

PRA-RENCANA PABRIK

**PABRIK HIDROGEN DARI *NATURAL GAS* DENGAN METODE *STEAM
METHANE REFORMING* DAN PEMURNIAN PSA (*PRESSURE SWING
ADSORBENT*)**

KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN



Oleh:

FAHRIZAL AFDHOLU SYAMSI ASSAGAF
NPM. 1631010115

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2020**



Pra Rencana Pabrik Hidrogen dari *Natural Gas* dengan Metode *Steam Methane Reforming* dan Pemurnian PSA (*Pressure Swing Adsorbent*)

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

PABRIK HIDROGEN DARI *NATURAL GAS* DENGAN METODE *STEAM METHANE REFORMING* DAN PEMURNIAN PSA (*PRESSURE SWING ADSORBENT*) KAPASITAS 20000 TON/TAHUN

Oleh:

FAHRIZAL AFDHOLU SYAMSI ASSAGAF
NPM. 1631010115

**Telah Dipertahankan Dihadapan
dan Diterima oleh Penguji
Pada Tanggal 14 Januari 2020**

Pembimbing

Ir. Bambang Wahyudi, MS.
NIP. 19580711198503 1 001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan “Veteran” Jawa Timur



Dr. Dra. Jarayah, MP.
NIP. 1650403 199103 2 001



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pra Rencana Pabrik Gas Hidrogen dari *Natural Gas* dengan Metode *Steam Methane Reformer* dan Pemurnian PSA (*Pressure Swing Adsorbent*)”. Tugas akhir ini merupakan tugas yang diberikan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan kesarjana di Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Tugas akhir “Pra Rencana Pabrik Gas Hidrogen dari *Natural Gas* dengan Metode *Steam Methane Reforming* dan Pemurnian PSA (*Pressure Swing Adsorbent*)” ini disusun berdasarkan studi pustaka yang berasal dari buku, jurnal penelitian, majalah kimia, dan internet.

Tugas Akhir ini tidak dapat tersusun sedemikian rupa, tanpa bantuan baik dari sarana, prasarana, kritik dan saran. Oleh karena itu, tidak lupa penyusun ucapkan terima kasih kepada :

- 1 Orang tua dan saudara kami tercinta yang telah memberikan doa dan dukungannya baik moral maupun materiil sehingga penyusunan laporan penelitian ini dapat tersusun dengan baik.
- 2 Dr. Dra. Jariyah, MP., selaku Dekan Fakultas Teknik UPN “Veteran” Jawa Timur.
- 3 Dr. Ir. Sintha Soraya Santi, MT. selaku Koordinator Program Studi Teknik Kimia UPN “Veteran” Jawa Timur
- 4 Ir. Bambang Wahyudi, MS. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penyusun sehingga dapat selesai sesuai target.
- 5 Dosen Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UPN “Veteran” Jawa Timur.
- 6 Seluruh Civitas Akademik Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UPN “Veteran” Jawa Timur.



Pra Rencana Pabrik Hidrogen dari *Natural Gas* dengan Metode *Steam Methane Reforming* dan Pemurnian PSA (*Pressure Swing Adsorbent*)

- 7 Hendrix Abdul Ajiz, ST., Faisal Rahmat Hidayat, ST., Dinar Ismilla Putri, ST., dan Indah Nur Laila, ST. yang telah memberikan support kepada penyusun untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
- 8 Dyah Ayu Pitaloka selaku *partner* penyusunan tugas akhir ini yang telah meluangkan waktu untuk menyelesaikan tugas akhir ini lebih cepat dari target yang telah ditentukan.
- 9 Teman-teman paralel C 2016 yang selalu memberikan *support* demi terselesainya tugas akhir ini.
- 10 Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak bisa kami sebutkan satu per satu.

Kami sangat menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata, penyusun mengharapkan semoga Tugas Akhir yang telah disusun ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi mahasiswa Program Studi Teknik Kimia.

Surabaya, Desember 2019
Penyusun



DAFTAR ISI

Halaman

COVER

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR..... i

DAFTAR ISI..... iii

DAFTAR TABEL..... viii

DAFTAR GAMBAR..... ix

DAFTAR GRAFIK..... x

INTISARI..... xi

BAB I. PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang..... I-1

I.2. Sejarah Perkembangan Pabrik..... I-2

I.3. Sifat Fisik dan Kimia..... I-3

I.4. Aspek Ekonomi..... I-6

I.5. Lokasi Pabrik..... I-8

BAB II. PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES

II.1. Macam Proses..... II-1

II.2. Seleksi Proses..... II-6

II.3. Uraian Proses..... II-8

II.4. *Plant Layout*..... II-13

II.5. *Proses Layout*..... II-15

BAB III. NERACA MASSA

III.1. Hidrodesulfurisasi..... III-2

III.2. *Mixing Point*..... III-3

III.3. *Steam Methane Reformer Reactor*..... III-3

III.4. *Water Gas Shift Converter*..... III-4

III.5. *Cold Condensate Separator*..... III-5

III.6. *Pressure Swing Adsorbtion*..... III-6



III.7. <i>Mixing Point</i> Bahan Bakar	III-7
--	-------

BAB IV. NERACA PANAS

IV.1 <i>Feed Pre Heater</i>	IV-1
IV.2. Hidrodesulfurisasi	IV-1
IV.3. <i>Mixing Point</i>	IV-1
IV.4. <i>Feed Superheater</i>	IV-2
IV.5. <i>Steam Methane Reformer Reactor</i>	IV-2
IV.6. <i>Flue Gas Steam Generator</i>	IV-2
IV.7. <i>Air Pre Heater</i>	IV-2
IV.8. <i>Reformer Effluent Steam Generator</i>	IV-3
IV.9. <i>High Temperature Shift Converter</i>	IV-3
IV.10. <i>Shift Effluent Steam Generator</i>	IV-3
IV.11. <i>BFW Exchanger</i>	IV-3
IV.12. <i>Deaerator Exchanger</i>	IV-4
IV.13. <i>Process Cooler</i>	IV-4
IV.14. <i>Cold Condensate Separator</i>	IV-4

BAB V. SPESIFIKASI PERALATAN

V.1. Tangki Bahan Baku Gas Alam	V-1
V.2. <i>Feed Compressor</i>	V-1
V.3. <i>Feed Pre Heater</i>	V-2
V.4. <i>Hydrodesulphurizer</i>	V-2
V.5. <i>Feed Superheater</i>	V-3
V.6. <i>Steam Methane Reformer Reactor</i>	V-4
V.7. <i>Reformer Effluent Steam Generator</i>	V-5
V.8. <i>High Temperature Shift Converter</i>	V-5
V.9. <i>Shift Effluent Steam Generator</i>	V-6
V.10. <i>Flue Gas Steam Generator</i>	V-7
V.11. <i>Boiling Feed Water Exchanger</i>	V-7
V.12. <i>Process Cooler</i>	V-8



Pra Rencana Pabrik Hidrogen dari *Natural Gas* dengan Metode *Steam Methane Reforming* dan Pemurnian PSA (*Pressure Swing Adsorbent*)

V.13. <i>Cold Condensate Separator</i>	V-9
V.14. <i>Pressure Swing Adsorbent</i>	V-9
V.15. <i>Product Compressor</i>	V-10
V.16. <i>Tail Gas Drum</i>	V-10
V.17. Tangki Penyimpanan Gas Hidrogen.....	V-11
V.18. <i>Air Pre Heater</i>	V-11
V.19. <i>Blower</i>	V-12

BAB VI. INSTRUMEN DAN KESELAMATAN KERJA

VI.1. Instrumentasi	
VI.1.1. Tujuan Pengendalian.....	VI-3
VI.1.2. Jenis-Jenis Pengendalian dan Alat Pengendalian.....	VI-3
VI.1.3. Variabel-Variabel Proses dalam Sistem Pengendalian.....	VI-9
VI.1.4. Syarat Perancangan Pengendalian.....	VI-10
VI.2. Keselamatan Kerja	
VI.2.1. Alat Pelindung Diri.....	VI-12
VI.2.2. Alat Pemadam Api Ringan.....	VI-13

BAB VII. UTILITAS

VII.1. Unit Penyediaan <i>Steam</i>	VII-1
VII.2. Unit Penyediaan Air.....	VII-2
VII.2.1. Air Sanitasi.....	VII-2
VII.2.2. Air Umpan Boiler.....	VII-3
VII.2.3. Air Pendingin.....	VII-4
VII.3. Unit Pengolahan Air (<i>Water Treatment</i>).....	VII-7
VII.3.1. Spesifikasi Peralatan Pengolahan Air.....	VII-8
VII.3.2. Perhitungan Pompa.....	VII-31
VII.4. Unit Pembangkit Listrik.....	VII-88
VII.4.1. <i>Generator Set</i>	VII-92
VII.5. Tangki Penyimpanan Bahan Bakar.....	VII-93
VII.5.1. Tangki Penyimpanan Bahan Bakar Solar.....	VII-93



BAB VIII. STRUKTUR ORGANISASI

VIII.1. Bentuk Perusahaan.....	VIII-1
VIII.2. Struktur Organisasi.....	VIII-2
VIII.3. Uraian Tugas Wewenang dan Tanggung Jawab	VIII-5
VIII.3.1. Rapat Umum Pemegang Saham.....	VIII-5
VIII.3.2. Dewan Komisaris.....	VIII-5
VIII.3.3. Direktur.....	VIII-5
VIII.3.4. Staf Ahli.....	VIII-6
VIII.3.5. Sekretaris.....	VIII-6
VIII.3.6. Manajer Produksi.....	VIII-6
VIII.3.7. Manajer Teknik.....	VIII-6
VIII.3.8. Manajer Umum dan Keuangan.....	VIII-7
VIII.3.9. Manajer Pembelian dan Pemasaran	VIII-7
VIII.4. Sistem Kerja.....	VIII-7
VIII.5. Jumlah Karyawan dan Tingkat Pendidikan.....	VIII-8
VIII.6. Sistem Penggajian.....	VIII-10
VIII.7. Tata Tertib.....	VIII-12
VIII.8. Jamsostek dan Fasilitas Tenaga Kerja.....	VIII-13

BAB IX. ANALISA EKONOMI

IX.1. Harga Peralatan.....	IX-1
IX.2. Penentuan TCI (<i>Total Capital Investment</i>).....	IX-1
IX.3. Penentuan TPC (<i>Total Production Cost</i>).....	IX-4
IX.4. Tabel <i>Cash Flow</i>	IX-5
IX.5. IRR (<i>Internal Rate of Return</i>).....	IX-9
IX.6. ROI (<i>Rate of Interest</i>).....	IX-10
IX.7. POP (<i>Pay Out Period</i>).....	IX-10
IX.8. BEP (<i>Break Even Point</i>).....	IX-11

BAB X. KESIMPULAN

X.1. Kesimpulan.....	X-1
----------------------	-----



Pra Rencana Pabrik Hidrogen dari *Natural Gas* dengan Metode *Steam Methane Reforming* dan Pemurnian PSA (*Pressure Swing Adsorbent*)

DAFTAR PUSTAKA

APPENDIX A

APPENDIX B

APPENDIX C

APPENDIX D



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Komposisi Gas Alam.....	I-3
Tabel 1.2. Sifat Fisik dan Kimia Metana	I-4
Tabel 1.3. Sifat Fisik dan Kimia Air	I-4
Tabel 1.4. Sifat Fisik dan Kimia Hidrogen	I-5
Tabel 1.5. Data Impor Hidrogen di Indonesia	I-7
Tabel 2.1. Karakteristik dan Efisiensi Proses Produksi Hidrogen.....	II-7
Tabel 6.1. Jenis Variabel Pengukuran dan <i>Controller</i> yang Digunakan.....	VI-8
Tabel 6.2. Daftar Penggunaan Instrumentasi.....	VI-10
Tabel 6.3. Daftar Identifikasi Bahaya dan Pengendalian K3.....	VI-14
Tabel 8.1. Susunan Jadwal Shift Karyawan.....	VIII-8
Tabel 8.2. Jumlah Karyawan dan Kualifikasinya	VIII-9
Tabel 8.3. Perincian Gaji Karyawan.....	VIII-10



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Blok Diagram Proses Reformasi Uap Hidrokarbon	II-2
Gambar 2.2. Blok Diagram Proses Oksidasi Parsial	II-4
Gambar 2.3. Blok Diagram Proses IGCC	II-5
Gambar 2.4. Blok Diagram Proses Steam Reforming	II-8
Gambar 2.5. <i>Plant Layout Pabrik</i>	II-13
Gambar 2.6. Proses <i>Layout Pabrik</i>	II-15
Gambar 6.1. Diagram Balok Sistem Pengendali <i>Feedback</i>	VI-4
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Pabrik Hidrogen	VIII-4



Pra Rencana Pabrik Hidrogen dari *Natural Gas* dengan Metode *Steam Methane Reforming* dan Pemurnian PSA (*Pressure Swing Adsorbent*)

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 1.1. Hubungan Tahun dan Kebutuhan Hidrogen.....	I-7
Grafik 9.1. Grafik <i>Break Even Point</i>	IX-12



INTISARI

Pabrik Gas Hidrogen ini dibangun dengan kapasitas 20.000 ton/tahun sesuai dengan kebutuhan yang ada di Badan Pusat Statistik. Pabrik Gas Hidrogen ini menggunakan metode *steam methane reforming* dengan beberapa tahapan, yaitu *pre heater* dan *hydrodesulphurization* untuk menghilangkan sulfur yang berasal dari bahan baku (*natural gas*). Selanjutnya pada tahap *steam methane reforming* akan dihasilkan gas hidrogen dan karbon monoksida. Gas karbon monoksida akan direaksikan dengan steam untuk menghasilkan karbon dioksida dan hidrogen dalam *high temperature shift converter*. Terakhir akan masuk ke *pressure swing adsorbent* untuk menyerap *by product* sehingga didapat gas hidrogen dengan kemurnian mencapai 99,99%.

Berdasarkan ketersediaan bahan baku berupa gas alam di Indonesia, *natural gas* tersedia dalam jumlah besar yang disediakan oleh beberapa perusahaan seperti PT. Conoco Philips di Palembang, PT. Badak LNG di Bontang Kalimantan Timur, dan PT Arum NGL di Lhokseumawe Nanggroe Aceh Darussalam sehingga bahan baku dipastikan tersedia.

Berdasarkan Sumber Daya Manusia, pabrik ini tidak membutuhkan keahlian khusus dalam pengerjaan maupun pelaksanaan pabrik dikarenakan telah terdapat industri hidrogen lain yang telah beroperasi, yaitu PT. Samator Gresik dan PT. Pertamina (Persero) UP IV Balongan. Berdasarkan analisa ekonomi, didapatkan:

- a. Modal Tetap (FCI) : Rp. 789.980.550.165,67
- b. Modal Kerja (WCI) : Rp. 118.497.082.524,85
- c. Investasi Total (TCI) : Rp. 929.388.882.547.85
- d. IRR : 29,0 %
- e. ROI : 36,23%
- f. PBP : 2,9 tahun
- g. BEP : 35,46%

Berdasarkan analisa dari segi ekonomi maupun teknis, pra rencana pabrik hidrogen dari gas alam dengan proses *steam methane reforming* ini layak untuk



Pra Rencana Pabrik Hidrogen dari *Natural Gas* dengan Metode *Steam Methane Reforming* dan Pemurnian PSA (*Pressure Swing Adsorbent*)

didirikan, selain itu dari segi lingkungan, pabrik ini tidak mencemari lingkungan karena tidak menghasilkan air limbah dan gas-gas hasil samping produksi akan dibakar sebelum dibuang ke atmosfer, sehingga aman untuk lingkungan.