Metanol secara Global	2
Gambar 3. Block Flow Diagram Proses Produksi Metanol	10
Gambar 4. Diagram Alir Unit 200	14
Gambar 5. Neraca Massa (Input dan Output) pada Reaktor 020-R01A/B	15
Gambar 6. Mekanisme Reaksi Hidrogenasi CO ₂ dan CO dengan katalis CZA	22
Gambar 7. Diagram Alir Tahapan Metodologi Penelitian	30
Gambar 8. Mekanisme Reaksi Hidrogenasi CO ₂ dan CO dengan katalis CZA	37
Gambar 9. Grafik Konversi dan Rasio Purge Gas to Flare pada Berbagai Bulan Tahun 2022 – 2024	40
Gambar 10. Hubungan Komposisi Natural Gas dan SN tahun 2022	41
Gambar 11. Hubungan Komposisi Natural Gas dan SN tahun 2023	42
Gambar 12. Hubungan Komposisi Natural Gas dan SN tahun 2024	42
Gambar 13. Hubungan Rasio Purge Gas dan Komposisi CH ₄ tahun 2022	43
Gambar 14. Hubungan Rasio Purge Gas dan Komposisi CH ₄ tahun 2023	43
Gambar 15. Hubungan Rasio Purge Gas dan Komposisi CH ₄ tahun 2024	44
Gambar 16. Emisi CO ₂ -eq Purge Gas pada Berbagai Tahun	46
Gambar 17. Neraca Massa Unit Sintesis (<i>Input dan Output</i>)	49
Gambar 18. <i>Gate-to-Gate System Boundary</i> yang Digunakan untuk LCA Unit Sintesis Metanol	49

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

BFW	: <i>Boiler Feed Water</i>
C ₂	: Etana
C ₃	: Propana
CH ₃ OH	: Metanol
CH ₄	: Metana
Cl	: Klorin
CO	: Karbon monoksida
CO ₂	: Karbon dioksida
CuO	: <i>Copper Oxide</i>
GHG	: <i>Greenhouse Gas</i>
GWP	: <i>Global Warming Potential</i>
H ₂	: Hidrogen
H ₂ O	: Air
H ₂ S	: Hidrogen Sulfida
H ₂ SO ₄	: Asam Sulfat
IPCC	: <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
LCA	: <i>Life Cycle Assessment</i>
LCI	: Life Cycle Inventory
LCIA	: <i>Life Cycle Impact Assessment</i>
MTBE	: metil-tertilbutil-eter
MTPD	: <i>Metric Ton per Day</i>
N ₂	: Nitrogen
NaOH	: Natrium Hidroksida
Ni	: Nickel
NiMo	: Nickel Molibdenum
S	: sulfur
SN	: <i>Stoichiometric Number</i>
Syngas	: <i>synthesis gas</i>
TMA	: <i>Tri Methyl Amine</i>
w/w	: <i>weight / weight</i>
ZnO	: Zinc Oxide