

**PRARANCANGAN PABRIK METHANOL DARI GAS ALAM DAN
STEAM KAPASITAS 300.000 TON/TAHUN
(Prancangan Reaktor Methanol (RE-202))**

(Skripsi)

Oleh

NEO KURNIAWAN 1615041027



**JURUSAN TEKNIK KIMA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK METHANOL DARI GAS ALAM DAN *STEAM* DENGAN KAPASITAS 300.000 TON/TAHUN

(Prancangan Reaktor Methanol (RE-202))

Oleh

Neo Kurniawan

Pabrik Methanol berbahan baku Gas Alam dan *Steam*, akan didirikan di Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. Pabrik ini berdiri dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, daerah pemasaran, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja yang mudah didapatkan dan kondisi lingkungan.

Pabrik direncanakan memproduksi Methanol sebanyak 300.000 ton/tahun, dengan waktu operasi 24 jam/hari, 330 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah Gas Alam 33.828,874 kg/jam dan Steam sebanyak 75.428,149 kg/jam.

Jumlah karyawan sebanyak 134 orang dengan bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang direktur. Sistem manajemen perusahaan menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	= Rp. 641.318.313.257,-
<i>Working Capital Investment</i> (WCI)	= Rp. 113.173.819.986,-
<i>Total Capital Investment</i> (TCI)	= Rp. 754.492.133.243,-
<i>Break Even Point</i> (BEP)	= 57,39 %
<i>Shut Down Point</i> (SDP)	= 46,08 %
<i>Pay Out Time after Taxes</i> (POT) _a	= 1,98 tahun
<i>Return on Investment after Taxes</i> (ROI) _a	= 34,33 %
<i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	= 18,88 %

Mempertimbangkan paparan di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik Methanol ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai masa depan yang baik

ABSTRACT

PREDESIGN OF METHANOL PLANT FROM NATURAL GASE AND STEAM WITH CAPACITY 300.000 TONS/YEAR

(Methanol Reactor Design (RE-202))

By

Neo Kurniawan

Factory which is made by raw material Natural Gas and Steam, will be erected on Ogan Komering Ilir, South Sumatera. The factory was established by considering the availability of raw materials, marketing area, transportation facilities, readily available labor and environmental conditions.

The factory is planned to produce Methanol of 300,000 tons / year, with operating time of 24 hours / day, 330 days / year. The raw materials used are much Natural Gas 33.828,874 kg/jam and Steam as much as 75.428,149 kg/hr.

Quantity of labor is around 134 people. The plant is managed as a Limited Liability Company (PT), which is headed by a Director. The company is organized in the form of line and staff structure.

From analysis of the plant economy is obtained:

<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	= Rp. 641.318.313.257,-
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	= Rp. 113.173.819.986,-
<i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= Rp. 754.492.133.243,-
<i>Break Even Point (BEP)</i>	= 57,39 %
<i>Shut Down Point (SDP)</i>	= 46,08 %
<i>Pay Out Time after Taxes (POT)_a</i>	= 1,98 tahun
<i>Return on Investment after Taxes (ROI)_a</i>	= 34,33 %
<i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	= 18,88 %

By considering above the summary, it is suitable study further the Methanol plant since plant is profitable and has good prospects.

**PRARANCANGAN PABRIK METHANOL DARI GAS ALAM DAN
STEAM KAPASITAS 300.000 TON/TAHUN
(Prancangan Reaktor Methanol (RE-202))**

Oleh

NEO KURNIAWAN

(Skripsi)

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK METHANOL DARI
GAS ALAM DAN STEAM KAPASITAS 300.000
TON/TAHUN
(Prancangan Reaktor Methanol (RE-202))**

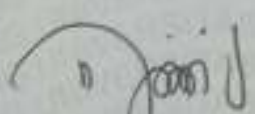
Nama Mahasiswa : Neo Kurniawan


No. Pokok Mahasiswa : 1615041027

Jurusan : Teknik Kimia


Fakultas : Teknik




Dr. Eng. Dewi Agustina L., S.T., M.T.
NIP. 197208252000032001


Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

Ketua Jurusan Teknik Kimia


Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

MENGESAHKAN

Tim Penguji


Ketua : Dr. Eng. Dewi Agustina I., S.T., M.T.

Sekretaris : Yuli Darni, S.T., M.T.

Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc.

Dr. Sri Ismiyati D, S.T., M.Eng.

Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung


Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. }
NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 26 Januari 2023

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 7 Juni 2023

Neo Kurniawan
NPM. 1615041027

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bumi Ayu, pada tanggal 29 Juni 1997, sebagai anak keempat dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Mujiono dan Ibu Sumirah. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Swasta 01 Gula Putih Mataram pada Tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 3 Natar pada Tahun 2013 dan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Negeri Unggul Terpadu pada Tahun 2016.

Pada Tahun 2016, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur masuk Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) Universitas Lampung 2016.

Pada Tahun 2019, penulis melakukan Kerja Praktek di PT Pupuk Sriwidjaja (Pusri) Unit Produksi Urea P-IV dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja Waste Heat Boiler pada UNIT Utilitas PUSRI-IV”. Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Dehidrasi Ethanol Pada Kolom Fixed Bed Menggunakan Adsorben Pelet Dari Limbah Abu Dasar Pembakaran Batubara”, dimana penelitian tersebut dipublikasikan pada Tahun 2023. Selama kuliah penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) FT Unila pada periode 2016/2017 sebagai Staff Departemen Kerohanian FT Unila, pada periode 2018 sebagai Ketua Umum Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia

(Himatemia) FT Unila, pada periode 2019 sebagai Gubernur Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Lampung.

MOTTO

“Berbuat Baiklah Kepada Semua Makhluk, Karena Kita Tidak Pernah Tau Kebaikan Mana Yang Akan Kembali Kepada Diri Kita Nanti ”

(Neo Kurniawan, 2023)

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan) tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain”

-(Qs. Al-Insyirah : 6-7)-

Sebuah Karya kecilku....

Dengan segenap hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:

*Allah SWT,
Atas kehendak-Nya semua ini ada
Atas rahmat-Nya semua ini aku dapatkan
Atas kekuatan dari-Nya aku bisa bertahan.*

*Orang tuaku sebagai tanda baktiku, terima kasih atas segalanya,
doa, kasih sayang, pengorbanan, semangat dan keikhlasannya.
Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa dibandingkan dengan berjuta-juta
pengorbanan dan kasih sayang
yang tidak pernah berakhir.*

Kakak dan Adik ku atas segalanya, kasih sayang, semangat dan doa.

*Guru-guruku sebagai tanda hormatku,
terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.*

*Kepada Almamaterku tercinta,
semoga kelak berguna dikemudian hari.*

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Mahakuasa dan Maha Penyayang, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini dengan judul “Prarancangan Pabrik Methanol dari Gas Alam dan *Steam* dengan Kapasitas Tiga Ratus Ribu Ton per tahun” dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Yuli Darni, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
2. Dr. Eng. Dewi A. Iryani, M.T., selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan pengarahan, masukan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
3. Yuli Darni, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, atas semua ilmu, saran, masukan dan pengertiannya dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
4. Prof. Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc. dan Dr. Sri Ismiyati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan ilmu, saran dan kritik, juga selaku dosen atas semua ilmu yang telah penulis dapatkan.

5. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
6. Orangtuaku tercinta atas pengorbanan, doa, cinta dan kasih sayang yang selalu mengiringi disetiap langkahku. Kakak-kakakku atas kasih sayang, doa, dukungan, kepercayaan, ketulusan, bantuan dan semangat.
7. Hanisa Anjar Ramawati selaku kekasih penulis yang membantu penulis bangkit dari keterpurukan masa perkuliahan hingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan baik.
8. Sigit Permadi selaku partner TA, yang telah sabar membantu penulis dalam penyelesaian laporan tugas akhir.
9. Teman-teman seperjuangan angkatan 2016 di Teknik Kimia Universitas Lampung.
10. Kakak-kakak angkatan 1999-2015 dan adik-adik angkatan 2017-2020 yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Terimakasih atas bantuannya selama penulis menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga Allah membalas semua kebaikan mereka terhadap penulis dan semoga skripsi ini berguna dimasa yang akan datang.

Bandar Lampung, Juni 2023

Penulis,

Neo Kurniawan

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
SURAT PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kegunaan Produk	2
1.3 Ketersediaan Bahan Baku	3
1.4 Analisis Pasar dan Kapasitas Pabrik	3
1.5 Lokasi Pabrik	5
II. PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES	
2.1 Pemilihan Proses	7
2.2 Tinjauan Proses	8
2.3 Tinjauan Termodinamika	13
III. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK	
3.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	22

3.2 Spesifikasi Produk	23
IV. NERACA MASSA DAN ENERGI	
4.1 Neraca Massa	25
4.2 Neraca Energi	34
V. SPESIFIKASI ALAT	
5.1 Peralatan Proses	45
5.2 Peralatan Utilitas	68
VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH	
6.1 Unit Pendukung Proses	94
6.2 Unit Pembangkit Tenaga Listrik	111
6.3 Unit Sistem Penyedia Bahan Bakar	111
6.4 Unit <i>Refrigerant</i>	112
6.5 Unit Penyedia Udara Tekan	114
6.6 Pengolahan Limbah.....	114
6.7 Laboratorium.....	115
6.8 Instrumentasi dan Pengendalian Proses	119
VII. LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	
7.1 Lokasi Pabrik	122
7.2 Tata Letak Pabrik	125
7.3 Tata Letak Peralatan Proses	129
VIII. SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN	
8.1 Bentuk Perusahaan	131
8.2 Struktur Organisasi Perusahaan	133
8.3 Tugas dan Wewenang	134
8.4 Status Karyawan dan Sistem Penggajian.....	147
8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan	148
8.6 Jumlah Tenaga Kerja	151
8.7 Kesejahteraan Karyawan	152

IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1 Investasi	162
9.2 Evaluasi Ekonomi	166
9.3 Angsuran Pinjaman	167
9.4 <i>Discounted Cash Flow</i>	168

X. SIMPULAN DAN SARAN

10.1 Simpulan	170
10.2 Saran	170

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A NERACA MASSA

LAMPIRAN B NERACA ENERGI

LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT

LAMPIRAN D UTILITAS

LAMPIRAN E EKONOMI DAN INVESTASI

LAMPIRAN F TUGAS KHUSUS

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Data impor methanol di Indonesia	3
Tabel 2.1. Data nilai (ΔG^0) dan (ΔH^0_{f298}) standar reaktan dan produk	13
Tabel 2.2. Nilai (ΔG^0) dan (ΔH^0) reaktan dan produk pada 298.15 K	15
Tabel 2.3. Konstanta C_p	16
Tabel 2.4. Nilai (ΔH^0_r) pada 543,15 K	17
Tabel 2.5. Nilai (ΔG) pada 543,15 K	19
Tabel 2.6. Perbandingan teknologi proses sintesa methanol.....	19
Tabel 4.1. Neraca Massa pada GF-101.....	25
Tabel 4.2. Neraca Massa pada MP-101	26
Tabel 4.3. Neraca Massa pada RE-101.....	26
Tabel 4.4. Neraca Massa pada RE-102/103	27
Tabel 4.5. Neraca Massa pada MP-102.....	28
Tabel 4.6 Neraca Massa pada RE-201.....	29
Tabel 4.7. Neraca Massa Pada <i>Condesor</i> (CD-201).....	30
Tabel 4.8. Neraca Massa Pada <i>KO Drum 2</i> (KD-201).....	30
Tabel 4.9. Neraca Massa <i>Reactor Methanol</i> (RE-202).....	31
Tabel 4.10. Neraca Massa pads <i>Chiller</i> (CC-301).....	31
Tabel 4.11. Neraca Massa pada <i>KO Drum</i> (KD-301).....	32
Tabel 4.12. Neraca Massa Kolom Distilasi.....	32

Tabel 4.13 Neraca massa condensor A, B dan C (C-301-C-301C).....	33
Tabel 4.14. Neraca massa <i>reboiler</i> A, B dan C (RB-301A-RB-301C).....	34
Tabel 4.15. Data Konstanta Kapasitas Panas	36
Tabel 4.16. Neraca Energi Total Pada GF-101	37
Tabel 4.17. Neraca Energi Total Pada MP-101	37
Tabel 4.18. Neraca Energi Kompresor (CP-101).....	37
Tabel 4.19. Neraca Energi Total Pada HE-101 (CP-101).....	38
Tabel 4.20. Neraca Energi <i>Hydrotreater</i>	38
Tabel 4.21. Neraca Energi <i>Desulfurizer</i>	38
Tabel 4.22. Neraca Energi pada MP-201	39
Tabel 4.23. Neraca Energi Pada <i>Reformer</i>	39
Tabel 4.24. Neraca Energi Total Pada WHB-201	40
Tabel 4.25. Neraca Energi CD-201	40
Tabel 4.26. Neraca Energi KD-201	40
Tabel 4.27. Neraca Energi Kompresor (CP-201)	41
Tabel 4.28 Neraca Energi Total Pada HE-202	41
Tabel 4.29 Neraca Energi Total RE-202	42
Tabel 4.30 Neraca Energi Total EV-301	42
Tabel 4.31 Neraca Energi Total CC-301	43
Tabel 4.32 Neraca energi HE-302	43
Tabel 4.33. Neraca energi DC-301	44
Tabel 5.1. Spesifikasi Gas Filter (GF-101)	45
Tabel 5.2. Spesifikasi Mix Point (MP-101)	46
Tabel 5.3. Spesifikasi Kompresor (CP-101)	46

Tabel 5.4. Spesifikasi Heat Exchanger (HE-101)	47
Tabel 5.5. Spesifikasi HE –102	48
Tabel 5.6. Spesifikasi <i>Superheater</i> (HE-103)	49
Tabel 5.7. Spesifikasi HE-104	50
Tabel 5.8. Spesifikasi HE-105	51
Tabel 5.9. Spesifikasi Blower udara (BW-101).....	52
Tabel 5.10. Tabel 5.10 Spesifikasi blower fluegas (BW-102).....	52
Tabel 5.11. Tabel 5.11 Spesifikasi stack gas (SG-101).....	52
Tabel 5.12. Spesifikasi Hydrotreater (RE-101)	53
Tabel 5.13. Spesifikasi <i>Desulfurizer</i> (RE-102/103)	54
Tabel 5.14. Spesifikasi Mix Point (MP-201)	54
Tabel 5.15. Spesifikasi <i>Reformer</i> (RE-201)	55
Tabel 5.16. Spesifikasi <i>Waste Heat Boiler</i> (HE-201)	55
Tabel 5.17. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-201)	56
Tabel 5.18. Spesifikasi Knock Out Drum (KD-201)	57
Tabel 5.19. Spesifikasi Kompresor (CP-201)	58
Tabel 5.20. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (HE-202)	58
Tabel 5.21. Spesifikasi Reaktor Methanol (RE-202)	59
Tabel 5.22. Spesifikasi <i>Expander Valve</i> (EV-301)	60
Tabel 5.23. Spesifikasi <i>Chiller</i> (CC-301)	61
Tabel 5.24. Spesifikasi <i>Knock Out Drum</i> (KD-301)	62
Tabel 5.25. Spesifikasi Pompa Proses (PP-301)	62
Tabel 5.26. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (HE-203)	63
Tabel 5.27. Spesifikasi Menara Destilasi (DC-301) A,B,C	64

Tabel 5.28. Spesifikasi Kondensor (CD-301) A,B,C	65
Tabel 5.29. Spesifikasi Accumulator (AC-301) A,B,C	66
Tabel 5.30. Spesifikasi Reboiler (RE-301) A,B,C	66
Tabel 5.31. Spesifikasi Tangki Methanol (ST-301).....	67
Tabel 5.32. Spesifikasi Tangki Alum (ST – 401)	68
Tabel 5.33. Spesifikasi Tangki Kaporit (ST – 402)	68
Tabel 5.34. Spesifikasi Tangki Soda Kaustik (ST – 403)	69
Tabel 5.35. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL – 401)	70
Tabel 5.36. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401)	70
Tabel 5.37. Spesifikasi Tangki Air Filter (ST – 404)	71
Tabel 5.38. Spesifikasi Tangki H ₂ SO ₄ (ST-405)	71
Tabel 5.39. Spesifikasi Tangki Dispersant (ST-406)	72
Tabel 5.40. Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST-407)	72
Tabel 5.41. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT – 401)	73
Tabel 5.42. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401)	74
Tabel 5.43. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE – 401)	74
Tabel 5.44. Spesifikasi Tangki Penyimpanan Air Kondensat (ST – 409)	75
Tabel 5.45. Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-410)	75
Tabel 5.46. Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DA – 401).....	76
Tabel 5.47. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401)	76
Tabel 5.48. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403)	77
Tabel 5.49. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403)	78
Tabel 5.50. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404)	78
Tabel 5.51. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405)	79

Tabel 5.52. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406)	79
Tabel 5.53. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407)	80
Tabel 5.54. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408)	81
Tabel 5.55. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409)	81
Tabel 5.56. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410)	82
Tabel 5.57. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411)	82
Tabel 5.58. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412)	83
Tabel 5.59. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-413)	83
Tabel 5.60. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-414)	84
Tabel 5.61. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-415)	85
Tabel 5.62. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416)	85
Tabel 5.63. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-417)	86
Tabel 5.64. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418)	86
Tabel 5.65. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-419)	87
Tabel 5.66. Spesifikasi <i>Recivier</i> (RC-401)	88
Tabel 5.67. Spesifikasi <i>Expander Valve</i> (EV-401)	88
Tabel 5.68. Spesifikasi <i>Chiller</i> (CC-401)	89
Tabel 5.69. Spesifikasi Kompresor (CP-401)	90
Tabel 5.70. Spesifikasi Kondensor (CD-401)	90
Tabel 5.71. Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD – 401)	91
Tabel 5.72. Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-401)	92
Tabel 5.73. Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CYC-401)	92
Tabel 5.74. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 1 (BU – 401)	93
Tabel 5.75. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 2 (BU – 402)	93

Tabel 5.76. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 3 (BU – 403)	93
Tabel 5.77. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 4 (BU – 404).....	94
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Pendingin	98
Tabel 6.2. Peralatan yang membutuhkan <i>Steam</i>	102
Tabel.6.3. Tingkat Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	120
Tabel 6.4. Pengendalian Variabel Utama Proses	121
Tabel.7.1. Pemilihan Lokasi Pabrik	122
Tabel 8.1. Jadwal kerja masing - masing regu	150
Tabel 8.2. Penggolongan Jumlah Tenaga Kerja	151
Tabel 9.1. <i>Fixed capital investment</i>	163
Tabel 9.2. <i>Manufacturing cost</i>	164
Tabel 9.3. <i>General expenses</i>	165
Tabel 9.4. Hasil uji kelayakan ekonomi	169

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Regresi linear kebutuhan impor methanol di Indonesia.....	4
Gambar 1.2. Lokasi rencana pendirian pabrik	5
Gambar 2.1. Diagram Proses Sintesis Metanol Tekanan Rendah - ICI.....	9
Gambar 2.2. Diagram Proses Sintesis Metanol Tekanan Rendah - Lurgi	10
Gambar 2.3. Diagram Proses Sintesis Metanol Tekanan Rendah/Sedang	7
Gambar 2.4. Diagram Proses Sintesis Metanol Tekanan Sedang.....	12
Gambar 2.5. Diagram Proses Sintesis Metanol Tekanan Sedang	13
Gambar 6.1. <i>Cooling Tower</i>	100
Gambar 6.2. <i>Diagram Cooling Water System</i>	101
Gambar 6.3. <i>Deaerator</i>	103
Gambar 6.4. Diagram Alir Pengolahan Air	104
Gambar 6.5. Diagram Alir Unit refrigerant	112
Gambar 7.1. Peta Lokasi Pabrik	123
Gambar 7.2. Tata Letak Pabrik	128
Gambar 7.3. Tata Letak Alat Proses	131
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan	137
Gambar 9.1. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i>	168

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metil alkohol atau yang lebih dikenal dengan sebutan metanol merupakan produk industri hulu petrokimia yang mempunyai rumus molekul CH_3OH . Metanol mempunyai berat molekul 32,043 g/mol dan berwujud cair pada suhu lingkungan dan tekanan atmosferis. Titik didih metanol sebesar $64,7^\circ\text{C}$ dan titik leburnya sebesar $-98,68^\circ\text{C}$. Metanol mempunyai sifat mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas.

Metanol merupakan bahan kimia dasar yang banyak digunakan dalam berbagai industri sebagai senyawa *intermediate* yang menjadi bahan baku berbagai industri antara lain: industri asam asetat, *formaldehid*, *Methyl Tertier Buthyl Eter* (MTBE), *polyvinyl*, *polyester*, *rubber*, resin sintetis, farmasi, *Dimethyl Ether* (DME), dan lain sebagainya. Untuk Indonesia sendiri, 80% pembeli metanol adalah industri *formaldehid* yang menghasilkan *adhesives* untuk *plywood* dan industri *wood processing* lainnya. (Indonesian Commercial Newsletter, 2010)

Metanol juga diproyeksikan sebagai bahan bakar alternatif masa depan karena memiliki bilangan oktan yang tinggi dengan pembakaran yang lebih sempurna

sehingga gas karbon monoksida sebagai hasil samping reaksi utama yang dihasilkan semakin sedikit. Selain dapat digunakan sebagai bahan bakar langsung, metanol dapat dikonversikan menjadi etilen atau propilen pada proses *Methyl-to-Olefins* (MTO) yang dapat menghasilkan *hydrocarbon fuels*. (Nonam Park et al., 2014)

Saat ini Indonesia baru memiliki satu pabrik metanol yakni PT Kaltim Methanol Industri (PT KMI) dengan kapasitas terpasang sebesar 660.000 MTPY dan *Pure Methanol grade AA* (purity min 99,85%). Dalam prosesnya pabrik metanol ini menggunakan gas alam dari Badak Gas Field Center sebagai bahan baku. Produksi dari PT. Kaltim Methanol Industri telah dipasarkan berbagai wilayah Indonesia maupun luar negeri. Untuk pemasaran luar negeri dilakukan oleh Sojitz Corporation sebesar 70% (480.000 MT) dan sisanya 30% (180.000 MT) untuk wilayah Indonesia oleh PT. Humpuss. (Airlangga Hartarto, 2016)

1.2 Kegunaan Produk

Kegunaan dari Methanol adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan baku industri kimia seperti turunan produk methil dan formaldehid
2. Bahan baku pembuatan biodiesel
3. Dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor
4. Digunakan sebagai pelarut

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama berupa gas alam yang didapatkan dari PT. Pertamina yang berlokasi di Prabumulih

1.4 Analisis Pasar dan Kapasitas Pabrik

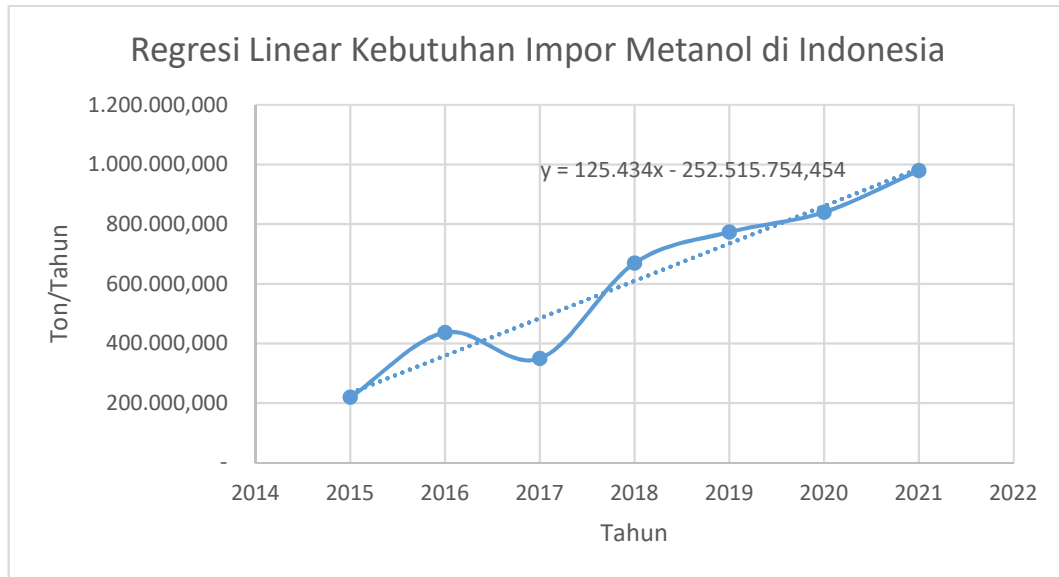
Jumlah impor methanol di Indonesia pada berapa tahun terakhir adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1 Data impor methanol di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2015	219.413,820
2016	436.987,818
2017	350.026,050
2018	669.945,889
2019	773.651,427
2020	840.408,303
2021	979.974,157

Sumber : BPS, 2021

Berdasarkan data kebutuhan impor methanol di Indonesia dari Tabel 1.1, diperoleh persamaan regresi linier, $y = 125.434x - 252.515.754$. Apabila diproyeksikan pada tahun 2025 diperkirakan kebutuhan methanol mencapai sekitar 1.488.095,548 Ton/Tahun (Gambar 1.1).



Gambar 1.1 Regersi linear kebutuhan impor methanol di Indonesia

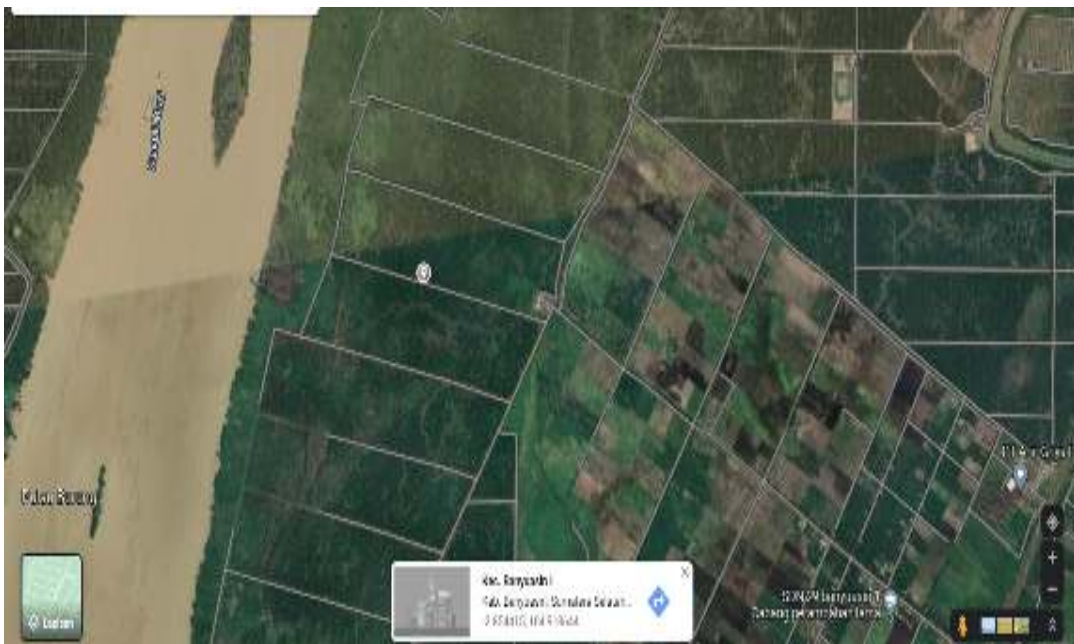
Berdasarkan hasil pendekatan regresi linier di atas kapasitas produksi pabrik methanol direncanakan sebesar 300.000 ton/tahun atau sekitar 20% kebutuhan.

Dengan kapasitas sebesar ini diharapkan:

- Dapat mengurangi impor methanol dari negara lain yang terus mengalami peningkatan, sehingga kebutuhan dalam negeri dapat terpenuhi dengan hasil produksi industri pabrik lokal.
- Dapat menggerakkan pertumbuhan industri dengan membuka kesempatan berdirinya industri lain yang menggunakan methanol sebagai bahan baku.
- Membuka lapangan kerja kepada penduduk di sekitar wilayah industri yang akan didirikan.

1.5 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi merupakan hal yang penting dalam perancangan suatu pabrik sehingga diperlukan pertimbangan yang matang. Hal ini dikarenakan lokasi pabrik sangat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan, penentuan kelangsungan produksi dan eksistensinya di masa datang serta meminimalisasi biaya produksi dan distribusi.



Gambar 1.2 Lokasi rencana pendirian pabrik (www.google.co.id/maps)

Adapun lokasi pendirian pabrik methanol adalah di Kecamatan Banyuasin 1, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan suatu pabrik sehingga penyediaan bahan baku sangat diprioritaskan. Lokasi pabrik ini cukup

tepat mengingat sumber bahan baku gas alam diperoleh dari PT. Pertamina Plaju. Dengan lokasi pabrik yang dekat bahan baku dapat juga mengurangi biaya transportasi bahan baku.

2. Sistem transportasi

Sistem transportasi di daerah ini, meliputi jalan raya, kereta api, bandara dan pelabuhan, relatif mudah dan sudah tersedia bagi kepentingan umum sehingga juga memudahkan distribusi produk.

3. Sarana pendukung utilitas

Fasilitas pendukung berupa air, listrik dan bahan bakar tersedia cukup memadai karena merupakan kawasan industri.

4. Ketersediaan tenaga kerja

Tenaga kerja baik yang berpendidikan tinggi, menengah maupun tenaga kerja terampil tersedia dalam jumlah yang cukup.

5. Stabilitas kondisi daerah

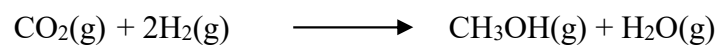
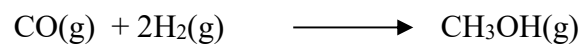
Di daerah Banyuasin masih tersedia lahan yang cukup luas, dengan fasilitas penunjang seperti listrik, air, dan bahan bakar yang cukup baik. Kondisi daerah cukup stabil dan keadaan iklimnya normal. Hal ini sangat menunjang operasional pabrik agar dapat berjalan dengan lancar.

BAB II

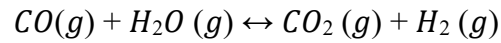
PEMILIHAN DAN DESKRIPSI PROSES

2.1 Pemilihan Proses

Metanol dapat diproduksi dari proses hidrogenasi karbon dioksida dengan bantuan katalis. Secara umum, reaksi sintesis metanol pada fase gas pada katalis berbasis Cu dapat disajikan sebagai berikut :



Reaksi diatas merupakan reaksi eksotermis dan terjadi penurunan jumlah mol atau volum. Untuk mencapai konversi kesetimbangan yang tinggi berdasar prinsip kesetimbangan, maka diinginkan proses yang memiliki tekanan tinggi dan bersuhu rendah. Namun di sisi lain, reaksi ini berlangsung atas bantuan katalis padat sehingga memerlukan suhu yang tinggi untuk mencapai kecepatan reaksi yang tinggi. Dengan demikian, diperlukan sebuah proses optimasi suhu demi mendapatkan konversi yang optimal. Selain reaksi di atas, terdapat reaksi lain yang dapat terjadi yaitu reaksi water-gas shift:



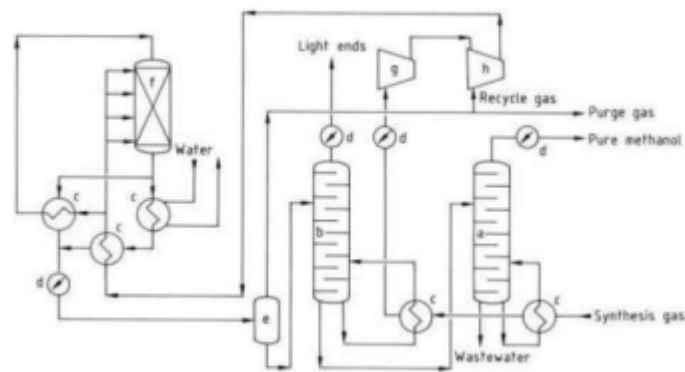
Pada sintesis metanol, pemilihan jenis katalis berperan penting dalam mempengaruhi kondisi operasi sintesis methanol. Masing-masing katalis memiliki aktivitas katalitik yang optimum pada kondisi tertentu, misal katalis Cu/Zn/Al₂O₃ bekerja baik pada kondisi operasi suhu 180°C – 280°C dan tekanan 15 bar - 51 bar dimana dengan proses hidrogenasi karbon dioksida menggunakan katalis Cu/Zn/Al₂O₃ produk utama yang dihasilkan yaitu 7 metanol, CO, dan air. Metan, dimetileter, dan metil formiat juga dihasilkan dari reaksi, tetapi selektivitas terhadap produk kurang dari 0,1%. (Saito et al.,1998)

2.2 Tinjauan Proses

1. Proses Sintesis Metanol Tekanan Rendah – ICI

Proses ini mulai dikembangkan pada tahun 1960 – an oleh perusahaan pengembangan proses Imperial Industries, Ltd. Proses 9 sintesis ini menggunakan tekanan rendah dengan katalis berbasis Cu. Penggunaan katalis Cu sudah dikembangkan pada tahun 1920 – an, tetapi penggunaan katalis tersebut belum digunakan dalam proses sintesis metanol pada saat itu. Hal tersebut dikarenakan katalis berbasis Cu dapat teracuni jika terdapat senyawa sulfur pada umpan reactor sehingga proses sintesis metanol tekanan rendah dengan katalis berbasis Cu dapat dikembangkan

saat tersedia teknologi pemisahan sulfur dari syngas. Proses ini menggunakan umpan syngas yang mengandung karbon monoksida, karbon dioksida, hidrogen, dan metana. Untuk mengatur rasio CO/H₂ digunakan shift-converter. Umpan kemudian dinaikkan tekanannya hingga 50 atm pada kompresor jenis sentrifugal, kemudian diumpankan ke dalam reaktor jenis quench pada suhu operasi 250°C. Quench converter berupa single bed yang mengandung katalis pendukung yang bersifat inert. Hasil reaksi berupa crude methanol yang mengandung air, dimetil eter, ester, besi karbonil, dan alkohol lain. Hasil reaksi tersebut kemudian didinginkan dan crude methanol dipurifikasi dengan cara distilasi. Dalam pengembangannya, karena dianggap kurang menguntungkan, ICI mengganti jenis reaktor yang digunakan dari quench reactor menjadi tube



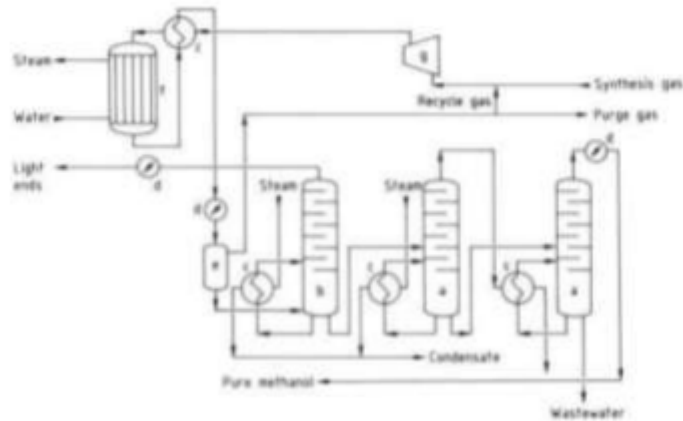
berpendingin yang pada prinsipnya sama dengan yang digunakan oleh Lurgi (Lee, 1990).

Gambar 2.1 Diagram Proses Sintesis Metanol Tekanan Rendah - ICI

2. Proses Sintesis Metanol Tekanan Rendah – Lurgi

Pada proses sintesis metanol dengan teknologi Lurgi, digunakan reaktor yang beroperasi pada kisaran suhu 220°C – 260°C dan kisaran tekanan 40

– 100 bar. Desain reaktor berbeda dari pendahulunya, teknologi ICI. Pada teknologi Lurgi digunakan reaktor quasi isothermal shell and tube, reaksi metanol terjadi di tube side yang berisi katalis dan pada shell side dialirkan pendingin. Selain itu, pada teknologi ini, peranan reaktor juga sebagai



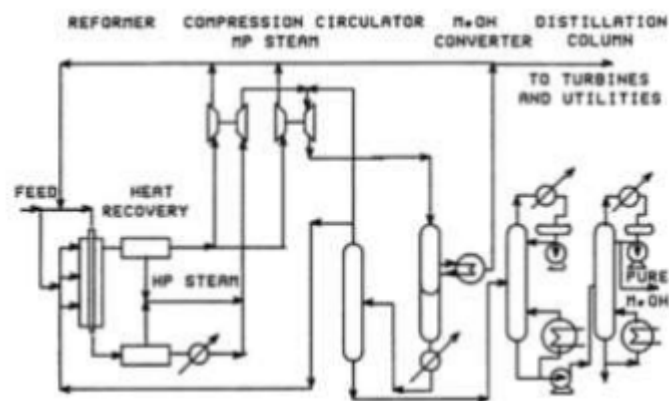
pembangkit steam bertekanan 40-50 bar (Lee,1990).

Gambar 2.2 Diagram Proses Sintesis Metanol Tekanan Rendah - Lurgi

3. Proses Sintesis Metanol Tekanan Rendah dan Sedang – Mitsubishi Gas Chemical (MGC)

Pada proses sintesis metanol dengan teknologi MGC, sintesis metanol masih menggunakan katalis berbasis tembaga (Cu) dengan kondisi operasi reaktor pada kisaran suhu 200°C – 280°C dan kisaran tekanan 50 – 150 atm. Pada awalnya perusahaan Jepang ini menggunakan tekanan 150 atm, namun kemudian dikembangkan untuk tekanan kurang dari 100 atm. Proses MGC menggunakan reaktor dengan double-walled tubes dimana pada bagian anulus diisi dengan katalis. Syngas mengalir melalui pipa bagian dalam sedangkan pipa bagian luar dialiri oleh air pendingin (Ullmann,2005).

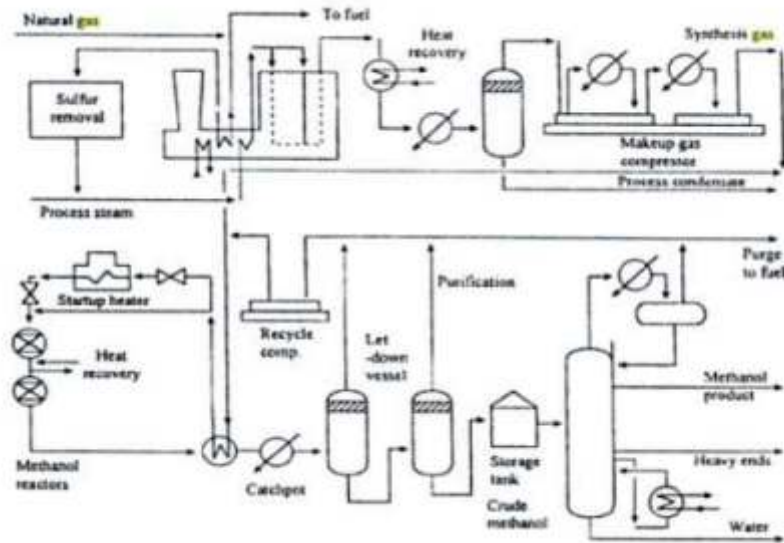
Proses MGC menggunakan hidrokarbon sebagai umpan. Umpan dihilangkan kandungan sulfurnya sebelum masuk ke steam reformer yang beroperasi pada 500°C . Arus keluar dari steam reformer bersuhu 800°C – 850°C yang mengandung karbon monoksida, karbon dioksida, dan hidrogen. Selanjutnya syngas yang dihasilkan dinaikkan tekanannya dengan kompresor sentrifugal dan dicampur dengan arus recycle sebelum diumpankan ke dalam reaktor (Lee,1990).



Gambar 2.3 Diagram Proses Sintesis Metanol Tekanan Rendah/Sedang – MGC

4. Proses Sintesis Metanol Tekanan Sedang – Kellogg

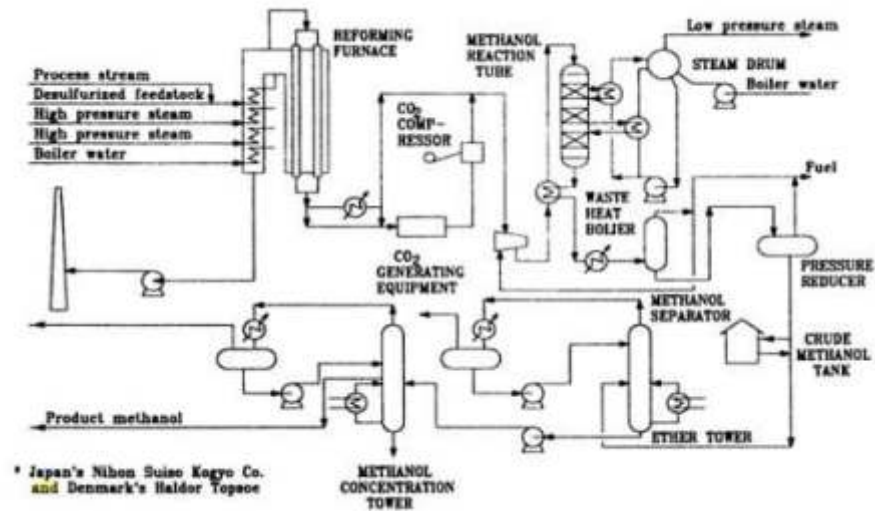
M.W. Kellogg Co. memperkenalkan reaksi sintesis yang sangat berbeda, tetapi pada dasarnya merupakan reaktor tipe adiabatik. Reaktor berbentuk bulat dan didalamnya berisi tumpukan katalis. Gas sintesis mengalir melalui beberapa bed reaktor yang tersusun aksial berseri. Kebalikan dari proses ICI, panas reaksi yang dihasilkan dikontrol dengan intermediate coolers. Proses ini menggunakan katalis tembaga dan beroperasi pada rentang suhu 200°C - 280°C serta tekanan 100-150 atm. (Ullmann,2005)



Gambar 2.4 Diagram Proses Sintesis Metanol Tekanan Sedang – Kellogg

5. Proses Sintesis Metanol Tekanan Sedang –Nissui Topsoe

Skema reaktor dari proses Nissui Topsoe dari Denmark didesain oleh Nihin Suiso Kogyo of Japan. Reaktor yang digunakan bertipe adiabatik dengan aliran radial berjumlah tiga yang masing-masing memiliki satu tumpukan katalis dan penukar panas internal. Sintesis gas mengalir secara radial melalui katalis bed. Tekanan operasi dari proses ini diatas 150 bar dan suhu operasi 200°C-310°C. Produk pertama perlu didinginkan sebelum reaktor kedua,. Hasil pendinginan berupa uap (steam) bertekanan rendah. Katalis yang digunakan berupa Cu-Zn-Cr yang aktif pada 230°C-280°C dan 100-200 atm. (Lee,1990).



Gambar 2.5 Diagram Proses Sintesis Metanol Tekanan Sedang -Nissui Topsoe

Tabel 2.1 Perbandingan teknologi proses sintesa metanol

No.	Spesifikasi	ICI	Lurgi	MGC	Kellog	Nissui Tpsoe
1	-Tekanan (bar) -Suhu (°C)	50-100 220-280	40-100 220-360	50-150 200-280	100-150 200-280	100-200 200-310
2	Jenis Reaktor	Quench	Shell and Tube	Annular	Shell and Tube	Shell and Tube
3	Kelebihan	Paling banyak digunakan pada industri	Efisiensi termal dan selektivitas yang tinggi, suhu lebih stabil	Profil suhu ideal, katalis yang dibutuhkan sedikit	Kecepatan dan kapasitas produksi tinggi	Kecepatan dan kapasitas produksi tinggi
4	Kekurangan	Efisiensi termal rendah	Kapasitas produksi tidak terlalu besar	Rumit dan biaya reaktor mahal	Tingginya kondisi operasi menurunkan selektivitas	Tingginya kondisi operasi menurunkan selektivitas

Dari berbagai proses di atas, dipilih proses sintesis metanol menggunakan reaktor Lurgi (reaktor fixed bed multitube) dengan pertimbangan sebagai berikut :

a. Perpindahan Panas Baik

Dengan reaktor multitube, adanya tube akan memperluas bidang kontak antara reaktan dan media pendinginnya. Semakin luas bidang perpindahan panas, semakin cepat kecepatan perpindahan panasnya. Reaksi sintesis metanol merupakan reaksi eksotermis. Sehingga, perpindahan panas yang cepat diperlukan untuk mengontrol suhu reaksi sintesis metanol dengan baik.

b. Selektivitas Produk Tinggi

Pada proses ini digunakan katalis berbasis tembaga dengan pendukung berupa senyawa seng dan aluminium ($\text{Cu/ZnO/Al}_2\text{O}_3$). Penggunaan katalis berbasis tembaga telah terbukti memiliki selektivitas tinggi terhadap produk metanol, sehingga mayoritas pabrik metanol saat ini menggunakan katalis tersebut.

c. Fabrikasi Reaktor Relatif Sederhana

Reaktor yang digunakan ini mirip dengan heat exchanger (HE) jenis multitube, yang merupakan alat yang umum digunakan di pabrik kimia. Dengan perkembangan teknologi pembuatan HE yang semakin maju, pembuatan reaktor dengan jenis ini relatif mudah dilakukan.

d. Kondisi Operasi Termasuk Kategori Rendah Penggunaan jenis reaktor dan katalis pada proses Lurgi ini, kondisi operasi yang diperlukan tidak terlalu ekstrim ($P < 100 \text{ atm}$, $T < 300 \text{ }^\circ\text{C}$). Sebagai pembanding, proses sintesis metanol skala industri yang pertama kali didirikan (Proses BASF), memiliki tekanan operasi 300 atm dan dengan suhu yang ekstrim. Dengan kondisi operasi proses Lurgi, tebal alat yang dipakai cukup wajar, sehingga harga

material reaktor relatif murah. Selain itu, kondisi operasi yang semakin rendah, berdampak pada hazard bawaan dari proses yang akan semakin rendah.

BAB III
SPEKIFIKASI BAHAN DAN PRODUK

3.1 Spesifikasi Bahan Baku

3.1.1 Spesifikasi *Natural Gas*

GHV	: 1.050 -1.170 BTU/SCF
Methana	: min. 85% w/w
Ethana	: max. 9,2% w/w
Propana	: max. 3% w/w
Butana	: max. 2% w/w
Pentana	: max. 0,25% w/w
Nitrogen	: max. 1.25% w/w
Oksigen	: max. 0,5% w/w
<i>Total Sulphur</i>	: max. 10 ppm
Kadar Air	: max. 112 Kg/MMSCM

3.1.2 Spesifikasi Air

TDS	: max. 700 – 3500 ppm
TSS	: max. 15 ppm
ALK	: max. 350 ppm
Konduktivitas	: max. 1.100 – 5.400 μ mho/cm

Silika (SiO ₂)	: max. 150 ppm
Total Iron (Fe)	: max. 0,1 ppm
Oksigen Terlarut (O ₂)	: max. 0,007 ppm
Total Tembaga (Cu)	: max. 0,05 ppm
<i>Hardness</i> (CaCO ₃)	: max. 0,3 ppm
pH @25°C	: 8,3 – 10
<i>Nonvolatile TOC</i> (C)	: max. 1 ppm

3.2 Spesifikasi Produk

3.2.1 Spesifikasi Metanol

Aseton	: 0,002% w/w
<i>Acidity</i> (asam asetat)	: 0,003% w/w
Ethanol	: max. 0,001% w/w
<i>Nonvolatile Matter</i>	: max. 10 mg/100 ml
<i>Specific Gravity @2 °C</i>	: max. 0,7928
Kadar Air	: max. 0,1% w/w
Kemurnian	: min. 99 % w/w

BAB X

SIMPULAN DAN SARAN

10.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Methanol dengan kapasitas 300.000 ton per tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak sebesar 42,91 %.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 1,98 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 57,39 % dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 46,08 %, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 41,91 %, lebih besar dari suku bunga bank saat ini, sehingga investor akan lebih memilih untuk menanamkan modalnya ke pabrik ini daripada ke bank

10.2 Saran

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pabrik Methanol dengan kapasitas 300.000 ton per tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, S., Sutijan & Hidayat, M., 2012. Studi Simulasi pada Unit Reformer Primer di PT Pupuk Sriwidjaya Palembang. *Jurnal Rekayasa Proses*, 6(2), pp. 1-7.
- Airlangga,H.,<https://www.merdeka.com/uang/menperin-kebutuhan-methanol-besar-tapi-ri-cuma-punya-satu-pabrik.html> diakses 22 Maret 2021
- Brown.G.George., 1950, *Unit Operation 6^{ed}*, Wiley&Sons, USA.
- Brownell.L.E. and Young.E.H., 1959, *Process Equipment Design 3^{ed}*, John Wiley & Sons, New York.
- Bussche, K. M. V. & Froment, F. G., 1995. A Steady-State Kinetic Model for Methanol Synthesis and the Water Gas Shift Reaction on a Commercial Cu/ZnO/Al₂O₃ Catalyst. *JOURNAL OF CATALYSIS*, pp. 1-10.
- Coulson.J.M. and Ricardson.J.F., 1983, *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon Press Inc, New York.
- EnggCyclopedia, n.d. Sample Problem – Vertical Knock Out Drum Sizing Calculations. [Online] Available at: <https://www.enggcyclopedia.com/> [Accessed 5 5 2021].
- The Engineering ToolBox, 2021. [Online] Available at: <https://www.engineeringtoolbox.com/>[Accessed 5 july 2021].

- Fogler.A.H.Scott, 1999, *Elements of Chemical Reaction Engineering*, Prentice Hall International Inc, New Jersey.
- Frank, L. & Evans, J., 1979. *Equipment Design Handbook for Refineries and Chemical Plants*. 2nd ed. London: Gulf Publishing Company
- Geankoplis.Christie.J., 1993, *Transport Processes and unit Operation 3th^{ed}*, Allyn & Bacon Inc, New Jersey.
- Himmeblau.David., 1996, *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*, Prentice Hall Inc, New Jersey.
- Indonesian Commercial Newsletter., 2010, “Industri Methanol di Indonesia”, [www.datacon.co.id /Gasalam2010Methanol.html](http://www.datacon.co.id/Gasalam2010Methanol.html), diakses pada 20 Maret 2021
- Kern.D.Q., 1983, *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Kirk, R.E and Othmer, D.F., 2006, “Encyclopedia of Chemical Technology”, 4nd ed., vol. 17., John Wiley and Sons Inc., New York.
- Levenspiel.O., 1972, *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*, John Wiley and Sons Inc, New York.
- McCabe.W.L. and Smith.J.C., 1985, *Operasi Teknik Kimia*, Erlangga, Jakarta.
- Megyesy.E.F., 1983, *Pressure Vessel Handbook*, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.

- Perry.R.H. and Green.D., 1997, *Perry's Chemical Engineer Handbook 7th ed*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Peter.M.S. and Timmerhause.K.D., 1991, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3^{ed}*, McGraww-Hill Book Company, New York.
- Powell, S.T., 1954, "Water Conditioning for Industry", Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Smith.J.M. and Van Ness.H.C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 3^{ed}*, McGraww-Hill Inc, New York.
- Rami, . D. et al., 2017. Kinetics of thiophene hydrodesulfurization over a supported Mo-Co-Ni catalyst. *Comptes Rendus Chimie*, pp. 1-11
- Treyball.R.E., 1983, *Mass Transfer Operation 3^{ed}*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Twiggs, M. V., 1996. Catalyst Handbook. 2nd ed. London: Manson Publishing Ltd.
- Ulmann, 2007. "Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry". VCH Verlagsgesell Scahft, Wanheim, Germany.
- Ulrich.G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.
- Vaxiri, R. S. & Bable, . M. U., 2019. Removal of Hydrogen Sulfide with Metal Oxides in Packed Bed Reactors. *Applied Sciences*, pp. 1-24
- Wahyu, 2010, *Proses Pengolahan Air*, www.zeofilt.wordpress.com, Indonesia
- Wallas. S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers, Stoneham USA.

Xu, J. & F. Froment, G. F., 1989. Methane Steam Reforming, Methanation and Water-Gas Shift: 1. Intrinsic Kinetics. *AIChE Journal*, 39(1), pp. 1-9.

Yaws, C.L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, Mc Graw Hill Book Co., New