

PRARENCANA PABRIK
PEMBUATAN PEMBUATAN *NATURAL GAS*
DENGAN PROSES SABATIER DENGAN
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN



Diajukan oleh :

Fransisca Stephanie NRP : 50203015014

Tirta Mutiara Sari NRP : 5203015052

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA
SURABAYA
2019

LEMBAR PENGESAHAN

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

Nama mahasiswa : Fransisca Stephanie


NRP : 5203015014

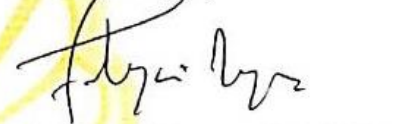
telah diselenggarakan pada tanggal 14 Maret 2019, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** jurusan **Teknik Kimia**.

Surabaya, 15 April 2019

Pembimbing I,


Pembimbing II,



Suryadi Ismadji, Ph.D.
NIK. 521.93.0198


Felycia Edi Soetaredjo, Ph.D.
NIK. 521.99.0391

Dewan Penguji
Ketua


Sekretaris

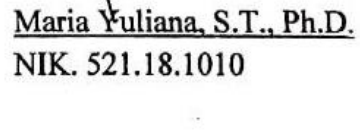

Wenny Irawaty, Ph.D.
NIK. 521.97.0284


Suryadi Ismadji, Ph.D.
NIK. 521.93.0198

Anggota

Anggota


Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS
NIK. 521.87.0127


Maria Yuliana, S.T., Ph.D.
NIK. 521.18.1010

Mengetahui
Fakultas Teknik

Jurusan Teknik Kimia



Suryadi Ismadji, Ph.D.
NIK. 521.93.0198



Sandy Budi Hartono, Ph.D.
NIK. 521.99.0401

LEMBAR PENGESAHAN

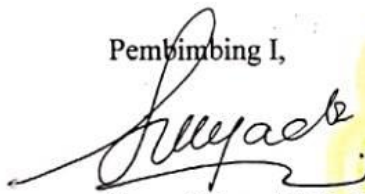
Seminar **PRARENCANA PABRIK** bagi mahasiswa tersebut dibawah ini :

Nama mahasiswa : Tirta Mutiara Sari

NRP : 5203015052

telah diselenggarakan pada tanggal 14 Maret 2019, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** jurusan **Teknik Kimia**.

Pembimbing I,

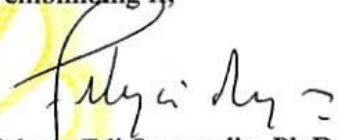


Suryadi Ismadji, Ph.D.

NIK. 521.93.0198

Surabaya, 15 April 2019

Pembimbing II,



Felycia Edi Soetaredjo, Ph.D.

NIK. 521.99.0391

Dewan Penguji

Ketua



Wenny Irawaty, Ph.D.

NIK. 521.97.0284

Sekretaris



Suryadi Ismadji, Ph.D.

NIK. 521.93.0198

Anggota



Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS

NIK. 521.87.0127

Anggota



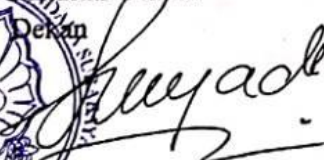
Maria Yuliana, S.T., Ph.D

NIK. 521.18.1010

Mengetahui

Fakultas Teknik

Dekan



Suryadi Ismadji, Ph.D.

NIK. 521.93.0198

Jurusan Teknik Kimia

Ketua



Sedy Budi Hartono, Ph.D.

NIK. 521.99.0401

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH dan
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, kami sebagai mahasiswa Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya :

Kami yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fransisca Stephanie

NRP : 5203015014

Nama : Tirta Mutiara Sari

NRP : 5203015052


Judul Tugas Akhir : Prarencana Pabrik Pembuatan *Natural Gas* Dengan Proses Sabatier Dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa tugas akhir ini adalah ASLI karya tulis kami. Apabila terbukti karya ini merupakan *plagiarism*, kami bersedia menerima sanksi yang diberikan oleh Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Kami menyetujui pula bahwa karya tulis ini dipublikasikan/ditampilkan di internet atau di media lain (*digital library* Perpustakaan Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta.

Demikian pernyataan keaslian dan persetujuan publikasi karya ilmiah ini kami buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 12 April 2019

Mahasiswa yang bersangkutan,

| | |
|--|--|
|  Fransisca Stephanie 5203015014 |  Tirta Mutiara Sari 5203015052 |
|--|--|

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan prarencana pabrik ini benar-benar merupakan hasil karya saya 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, 12 April 2019

Mahasiswa yang bersangkutan,



(5203015014)

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan prarencana pabrik ini benar-benar merupakan hasil karya saya 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, 12 April 2019

Mahasiswa yang bersangkutan,



(5203015052)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena telah melimpahkan rahmat karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Prarencana Pabrik Pembuatan *Natural Gas* dengan Reaksi Sabatier dengan Kapasitas 50.000 ton/tahun ini.

Prarencana pabrik ini merupakan salah satu tugas yang harus diselesaikan guna memenuhi persyaratan yang harus ditempuh dalam kurikulum pendidikan tingkat Strata 1 (S-1) di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan laporan prarencana pabrik ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmatNya yang luar biasa kami dapat menyelesaikan laporan prarencana pabrik dan sidang prarencana pabrik dengan lancar.
2. Suryadi Ismadji, Ph.D., selaku Pembimbing I prarencana pabrik ini yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatiannya dalam memberikan bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan prarencana pabrik ini.
3. Felycia Edi Soetaredjo, Ph.D., selaku Pembimbing II prarencana pabrik ini yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatiannya dalam memberikan bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan prarencana pabrik ini.
4. Wenny Irawaty, Ph.D., Dr. Ir. Suratno Lourentius, MS, dan Maria Yuliana, S.T., Ph.D selaku dosen penguji yang telah memberi masukan yang berharga dalam pembuatan prarencana pabrik ini.
5. Keluarga dan teman-teman mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, khususnya angkatan 2015 yang tak henti-hentinya selalu mendukung dan memberi semangat dan doa.
6. Semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung turut memberikan dukungan dan bantuan selama penyusunan prarencana pabrik ini.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan, sehingga penyusun menerima kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan laporan ini. Akhirnya, penyusun berharap supaya laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Surabaya, 12 April 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|--------|
| Lembar Pengesahan | ii |
| Lembar Pernyataan | iv |
| Lembar Pernyataan Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah | v |
| Kata Pengantar | vii |
| Daftar Isi | ix |
| Daftar Tabel | xi |
| Daftar Gambar | xiii |
| Intisari | x |
| 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-6 |
| I.4. Ketersediaan Bahan Baku dan Analisis Pasar | I-7 |
| II. Uraian dan Pemilihan Proses | II-1 |
| II.1 Proses Pembuatan Produk | II-1 |
| II.2 Pemilihan Proses | II-5 |
| II.3 Uraian Proses | II-7 |
| III. Neraca Massa | III-1 |
| IV. Neraca Panas | IV-1 |
| V. Spesifikasi Peralatan | V-1 |
| VI. Lokasi, Tataletak Pabrik, Alat, Instrumentasi, Dan Safety | VI-1 |
| VI.1. Lokasi Pabrik | VI-1 |
| VI.2. Tata Letak Pabrik | VI-3 |
| VI.3. Tata Letak Alat Proses | VI-5 |
| VI.4. Instrumentasi | VI-7 |
| VI.5. Pertimbangan Keselamatan dan Lingkungan | VI-9 |
| VII. Utilitas | VII-1 |
| VII.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air | VII-1 |
| VII.2. Unit Pengolahan Limbah | VII-43 |
| VIII. Desain Produk dan Kemasan | VIII-1 |
| VIII.1. Desain Logo | VIII-1 |
| VIII.2. Desain Kemasan | VIII-2 |
| IX. Strategi Pemasaran | IX-1 |
| X. Struktur Organisasi | X-1 |
| X.1. Profil Perusahaan | X-1 |
| X.2. Bentuk Perusahaan | X-1 |
| X.3. Struktur Organisasi | X-3 |
| X.4. Pembagian Tugas dan Wewenang | X-5 |
| X.5. Jadwal Kerja | X-11 |
| X.6. Kesejahteraan Karyawan | X-12 |
| XI. Analisa Ekonomi | XI-1 |
| XI.1. Penentuan Modal Total/ Total Capital Investment (TCI) | XI-1 |
| XI.2. Penentuan Biaya Produksi/ Total Production Cost (TPC) | XI-3 |
| XI.3. Analisa Ekonomi dengan Metode Discounted Cash Flow | XI-4 |
| XI.4. Perhitungan Rate of Return Investment (ROR) | XI-7 |
| XI.5. Perhitungan Rate of Equity Investment (ROE) | XI-9 |

| | |
|---|-------|
| XI.6. Waktu Pengembalian Modal (POT) | XI-10 |
| XI.7. Penentuan Titik Impas/ Break Even Point (BEP) | XI-12 |
| XI.8. Analisa Sensitivitas..... | XI-7 |
| XII. Kesimpulan..... | XII-1 |
| XII. 1. Diskusi..... | XII-2 |
| XII. 2. Kesimpulan..... | XII |
| Daftar Pustaka..... | DP-1 |
| APPENDIX A Perhitungan Neraca Massa | A-1 |
| APPENDIX B Perhitungan Neraca Panas | B-1 |
| APPENDIX C Perhitungan Spesifikasi Peralatan | C-1 |
| APPENDIX D Perhitungan Analisa Ekonomi..... | D-1 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|--------|
| Tabel I.1. Sifat Fisika Hidrogen | I-2 |
| Tabel I.2. Sifat Fisika Karbon Dioksida | I-3 |
| Tabel I.3. Sifat Fisika Metana..... | I-5 |
| Tabel I.4 Ekspor LNG di Indonesia Tahun 2011-2016 | I-7 |
| Tabel I.5 Impor LNG di Indonesia Tahun 2009-2016..... | I-8 |
| Tabel I.6 Kapasitas Produksi LNG di Indonesia | I-10 |
| Tabel I.7. Konsumsi LNG per Tahun | I-11 |
| Tabel I.8. Pabrik dan Kapasitas Produksi SNG di Dunia | I-13 |
| Tabel II.1. Macam- Macam Membran untuk Pemurnian Hidrogen | II-3 |
| Tabel II.2 Proses Perolehan Gas Hidrogen Melalui Elektrolisis | II-3 |
| Tabel II.3. Dasar-Dasar Pertimbangan Pemilihan Proses Metanasi | II-7 |
| Tabel III.1. Neraca Massa pada Adsorber untuk Proses Absorpsi | III-1 |
| Tabel III.2. Neraca Massa pada Adsorber untuk Proses Desorpsi..... | III-1 |
| Tabel III.3. Neraca Heat Exchanger I | III-2 |
| Tabel III.4. Neraca Massa pada Mixer | III-2 |
| Tabel III.5. Heat Exchanger E-121 | III-2 |
| Tabel III.6. Neraca Massa pada Sel Elektrolisa Air | III-3 |
| Tabel III.7. Neraca Massa pada Reaktor..... | III-3 |
| Tabel III.8. Neraca Massa pada Separator | III-3 |
| Tabel VI.1. Dimensi dan Luasan Area Pabrik | VI-4 |
| Tabel VI.2. Keterangan Gambar VI.3..... | VI-6 |
| Tabel VI.3. Jenis Instrumen yang Digunakan..... | VI-8 |
| Tabel VII.1. Keterangan Gambar Alat Proses | VII-5 |
| Tabel VII.2. Komponen dalam Flue Gas | VII-36 |
| Tabel VII.3. Data untuk Menghitung Faktor Kompresi | VII-36 |
| Tabel VII.4. Dimensi Cyclone | VII-38 |
| Tabel VII.5. Kebutuhan Listrik Unit Utilitas..... | VII-39 |
| Tabel VII.6. Kebutuhan Listrik Proses Produksi | VII-39 |
| Tabel VII.7. Kebutuhan Lumen Output..... | VII-40 |
| Tabel VII.8. Kebutuhan Daya Untuk Penerangan Pabrik..... | VII-42 |
| Tabel X. 1. Perincian Jumlah Karyawan | X-10 |
| Tabel X.2. Jadwal Kerja Karyawan Shift | X-11 |
| Tabel A.1. Komposisi Flue Gas..... | A-2 |
| Tabel A.2. Neraca Massa pada Absorber untuk Proses Absorpsi | A-4 |
| Tabel A.3. Neraca Massa pada Absorber untuk Proses Desorpsi..... | A-5 |
| Tabel A.4. Neraca Massa pada Heat Exchanger E-112..... | A-5 |
| Tabel A.5. Neraca Massa pada Mixer..... | A-6 |
| Tabel A.6. Heat Exchanger E-121 | A-6 |
| Tabel A.7. Neraca Massa pada Sel Elektrolisa Air..... | A-7 |
| Tabel A.8. Neraca Massa pada Reaktor..... | A-9 |
| Tabel A.8. Neraca Massa pada Reaktor..... | A-9 |
| Tabel C.1. Komposisi Komponen Cair Masuk Ke Absorber | C-2 |
| Tabel C.2. Komposisi Komponen Cair Keluar Ke Absorber | C-2 |
| Tabel C.3. Komposisi Komponen Gas Masuk Ke Absorber..... | C-2 |
| Tabel C.4. Komposisi Komponen Gas Keluar Ke Absorber | C-3 |
| Tabel C.5. Massa Larutan dan ρ_c | C-4 |

| | |
|---|-------|
| Tabel C.6. Data untuk Menghitung Jumlah Tray | C-4 |
| Tabel C.7. Data Masuk Absorber | C-6 |
| Tabel C.8. Perhitungan Panas Flue Gas yang Dilepaskan | C-61 |
| Tabel C.9. Perhitungan Panas Flue Gas yang Dilepaskan | C-94 |
| Tabel C.10. Parameter Setiap Komponen..... | C-110 |
| Tabel C.11. Konstanta untuk Menghitung Konduktivitas Termal | C-112 |
| Tabel C.12. Hasil Iterasi dengan Metode Runge Kutta orde 4 | C-114 |
| Tabel C.13. Parameter untuk Perhitungan Kapasitas Panas | C-116 |
| Tabel C.14. Kandungan Batu Bara PT. Kaltim Prima Coal | C-132 |
| Tabel C.15. Data Panas Pembakaran | C-134 |
| Tabel C.16. Data A, B, C, D, E untuk Fase Gas Masing-Masing Komponen. | C-135 |
| Tabel C.17. Perhitungan Q total | C-135 |
| Tabel C.18. Panas Yang Dihasilkan oleh Udara Pembakar..... | C-136 |
| Tabel C.19. Entalpi Flue Gas Keluar Seksi Radian Furnace | C-137 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|--------|
| Gambar I.1. Grafik Penggunaan LNG, batu bara, dan bahan bakar fosil di Indonesia | I-1 |
| Gambar I.2. Rumus Bangun Karbon Dioksida | I-3 |
| Gambar I.3. Grafik Data Ekspor LNG per Tahun | I-7 |
| Gambar I.4. Grafik Data Impor LNG per Tahun | I-9 |
| Gambar I.5. Grafik Data Konsumsi LNG per Tahun | I-11 |
| Gambar VI.1. Peta Lokasi Pabrik (Skala 1:20.000) | VI-1 |
| Gambar VI.2. Tata Letak Pabrik (1:1.500) | VI-5 |
| Gambar VI.3. Tata Letak Alat Proses (1:1.500) | VI-6 |
| Gambar VII.1. Diagram Alir Proses Pengolahan Air Laut | VII-4 |
| Gambar VII.2. Diagram Alir Alat Proses Pengolahan Air Laut | VII-5 |
| Gambar VII.3. Skema Pengaliran Air dari Laut Menuju Tangki Penampungan Air Laut | VII-7 |
| Gambar VII.4. Tangki Koagulator | VII-10 |
| Gambar VII.5. Skema Pengaliran Air dari Tangki Penampung Air Laut ke Tangki Koagulator | VII-13 |
| Gambar VII.6. Skema Pengaliran Air dari Tangki Air Sementara I ke Tangki Sand Filter, Carbon Filter, dan Tangki Air Sementara II | VII-26 |
| Gambar VII.7. Reverse Osmosis | VII-32 |
| Gambar VII.8. Cyclone tipe ID3D | VII-38 |
| Gambar VIII.1. Desain Logo Pabrik Synthetic Natural Gas | VIII-1 |
| Gambar VIII.2. Pipa Pendistribusian SNG dan Oksigen | VIII-2 |
| Gambar X.1. Struktur Organisasi PT. Gas Utama | X-4 |
| Gambar C.1. Skema Proses Absorpsi di Dalam Absorber | C-1 |
| Gambar C.2. Grafik Perhitungan Jumlah Tray | C-5 |
| Gambar C.3. Reaktor Elektrolisis | C-67 |
| Gambar C.4. Skema Penyusunan Tube | C-115 |

INTISARI

Kebutuhan energi merupakan salah satu penghambat pertumbuhan industri dunia. Hingga saat ini sebagian besar sumber energi berasal dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Maka dibutuhkan energi alternatif untuk menjaga ketersediaan. Salah satu alternatifnya adalah menciptakan sumber energi sintetis, yaitu *Synthetic Natural Gas* (SNG). SNG merupakan metana sintetis yang didapatkan dari produk hasil reaksi karbon dioksida dan hidrogen. Reaksi yang berlangsung ini lebih dikenal dengan sebutan Reaksi Sabatier. Karbon dioksida didapatkan dengan metode *direct air capture* (DAC). Metode ini menggunakan absorben (larutan kalium karbonat) sebagai medianya. Sedangkan untuk hidrogen didapatkan dengan proses elektrolisis. Pada proses elektrolisis didapatkan pula oksigen, oksigen ini nantinya juga akan dijual sebagai produk kedua. Pabrik ini bernama PT. Gas Utama dengan kapasitas produksi SNG 50.000 ton/tahun dan oksigen dengan kapasitas 201.931,87 ton/tahun. Pra-rencana pabrik PT. Gas Utama memiliki rincian sebagai berikut :

| | |
|------------------------|---|
| Hari kerja efektif | : 330 hari/tahun |
| Masa konstruksi | : 4 tahun |
| Waktu mulai beroperasi | : tahun 2023 |
| Bahan baku | : <i>flue gas</i> dan air laut |
| Utilitas | : Air laut = 1.990,08 m ³ /hari Air PDAM = 5,84 m ³ /hari Listrik = 37.661,97 kW/hari |
| Jumlah tenaga kerja | : 77 orang |
| Lokasi pabrik | : Bontang, Kalimantan Timur |
| Luas Pabrik | : 7000 m ² |

| | |
|---|------|
| Analisa Ekonomi | |
| Modal Tetap (FCI) | = Rp |
| Modal Kerja (WCI) | = Rp |
| Biaya Produksi Total (TPC) | = Rp |
| Rate of Return Investment sebelum pajak | = % |
| Rate of Return Investment sesudah pajak | = % |
| Pay Out Time sebelum pajak | = - |
| Pay Out Time sesudah pajak | = - |
| Titik impas (BEP) | = - |