

# **PRARENCANA PABRIK**

## **PRARENCANA PABRIK DIMETHYL ETHER (DME) DARI GAS ALAM DENGAN PROSES SINTESA LANGSUNG KAPASITAS 7.200 TON/TAHUN**



**Diajukan oleh:**

**Cicilia Setyabudi                      NRP: 5203011014**

**Stefani Tanda                              NRP: 5203011022**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA  
SURABAYA  
2015**

# LEMBAR PENGESAHAN

Seminar **PRARENCANA PABRIK** bagi mahasiswa tersebut dibawah ini:

**Nama : Cicilia Setyabudi**

**NRP : 5203011014**

Telah diselenggarakan tanggal 28 Mei 2015, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** jurusan **Teknik Kimia**.

Surabaya, 22 Juni 2015

Pembimbing I

Pembimbing II

**Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS.**  
NIK. 521.87.0127

**Ir. Setiyadi, MT.**  
NIK. 521.88.0137

## Dewan Penguji

Ketua

Sekretaris

**Herman Hindarso, MT.**  
NIK. 521.95.0221

**Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS.**  
NIK. 521.87.0127

Anggota

Anggota

**Ir. Nani Indraswati**  
NIK. 521.86.0121

**Ir. Setiyadi, MT.**  
NIK. 521.88.0137

## Mengetahui

Fakultas Teknik  
Dekan  
  
**Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D**  
NIK. 521.93.0198

Jurusan Teknik Kimia  
Ketua  
  
**Wenny Irawaty, Ph.D**  
NIK. 521.97.0284

## LEMBAR PENGESAHAN

Seminar **PRARENCANA PABRIK** bagi mahasiswa tersebut dibawah ini:

**Nama : Stefani Tanda**

**NRP : 5203011022**

Telah diselenggarakan tanggal 28 Mei 2015, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** jurusan **Teknik Kimia**.

Surabaya, 22 Juni 2015

Pembimbing I

**Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS.**  
**NIK. 521.87.0127**

Pembimbing II

**Ir. Setiyadi, MT.**  
**NIK. 521.88.0137**

### Dewan Penguji

Ketua

**Herman Hindarso, MT.**  
**NIK. 521.95.0221**

Sekretaris

**Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS.**  
**NIK. 521.87.0127**

Anggota

**Ir. Nani Indraswati**  
**NIK. 521.86.0121**

Anggota

**Ir. Setiyadi, MT.**  
**NIK. 521.88.0137**

Mengetahui

Fakultas Teknik  
Dekan

**Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D**  
**NIK. 521.93.0198**

Jurusan Teknik Kimia  
Ketua

**Wenny Irawaty, Ph.D**  
**NIK. 521.97.0284**

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan prarencana pabrik ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui bahwa laporan prarencana pabrik ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa laporan prarencana pabrik ini tidak dapat saya gunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Surabaya, 22 Juni 2015

Mahasiswa yang bersangkutan,



**Cicilia Setyabudi**  
**5203011014**

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan prarencana pabrik ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui bahwa laporan prarencana pabrik ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa laporan prarencana pabrik ini tidak dapat saya gunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Surabaya, 22 Juni 2015

Mahasiswa yang bersangkutan,



**Stefani Tanda**  
**5203011022**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya yang memberikan hikmat kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan tugas akhir mengenai “Prarencana Pabrik Dimethyl Ether (DME) dari Gas Alam dengan Proses Sintesa Langsung” tepat waktu dan sesuai dengan apa yang diharapkan.

Terselesaikannya tugas akhir ini tentunya tak lepas dari bantuan serta dukungan baik secara materi maupun moral dari banyak pihak. Maka dari itu tak salah kiranya penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS dan Bapak Ir. Setiyadi, MT selaku pembimbing tugas akhir;
2. Bapak Herman Hindarso, ST., MT. dan Ibu Ir. Nani Indraswati selaku penguji;
3. Ibu Wenny Irawaty, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya;
4. Bapak Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya;
5. Ayah dan Ibu tercinta, serta rekan-rekan mahasiswa atas dukungan, semangat dan masukan yang membangun selama penyusunan tugas akhir.

Akhir kata, penulis berharap agar tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi ilmu pengetahuan serta bermanfaat bagi banyak pihak. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini baik dalam hal materi serta teknik penyajiannya. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Terima kasih.  
Surabaya, 22 Juni 2015

Penulis

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
INTISARI .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	I-1
I.1. Latar Belakang.....	I-1
I.2. Sifat – Sifat Bahan Baku dan Produk .....	I-2
I.3. Kegunaan dan Keunggulan Produk .....	I-5
I.4. Ketersediaan Bahan Baku dan Analisis Pasar .....	I-6
BAB II URAIAN DAN PEMILIHAN PROSES.....	II-1
II.1. Proses Pembuatan Produk .....	II-1
II.2. Pemilihan Proses .....	II-2
II.3. Uraian Proses .....	II-2
BAB III NERACA MASSA .....	III-1
III.1. <i>Fixed Bed Reactor</i> (R-120).....	III-1
III.2. <i>Slurry Reactor</i> (R-130) .....	III-1
III.3. Kondenser (E-234).....	III-2
III.4. Menara Destilasi (D-140) .....	III-2
BAB IV NERACA PANAS.....	IV-1
IV.1. <i>Furnace</i> (Q-121).....	IV-1
IV.2. <i>Fixed Bed Reactor</i> (R-120).....	IV-1
IV.3. <i>Cooler I</i> (E-132) .....	IV-2
IV.3. <i>Cooler II</i> (E-133) .....	IV-2
IV.5. <i>Slurry Reactor</i> (R-130) .....	IV-3
IV.6. Kondenser (E-234) .....	IV-3
IV.7. Menara Distilasi (D-140).....	IV-4
IV.7. <i>Cooler III</i> (E-142).....	IV-4
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN .....	V-1
V.1. Tempat penyimpanan gas alam (F-110) .....	V-1
V.2. Blower I (G-111).....	V-1
V.3. Tangki penyerapan uap air (A-112) .....	V-2
V.4. <i>Furnace</i> (Q-121).....	V-2
V.5. <i>Fixed bed reactor</i> (R-120) .....	V-3
V.6. Kompresor (G-131).....	V-3
V.7. <i>Cooler I</i> (E-132).....	V-4
V.8. <i>Cooler II</i> (E-133).....	V-4
V.9. <i>Slurry reactor</i> (R-130).....	V-5
V.10. Kondenser (E-234).....	V-5
V.11. Drum Separator I (H-235).....	V-6
V.12. Menara distilasi (D-140) .....	V-7

V.13. Reboiler Menara Distilasi (E-141).....	V-7
V.14. Cooler III (E-142) .....	V-8
V.15. Kondenser Menara Distilasi (E-343) .....	V-8
V.16. Drum Separator II (H-344) .....	V-9
V.17. Tangki penyimpanan DME (F-150).....	V-9
V.18. Tangki penyimpanan Metanol (F-160) .....	V-10
<b>BAB VI LOKASI, TATA LETAK PABRIK DAN ALAT, INSTRUMENTASI DAN SAFETY .....</b>	<b>VI-1</b>
VI.1. Lokasi Pabrik .....	VI-1
VI.2. Tata Letak Pabrik dan Alat .....	VI-3
VI.3. Instrumentasi .....	VI-7
VI.4. Pertimbangan Keselamatan Lingkungan .....	VI-8
<b>BAB VII UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH .....</b>	<b>VII-1</b>
VII.1. Air.....	VII-1
VII.2. <i>Steam</i> .....	VII-26
VII.3. Minyak pendingin .....	VII-28
VII.4. Bahan Bakar .....	VII-31
VII.5. Listrik .....	VII-35
VII.4. Pengolahan Limbah.....	VII-38
<b>BAB VIII DESAIN PRODUK DAN KEMASAN .....</b>	<b>VIII-1</b>
VIII.1. Desain Produk.....	VIII-1
VIII.2. Desain Logo Kemasan .....	VIII-1
VIII.3. Desain Tangki Kontainer dan Tabung gas DME.....	VIII-2
<b>BAB IX STRATEGI PEMASARAN .....</b>	<b>IX-1</b>
IX.1. Target Pasar .....	IX-1
IX.2. Strategi Pemasaran .....	IX-1
<b>BAB X STRUKTUR ORGANISASI .....</b>	<b>X-1</b>
X.1. Struktur Organisasi Perusahaan .....	X-1
X.2. Deskripsi Tugas Masing-Masing Jabatan .....	X-1
X.3. Tenaga Kerja.....	X-5
<b>BAB XI ANALISA EKONOMI.....</b>	<b>XI-1</b>
XI.1. Penentuan Modal Tetap / <i>Total Capital Investment</i> (TCI).....	XI-1
XI.2. Penentuan Biaya Produksi Total / <i>Total Production Cost</i> (TPC).....	XI-2
XI.3. Analisa Ekonomi dengan Metode <i>Discounted Cash Flow</i> .....	XI-3
XI.4. Analisa Sensitivitas.....	XI-11
<b>BAB XII DISKUSI DAN KESIMPULAN.....</b>	<b>XII-1</b>
XII.1. Diskusi.....	XII-1
XII.2. Kesimpulan.....	XII-2
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xii</b>
<b>APPENDIX A NERACA MASSA.....</b>	<b>A-1</b>
A.1. Fixed Bed Reactor (R-120).....	A-1
A.2. Slurry Reactor (R-130).....	A-3
A.3. Kondenser (E-234).....	A-4
A.4. Menara Destilasi (D-140).....	A-5
<b>APPENDIX B NERACA PANAS.....</b>	<b>B-1</b>
B.1. Basis dan data cp.....	B-1
B.2. Furnace (Q-121).....	B-2
B.3. Fixed Bed Reactor (R-120).....	B-4



B.4. Cooler I (E-132).....	B-7
B.5. Cooler II (E-133).....	B-9
B.6. Slurry Reactor (R-130).....	B-11
B.7. Kondenser (E-234).....	B-14
B.8. Menara Destilasi (D-140).....	B-18
B.9. Cooler III (E-142).....	B-23
APPENDIX C SPESIFIKASI PERALATAN.....	C-1
C.1. Tempat penyimpanan gas alam (F-110).....	C-1
C.2. Blower I (G-111).....	C-5
C.3. Tangki penyerapan uap air (A-112).....	C-7
C.4. Furnace (Q-121).....	C-9
C.5. Fixed bed reactor (R-120).....	C-13
C.6. Kompresor (G-131).....	C-20
C.7. Cooler I (E-132).....	C-22
C.8. Cooler II (E-133).....	C-26
C.9. Slurry reactor (R-130).....	C-30
C.10. Kondenser (E-234).....	C-36
C.11. Drum Separator I (H-235).....	C-41
C.12. Menara distilasi (D-140).....	C-43
C.13. Reboiler Menara Distilasi (E-141).....	C-51
C.14. Cooler III (E-142).....	C-55
C.15. Kondenser Menara Distilasi (E-343).....	C-59
C.16. Drum Separator II (H-344).....	C-64
C.17. Tangki penyimpanan DME (F-150).....	C-67
C.18. Tangki penyimpanan Metanol (F-160).....	C-70
APPENDIX D PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI.....	D-1
D.1. Perhitungan Harga Alat.....	D-1
D.2. Perhitungan Harga Bahan Baku.....	D-3
D.3. Perhitungan Harga Utilitas.....	D-4
D.4. Perhitungan Harga Jual Produk.....	D-7
D.5. Perhitungan Gaji Karyawan.....	D-8
D.6. Perhitungan Harga Tanah dan Bangunan.....	D-10

## DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1. Struktur molekul metana .....	I-3
Gambar I. 2. Struktur molekul karbon monoksida .....	I-3
Gambar I. 3. Struktur molekul hidrogen .....	I-4
Gambar I. 4. Struktur molekul DME .....	I-4
Gambar I. 5. Cadangan gas alam Indonesia.....	I-7
Gambar I. 6. Kebutuhan LPG 2000 - 2012.....	I-8
Gambar II. 1. Diagram alir proses .....	II-3
Gambar VI. 1. Lokasi Kaltim Industrial Estate (KIE), Bontang, Kalimantan.....	VI-1
Gambar VI. 2. Tata letak pabrik DME (skala 1:100) .....	VI-3
Gambar VI. 3. Tata letak area proses (skala 1:100).....	VI-4
Gambar VI. 4. Tata letak area utilitas (skala 1:100).....	VI-5
Gambar VI. 5. Tata letak area gudang DME 12 kg (skala 1:100) .....	VI-6
Gambar VI. 6. Tata letak area kantor (skala 1:100).....	VI-6
Gambar VII. 1. Diagram alir pengolahan air .....	VII-8
Gambar VIII. 1. Logo kemasan DME .....	VIII-1
Gambar VIII. 2. Desain tangki kontainer DME 2000 L .....	VIII-2
Gambar VIII. 3. Desain tangki DME 12 kg.....	VIII-2
Gambar X. 1. Struktur organisasi pabrik DME .....	X-2
Gambar XI. 1. Hubungan antara kapasitas produksi dengan <i>Net Cash Flow</i> .....	XI-11

## DAFTAR TABEL

Tabel I. 1. Karakteristik metana.....	I-3
Tabel I. 2. Karakteristik karbon monoksida .....	I-3
Tabel I. 3. Karakteristik hidrogen .....	I-4
Tabel I. 4. Karakteristik DME .....	I-5
Tabel I. 5. Perbandingan sifat kimia antara DME dan LPG .....	I-5
Tabel I. 6. Komposisi gas alam bontang.....	I-7
Tabel I. 7. Suplai LPG 2000 – 2012 .....	I-8
Tabel II. 1. Komposisi alloy .....	II-3
Tabel II. 2. Komposisi matrix .....	II-3
Tabel III. 1. Neraca massa pada <i>Fixed bed reactor</i> (R-120) .....	III-1
Tabel III. 2. Neraca massa pada <i>Slurry reactor</i> (R-130) .....	III-1
Tabel III. 3. Neraca massa pada Kondenser (E-234).....	III-2
Tabel III. 4. Neraca massa pada Menara destilasi (D-140) .....	III-2
Tabel IV. 1. Neraca panas pada <i>Furnace</i> (Q-121).....	IV-1
Tabel IV. 2. Neraca panas pada Fixed Bed Reactor (R-120) .....	IV-1
Tabel IV. 3. Neraca panas pada <i>Cooler I</i> (E-132) .....	IV-2
Tabel IV. 4. Neraca panas pada <i>Cooler II</i> (E-133).....	IV-2
Tabel IV. 5. Neraca panas pada Slurry Reactor (R-130) .....	IV-3
Tabel IV. 6. Neraca panas pada Kondenser (E-234) .....	IV-3
Tabel IV. 7. Neraca panas pada Menara destilasi (D-140).....	IV-4
Tabel IV. 8. Neraca panas pada <i>Cooler III</i> (E-142).....	IV-4
Tabel VI. 1. Perincian luas area pabrik DME.....	VI-4
Tabel VI. 2. Keterangan tata letak area proses .....	VI-5
Tabel VI. 3. Keterangan tata letak area utilitas.....	VI-5
Tabel VI. 4. Keterangan tata letak area kantor .....	VI-7
Tabel VI. 5. Intrumentasi alat proses pabrik DME.....	VI-8
Tabel VII. 1. Kebutuhan air pendingin .....	VII-1
Tabel VII. 2. Kebutuhan Dowtherm A .....	VII-28
Tabel VII. 3. Karakteristik batubara Kuala Samboja berdasarkan morfologi .....	VII-31
Tabel VII. 4. Nilai HHV dan kebutuhan batubara untuk bahan bakar <i>Furnace</i> .....	VII-32
Tabel X. 1. Jumlah tenaga kerja .....	X-5
Tabel X. 2. Pembagian tugas karyawan <i>shift</i> .....	X-6
Tabel XI. 1. Perhitungan modal tetap .....	XI-1
Tabel XI. 2. Biaya manufaktur .....	XI-2
Tabel XI. 3. Biaya pengeluaran umum .....	XI-3
Tabel XI. 4. Keterangan perhitungan <i>cash flow</i> .....	XI-4
Tabel XI. 5. <i>Cash flow</i> .....	XI-6
Tabel XI. 6. ROR sebelum pajak .....	XI-7
Tabel XI. 7. ROR sesudah pajak.....	XI-8
Tabel XI. 8. ROE sebelum pajak .....	XI-8
Tabel XI. 9. ROE sesudah pajak.....	XI-9
Tabel XI. 10. POT sebelum pajak.....	XI-9
Tabel XI. 11. POT sesudah pajak .....	XI-9
Tabel XI. 12. <i>Break Even Point</i> (BEP).....	XI-10
Tabel XI. 13. Analisa sensitivitas .....	XI-11

## INTISARI

Prarencana Pabrik DME dilatarbelakangi oleh kebutuhan akan energi alternatif di Indonesia. DME memiliki karakteristik serupa dengan LPG, namun memiliki banyak keunggulan seperti harganya yang lebih terjangkau, ramah lingkungan dan merupakan energi yang terbarukan.

DME diproses dengan sintesa langsung, yaitu pembentukan DME dengan mereaksikan *syngas*. Proses ini dipilih karena lebih sederhana, hanya menggunakan sedikit peralatan proses dan konversi reaksi yang tinggi (> 90%). Proses pembuatan DME dimulai dari pembentukan *syngas* (CO dan H<sub>2</sub>) dengan mereaksikan gas alam dengan udara dalam *fixed bed reactor*. Reaksi berlangsung dengan bantuan *Ni-based catalyst* pada suhu 930°C dan tekanan 1 bar. *Syngas* yang dihasilkan kemudian direaksikan menjadi DME dan metanol dalam *slurry reactor*. Reaksi berlangsung dengan batuan katalis *amorphous alloy* dalam *parafin oil* pada suhu 270°C dan tekanan 40 bar. DME, metanol dan sisa reaktan yang tidak bereaksi dipisahkan dengan menggunakan kondenser dan menara distilasi. Produk akhir yang dihasilkan adalah DME dengan kemurnian mencapai 99,9% dan produk samping berupa metanol.

Dari segi efisiensi proses yang tinggi, ketersediaan bahan baku yang melimpah, lokasi pabrik yang strategis dan analisa ekonomi, dapat disimpulkan bahwa Prarencana Pabrik DME dari Gas Alam dengan Proses Sintesa Langsung layak untuk direalisasikan.

Jenis Proses	: Sintesa langsung dari <i>syngas</i> menjadi DME
Sistem operasi	: Kontinyu, 24 jam per hari, 330 hari per tahun
Produk Utama	: DME 99,9%
Kapasitas	: 7200 ton/tahun
Bahan baku	: Gas alam = 9.440,45 ton/tahun
Utilitas	
• Steam	: 12.968,45 kg/hari
• Air	: 695,52 m <sup>3</sup> /hari
• Listrik	: 1.207,22 kW
• Bahan bakar	: 893,75 kg/bulan
Lokasi Pabrik	: Kaltim Industrial Estate (KIE), Bontang, Kalimantan Timur
Bentuk Perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Analisa Ekonomi	:
<i>Total Capital Investment (TCI)</i>	: Rp 44.140.359.208,02
<i>Total Production Cost (TPC)</i>	: Rp 45.274.988.567,71
Analisa ekonomi dengan Metode <i>Discounted Flow</i>	
<i>Rate of Return (ROR)</i> sebelum pajak	: 33,44 %
<i>Rate of Return (ROR)</i> sesudah pajak	: 29,43 %
<i>Rate of Equity (ROE)</i> sebelum pajak	: 29,64 %
<i>Rate of Equity (ROE)</i> sesudah pajak	: 23,26 %
<i>Pay Out Time (POT)</i> sebelum pajak	: 6 tahun 1 bulan 8 hari
<i>Pay Out Time (POT)</i> sesudah pajak	: 7 tahun 28 hari
<i>Break Even Point (BEP)</i>	: 53,35 %