

**TUGAS AKHIR**

**PRARANCANGAN PABRIK HIDROGEN  
DARI BIOGAS HASIL PENGOLAHAN LIMBAH CAIR  
KELAPA SAWIT KAPASITAS 43.200.000 Nm<sup>3</sup>/TAHUN**



Oleh:

**Cecet Panduwinata**

**I0506015**

**Sartanto**

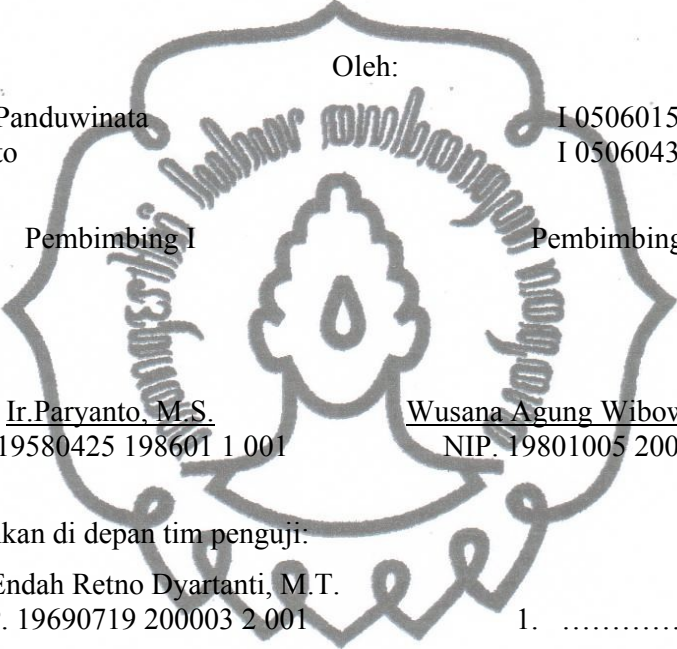
**I0506043**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2011**

*commit to user*

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**TUGAS AKHIR**  
**PRARANCANGAN PABRIK HIDROGEN DARI BIOGAS HASIL**  
**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT**  
**KAPASITAS 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / TAHUN**

Oleh:

Cecet Panduwinata Sartanto		I 0506015 I 0506043
Pembimbing I		Pembimbing II
<u>Ir.Paryanto, M.S.</u> NIP. 19580425 198601 1 001		<u>Wusana Agung Wibowo, S.T.,M.T.</u> NIP. 19801005 200501 1 001

Dipertahankan di depan tim penguji:

- |    |   |         |
|----|---|---------|
| 1. | Ir. Endah Retno Dyartanti, M.T.<br>NIP. 19690719 200003 2 001 | 1. .... |
| 2. | Inayati, S.T., M.T., Ph.D.<br>NIP. 19710829 199903 2 001      | 2. .... |

Disahkan  
Ketua Jurusan Teknik kimia

Dr. Sunu Herwi Pranolo, S.T., M.Sc.  
NIP. 19690316 199802 1 001

*commit to user*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah Subhanaahu wa Ta'ala dengan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir beserta penulisan laporan tugas akhir dengan judul “PRARANCANGAN PABRIK HIDROGEN DARI BIOGAS HASIL PENGOLAHAN LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT KAPASITAS 43.200.000 Nm<sup>3</sup>/TAHUN” yang merupakan salah satu syarat guna meraih gelar Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian laporan kerja praktek ini:

1. Dr. Sunu Herwi Pranolo, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Ir. Paryanto, M.S. dan Wusana Agung Wibowo, S.T.,M.T. selaku pembimbing tugas akhir.
3. Ir. Endah Retno D, M.T. dan Inayati, S.T., M.T., Ph.D. selaku penguji dalam pendadaran tugas akhir.
4. Seluruh Staf Pengajar dan karyawan Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta atas segala bantuannya dalam penyelesaian tugas akhir.
5. Semua pihak yang ikut membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan laporan ini. Semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surakarta, Juli 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Daftar Isi .....	iv
Daftar Tabel .....	x
Daftar Gambar .....	xii
Intisari .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik .....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik .....	2
1.2.1 Prediksi Kebutuhan Hidrogen di Indonesia .....	3
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku .....	4
1.2.3 Kapasitas Pabrik Hidrogen Minimal yang Telah Ada .....	5
1.2.4 Kapasitas Pabrik Hidrogen .....	6
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik .....	7
1.3.1 Faktor Primer .....	7
1.3.2 Faktor Sekunder .....	8
1.4 Tinjauan Pustaka .....	10
1.4.1 Macam-Macam Proses Pembuatan Hidrogen .....	10
1.4.2 Perbandingan Pemilihan Proses .....	12
1.4.3 Kegunaan Produk .....	12
1.4.4 Sifat Fisis dan Kimia .....	13
1.4.5 Tinjauan Proses .....	16
<b>BAB II DESKRIPSI PROSES</b> .....	<b>19</b>
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk .....	19
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku .....	19
2.1.1.1 Biogas .....	19
2.1.2 Spesifikasi Produk .....	19

*commit to user*

2.1.2.1	Hidrogen.....	19
2.1.3	Spesifikasi Bahan Pembantu (Katalis).....	20
2.1.3.1	Katalis pada <i>Steam Reformer</i> .....	20
2.1.3.2	Katalis pada <i>Water Gas Shift Reactor</i> .....	20
2.1.3.3	Katalis pada Metanator.....	21
2.2	Konsep Proses.....	21
2.2.1	Dasar Reaksi.....	21
2.2.2	Kondisi Operasi.....	22
2.2.3	Mekanisme Reaksi.....	23
2.2.4	Tinjauan Kinetika.....	25
2.2.5	Tinjauan Termodinamika.....	28
2.3	Diagram Alir Proses dan Langkah Proses.....	34
2.3.1	Diagram Alir Kualitatif.....	35
2.3.2	Diagram Alir Kuantitatif.....	36
2.3.3	Diagram Alir Proses.....	37
2.3.4	Langkah Proses.....	38
2.3.4.1	Tahap Penyiapan Bahan Baku.....	38
2.3.4.2	Tahap Pembuatan Reaksi.....	39
2.3.4.3	Tahap Pemurnian Produk.....	41
2.4	Neraca Massa.....	45
2.4.1	Neraca Massa Tiap Alat.....	45
2.4.2	Neraca Massa Total.....	49
2.5	Neraca Panas.....	50
2.5.1	Neraca Panas Tiap Alat.....	50
2.5.2	Neraca Panas Total.....	55
2.6	Lay Out Pabrik dan Peralatan.....	56
2.6.1	<i>Lay Out</i> Pabrik.....	59
2.6.2	<i>Lay Out</i> Peralatan.....	59
BAB III	SPESIFIKASI ALAT.....	62
3.1	Tangki Penyimpanan Biogas.....	62
3.2	Tangki Penyimpanan Produk Hidrogen.....	63

*commit to user*

3.3 Absorber 01 .....	63
3.4 Regenerator MDEA 01 .....	64
3.5 Reaktor <i>Steam Reformer</i> .....	65
3.6 Reaktor <i>Water Gas Shift</i> .....	66
3.7 Absorber 02 .....	68
3.8 Regenerator MDEA 02 .....	68
3.9 Reaktor Metanator .....	69
3.10 Furnace .....	71
3.11 Kondensor Parsial 01 .....	72
3.12 Kondensor Parsial 02 .....	73
3.13 <i>Accumulator</i> 01 .....	75
3.14 <i>Accumulator</i> 02 .....	76
3.15 Reboiler 01 .....	76
3.16 Reboiler 02 .....	78
3.17 <i>Waste Heat Boiler</i> 01 .....	79
3.18 <i>Waste Heat Boiler</i> 02 .....	81
3.19 <i>Waste Heat Boiler</i> 03 .....	83
3.20 Kompresor 01 .....	84
3.21 Kompresor 02 .....	85
3.22 Kompresor 03 .....	85
3.23 <i>Heat Exchanger</i> 01 .....	85
3.24 <i>Heat Exchanger</i> 02 .....	87
3.25 <i>Heat Exchanger</i> 03 .....	89
3.26 <i>Heat Exchanger</i> 04 .....	90
3.27 <i>Heat Exchanger</i> 05 .....	92
3.28 <i>Heat Exchanger</i> 06 .....	93
3.29 <i>Heat Exchanger</i> 07 .....	95
3.30 <i>Heat Exchanger</i> 08 .....	96
3.31 <i>Heat Exchanger</i> 09 .....	97
3.32 Pompa 01 .....	99
3.33 Pompa 02 .....	100

*commit to user*

3.34 Pompa 03 .....	100
3.35 Pompa 04 .....	101
3.36 Pompa 05 .....	102
3.37 Pompa 06 .....	102
3.38 Pompa 07 .....	103
3.39 Pompa 08 .....	104
3.40 Pompa 09 .....	104
3.41 <i>Molecular Sieve Carbon Membrane</i> .....	105
<b>BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM</b> .....	<b>107</b>
4.1 Unit Pendukung Proses .....	107
4.1.1 Unit Pengadaan Air .....	108
4.1.1.1 Air Pendingin .....	109
4.1.1.2 Air Umpan Waste Heat Boiler .....	109
4.1.1.3 Air Konsumsi dan Sanitasi .....	110
4.1.1.4 Pengolahan Air .....	111
4.1.1.5 Kebutuhan Air .....	114
4.1.2 Unit Pengadaan Steam .....	116
4.1.3 Unit Pengadaan Udara Tekan .....	118
4.1.4 Unit Pengadaan Listrik .....	119
4.1.4.1 Listrik untuk Keperluan Proses dan Utilitas .....	120
4.1.4.2 Listrik untuk Penerangan .....	122
4.1.4.3 Listrik untuk AC .....	124
4.1.4.4 Listrik untuk Laboratorium dan Instrumentasi .....	124
4.1.5 Unit Pengadaan Bahan Bakar .....	125
4.1.5.1 <i>Furnace</i> .....	125
4.1.5.2 <i>Generator</i> .....	126
4.2 Laboratorium .....	126
4.2.1 Laboratorium Fisik .....	128
4.2.2 Laboratorium Analitik .....	129
4.2.3 Laboratorium Penelitian dan Pengembangan .....	128
4.2.4 Prosedur Analisa Bahan Baku dan Produk .....	129

*commit to user*



4.2.4.1 Analisa Kandungan Sulfur (H <sub>2</sub> S) .....	129
4.2.4.2 Analisa Kandungan Gas CO <sub>2</sub> .....	131
4.2.4.3 Analisa Hidrogen .....	132
4.2.5 Analisa Air .....	123
4.3 Unit Pengolahan Limbah .....	135
<b>BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN</b> .....	<b>136</b>
5.1 Bentuk Perusahaan .....	136
5.2 Struktur Organisasi .....	137
5.3 Tugas dan Wewenang .....	140
5.3.1 Pemegang Saham .....	140
5.3.2 Dewan Komisaris .....	141
5.3.3 Presiden Direktur .....	141
5.3.3.1 Divisi Produksi .....	142
5.3.3.2 Divisi Keuangan .....	144
5.3.3.3 Divisi Pengembangan .....	144
5.3.3.4 Divisi Administrasi .....	145
5.3.3.5 Divisi Pemasaran .....	146
5.3.4 Staf Ahli .....	146
5.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	147
5.4.1 Karyawan non <i>Shift</i> .....	147
5.4.2 Karyawan <i>Shift</i> .....	148
5.5 Status Karyawan dan Sistem Upah .....	150
5.5.1 Karyawan Tetap .....	150
5.5.2 Karyawan Harian .....	150
5.5.3 Karyawan Borongan (Kontraktor) .....	150
5.6 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji .....	150
5.6.1 Penggolongan Jabatan .....	150
5.6.2 Jumlah Karyawan dan Gaji .....	152
5.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan .....	154
5.7.1 Gaji Pokok .....	154
5.7.2 Tunjangan .....	154

*commit to user*



5.7.3	Cuti .....	155
5.7.4	Pakaian Kerja .....	155
5.7.5	Pengobatan .....	155
5.7.6	Asuransi Tenaga Kerja.....	155
5.8	Manajemen Perusahaan .....	155
5.8.1	Perencanaan Produksi .....	156
5.8.2	Pengendalian Produksi.....	158
BAB VI ANALISA EKONOMI .....		159
6.1	Penafsiran Harga Peralatan.....	159
6.2	Dasar Perhitungan.....	161
6.3	Penentuan <i>Total Capital Investment</i> (TCI).....	162
6.4	Hasil Perhitungan.....	163
6.4.1	<i>Fixed Capital Investment</i> (FCI).....	163
6.4.2	<i>Working Capital Investment</i> (WCI).....	164
6.4.3	<i>Total Capital Investment</i> (TCI).....	164
6.4.4	<i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC).....	165
6.4.5	<i>Indirect manufacturing Cost</i> (IMC) .....	165
6.4.6	<i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC).....	166
6.4.7	<i>Total manufacturing Cost</i> (TMC) .....	166
6.4.8	<i>General Expense</i> (GE).....	166
6.4.9	<i>Total Production Cost</i> (TPC).....	167
6.4.10	Analisa Kelayakan.....	169
Daftar Pustaka .....		171
Lampiran		
Lampiran A Data Sifat Fisis		
Lampiran B Neraca Massa		
Lampiran C Neraca Panas		
Lampiran D Reaktor		

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Data Impor Hidrogen Indonesia.....	3
Tabel 1.2	Data Komposisi Biogas dari POME.....	
	.5	
Tabel 1.3	Data Pabrik Hidrogen di Dunia.....	5
Tabel 1.4	Data Pabrik CPO di Palembang dan Sekitarnya.....	7
Tabel 1.5	Perbandingan Berbagai Proses Pembuatan Hidrogen.....	12
Tabel 2.1	Komponen penyusun biogas dan kandungannya.....	19
Tabel 2.1	Neraca Massa di Sekitar Absorber 01(T-101).....	44
Tabel 2.2	Neraca Massa di Sekitar Regenerator MDEA 01 (T-102) .....	44
Tabel 2.3	Neraca Massa di Sekitar Steam Reformer (R-101).....	45
Tabel 2.4	Neraca Massa di Sekitar WGSR (R-102).....	45
Tabel 2.5	Neraca Massa di Sekitar Absorber 02(T-103).....	46
Tabel 2.6	Neraca Massa di Sekitar Regenerator MDEA 02 (T-104).....	46
Tabel 2.7	Neraca Massa di Sekitar Metanator (R-103).....	47
Tabel 2.8	Neraca Massa Total .....	48
Tabel 2.10	Neraca Panas di Sekitar Absorber 01(T-101).....	49
Tabel 2.11	Neraca Panas di Sekitar Regenerator MDEA (T-102).....	49
Tabel 2.12	Neraca Panas di Sekitar Steam Reformer (R-101).....	50
Tabel 2.13	Neraca Panas di Sekitar WGSR (R-102).....	50
Tabel 2.14	Neraca Panas di Sekitar Absorber(T-103).....	51
Tabel 2.15	Neraca Panas di Sekitar Regenerator MDEA (T-104).....	51
Tabel 2.16	Neraca Panas di Sekitar Metanator (R-103).....	52
Tabel 2.17	Neraca Panas di Sekitar E-101.....	52
Tabel 2.18	Neraca Panas di Sekitar E-110.....	53
Tabel 2.19	Neraca Panas Total.....	54

*commit to user*

Tabel 4.1	Kebutuhan Air Pendingin.....	114
Tabel 4.2	Kebutuhan Air untuk Steam.....	115
Tabel 4.3	Kebutuhan Air Konsumsi Umum dan Sanitasi.....	115
Tabel 4.4	Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses dan Utilitas.....	120
Tabel 4.5	Jumlah Lumen Berdasarkan Luas Bangunan.....	122
Tabel 4.6	Total Kebutuhan Listrik Pabrik.....	124
Tabel 4.7	Data Komposisi Biogas dari POME.....	125
Tabel 5.1	Jadwal pembagian kelompok <i>shift</i> .....	149
Tabel 5.2	Jumlah Karyawan Menurut Jabatan.....	152
Tabel 6.1	Indeks Harga Alat.....	160
Tabel 6.2	<i>Fixed Capital Invesment</i> .....	163
Tabel 6.3	<i>Working Capital Investment</i> .....	164
Tabel 6.4	<i>Direct Manufacturing Cost</i> .....	165
Tabel 6.5	<i>Indirect Manufacturing Cost</i> .....	165
Tabel 6.6	<i>Fixed Manufacturing Cost</i> .....	166
Tabel 6.7	<i>General Expense</i> .....	166
Tabel 6.8	Analisa Kelayakan.....	169

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1-1	Grafik Impor Hidrogen di Indonesia.....	4
Gambar 1-2	Peta Lokasi Pabrik Hidrogen.....	9
Gambar 2-1	Diagram Alir Kualitatif.....	35
Gambar 2-2	Diagram Alir Kuantitatif.....	36
Gambar 2-3	Diagram Alir Proses.....	37
Gambar 2-4	Diagram Alir Neraca Panas.....	55
Gambar 2-5	Tata Letak Pabrik Hidrogen.....	58
Gambar 2-6	Lay Out Peralatan proses Pabrik Hidrogen.....	61
Gambar 4-1	Skema Pengolahan Air Sungai.....	115
Gambar 4-2	Skema Pengolahan Limbah.....	135
Gambar 5.1	Struktur organisasi pabrik Hidrogen.....	140
Gambar 6.1	Grafik Linierisasi Index Harga.....	160
Gambar 6.2	Grafik Analisa Kelayakan.....	170

## INTISARI

**Cecet Panduwinata, Sartanto, 2011, Prarancangan Pabrik Hidrogen dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup>/Tahun, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.**

Pabrik hidrogen dari biogas hasil pengolahan limbah cair kelapa sawit kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup>/tahun akan didirikan di Kabupaten Palembang Sumatera Selatan dikarenakan dekat dengan lokasi bahan baku dan pemasaran. Bahan baku yang berupa biogas sebesar 20.160.000 Nm<sup>3</sup>/tahun didapatkan dari pabrik biogas yang berada dekat dengan lokasi pabrik hidrogen ini.

Proses pembuatan hidrogen melalui berbagai tahap, yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap reaksi dan tahap pemurnian produk. Tahap persiapan bahan baku biogas dilakukan dengan mengontakkan biogas dengan larutan MDEA 48,9% untuk mereduksi senyawa karbon dioksida dan hidrogen sulfida kemudian memanaskannya dalam furnace. Bahan baku steam dibuat dengan *waste heat boiler* memanfaatkan *flue gas* keluaran reaktor. Reaksi pembentukan hidrogen dilakukan dengan dua tahap dalam *fixed bed Multitube Reactor*. Reaksi pertama dalam *Steam Reformer* berlangsung pada fase gas dengan tekanan 19,74 atm dan suhu 900 °C. Kemudian dilanjutkan reaksi tahap kedua dalam *Water Gas - Shift Reactor* pada tekanan 15 atm dan suhu 200°C. Produk keluar reaktor selanjutnya dimurnikan.

Proses pemurnian produk dilakukan dengan absorpsi, metanasi dan membran hidrogen. Proses absorpsi bertujuan mereduksi karbon dioksida yang terbentuk selama reaksi. Metanasi bertujuan menghilangkan karbon monoksida dan karbon dioksida yang tersisa dilakukan dalam metanator pada tekanan 20,74 dan suhu 313°C. Sedangkan proses membran hidrogen bertujuan untuk memisahkan hidrogen, steam dan metana sehingga diperoleh kemurnian hidrogen 99,99%. Proses ini dilakukan pada suhu 416 dan tekanan 40 atm.

Proses produksi pabrik dilengkapi dengan unit-unit pendukung yang terkumpul dalam unit utilitas. Unit utilitas meliputi unit pengadaan steam, unit pengadaan air, unit pengadaan listrik, unit pengadaan udara tekan, dan unit pengolahan limbah.

Pabrik Hidrogen direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas. Pertimbangan ini didasarkan atas tingkat resiko yang harus ditanggung pemilik saham perusahaan. Sedangkan manajemennya menggunakan sistem *line and staff*.

Pabrik hidrogene dapat dinyatakan layak secara ekonomi. Hal ini dapat dilihat dari berbagai parameter, yaitu BEP sebesar 49,24%, ROI 44,15%, POT 1,85 tahun, SDP 30,17%, dan DCF 24,05%.



*commit to user*





## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik**

Indonesia merupakan salah satu Negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia. Perkebunan kelapa sawit Indonesia tersebar terutama di daerah Kalimantan dan Sumatera. Dengan melimpahnya produksi kelapa sawit di Indonesia, industri pengolahan tandan buah segar kelapa sawit (industri CPO) juga banyak berdiri.

Industri CPO dalam proses produksinya, di samping menghasilkan produk utama berupa minyak, juga menghasilkan limbah. Limbah yang dihasilkan industri CPO berupa limbah padat dan limbah cair. Limbah industri CPO cukup besar dan berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi dan bahan baku pembuatan bahan kimia.

Limbah padat dapat diolah dengan proses gasifikasi untuk menghasilkan gas sintesa (CO dan H<sub>2</sub>) yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar mesin diesel atau generator. Di samping itu, gas sintesa juga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bahan kimia semisal metanol.

Limbah cair industri CPO dapat diolah menjadi biogas dengan proses fermentasi dalam digester. Biogas yang dihasilkan dapat secara langsung digunakan sebagai bahan bakar atau diolah kembali untuk menghasilkan bahan kimia lain semisal hidrogen dan metanol. Hidrogen





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

merupakan bahan baku pembuatan amoniak (NH<sub>3</sub>). Amoniak direaksikan dengan CO<sub>2</sub> akan menghasilkan urea (CO(NH)<sub>2</sub>).

Sumatera Selatan merupakan salah satu wilayah yang memiliki perkebunan kelapa sawit yang cukup besar. Industri CPO di wilayah ini juga sudah banyak berdiri dan akan dibangun lagi industri CPO yang lain untuk mengolah tandan buah segar kelapa sawit. Di samping itu, di wilayah ini yaitu di kabupaten Palembang juga berdiri industri pupuk yaitu PT. Pupuk Sriwidjadja.

Selama ini, PT. Pupuk Sriwidjadja dalam memenuhi kebutuhan hidrogen untuk pembuatan amoniak membuat sendiri dengan bahan baku metana (CH<sub>4</sub>) yang masih mendapat subsidi dari pemerintah. Dengan menipisnya cadangan gas alam Indonesia yang diperkirakan akan habis pada tahun 2050 proses penghematan dan upaya penggantian sumber bahan baku dapat dilakukan mulai sekarang.

Melihat potensi yang ada, maka pabrik pembuatan hidrogen dari limbah cair kelapa sawit dapat dibangun dengan tujuan memanfaatkan limbah industri CPO sekaligus menyediakan bahan baku pembuatan amoniak dan metanol, bahan bakar, dan sebagainya sehingga upaya penghematan gas alam terealisasi.

## **1.2 Kapasitas Perancangan**

Dalam penentuan kapasitas perancangan pabrik hidrogen ini didasarkan pada pertimbangan kebutuhan Hidrogen di Indonesia dan ketersediaan bahan baku, serta kapasitas pabrik hidrogen yang sudah ada.

*commit to user*

---



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

### 1.2.1 Prediksi Kebutuhan Hidrogen di Indonesia

Kebutuhan hidrogen Indonesia sampai tahun 2009 masih dicukupi melalui impor. Perancangan pabrik hidrogen ini berorientasi pada pemenuhan kebutuhan hidrogen untuk Indonesia dan untuk pengembangan sumber energi yang ramah lingkungan yang berasal dari bahan baku yang terbarukan serta dalam rangka pemanfaatan limbah cair dari pengolahan kelapa sawit.

Berikut ini data impor hidrogen negara Indonesia dari tahun 2005 – 2009 yang diperoleh dari website biro pusat statistik (BPS) Indonesia pada tanggal 24 Juni 2010 pukul 10.00 WIB.

Table 1.1 Data Impor Hidrogen Indonesia.

Tahun	Impor H <sub>2</sub>	
	Kg	Nm <sup>3</sup>
2005	80.028	890.189,1
2006	357.782	3.979.778
2007	418.732	4.657.753
2008	896.313	9.970.111
2009	706.883	7.862.992

(Sumber : [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id))

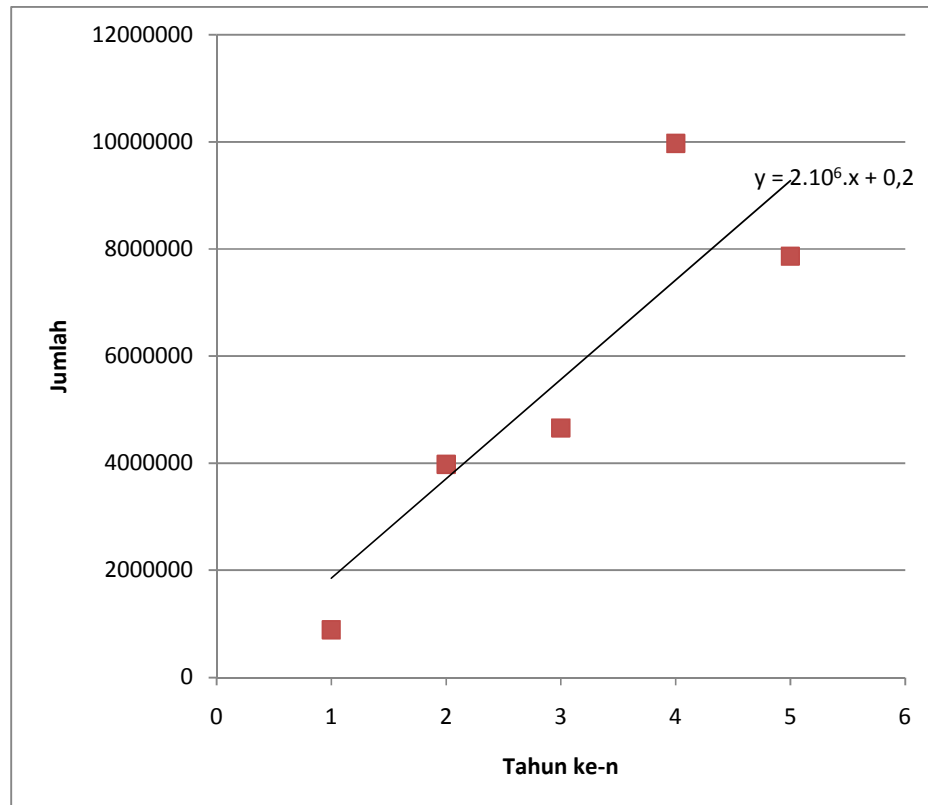
Berdasarkan data di atas, dapat diketahui bahwasanya industri di Indonesia masih membutuhkan hidrogen dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan bahan baku dalam kegiatan usahanya. Dari data impor hidrogen Indonesia yang tersaji pada tabel 1.1 dengan asumsi mengabaikan penurunan

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

impor, dapat dilihat bahwa kebutuhan impor hidrogen di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung semakin meningkat sesuai dengan persamaan garis lurus  $y = 2.10^6 \cdot x + 0,2$ , dengan  $y$  adalah jumlah impor hidrogen pada tahun tertentu, sedangkan  $x$  adalah tahun ke  $n$  yang dimulai pada tahun 2005-2009.



Gambar 1.1 Grafik impor Hidrogen Indonesia.

Dari persamaan  $y = 2.10^6 \cdot x + 0,2$  besarnya impor hidrogen pada tahun 2015 diperkirakan sebesar 22.000.000 Nm<sup>3</sup>.

### 1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan hidrogen ini adalah gas metana yang berasal dari biogas hasil pengolahan limbah cair/*palm oil mill effluent*(POME) pabrik *crude palm oil* (CPO). Pengolahan sebanyak 30 ton

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> /Tahun*

tandan buah sawit (TBS)/jam menjadi CPO akan diperoleh 400 m<sup>3</sup>/hari POME yang mana bila diolah menjadi biogas akan menghasilkan 11.200 m<sup>3</sup>/hari dengan komposisi sebagai berikut:

Table 1.2 Data komposisi biogas dari POME

Senyawa	%Volum
Metana(CH <sub>4</sub> )	62.5
Karbondioksida(CO <sub>2</sub> )	37
Hydrogen sulfide(H <sub>2</sub> S)	5000 Vppm

(sumber : [www.claverton-energy.com](http://www.claverton-energy.com))

Sehingga besar kecilnya kapasitas pabrik hidrogen yang akan dibuat sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya kapasitas pabrik CPO yang ada. Di samping itu, kapasitas rata-rata pabrik CPO yang ada di Indonesia berkisar antara 45-60 ton TBS/jam.

### 1.2.3 Kapasitas pabrik hidrogen yang telah ada

Berikut adalah data pabrik hidrogen yang ada di dunia:

Table 1.3 Data pabrik hidrogen di dunia

No	Nama Pabrik	Kapasitas Produksi (Nm <sup>3</sup> /jam)	Negara	Proses
1.	BorsodChem MCHZ-1	6.000	Republik Cheko	Steam Reforming
2.	Luoyang Petrochemical Complex <sup>-2</sup>	40.000	Cina	-
3.	Shandong Lanqiao Group Co., Ltd <sup>-2</sup>	15.000	Cina	-
4.	Dushanzi Petrochemical Company <sup>-2</sup>	80.000	Cina	-
5.	Dalian West Pacific Petrochemical Co., Ltd <sup>-2</sup>	60.000	Cina	-
6.	Sincrudos de Oriente's (SINCOR) oil <sup>-3</sup>	200.000	Venezuela	Steam Reforming

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Table 1.3 Data pabrik hidrogen di dunia(lanjutan)

7.	Sincrudos de Oriente's (SINCOR) oil <sup>-3</sup>	100.000	Venezuela	Steam Reforming (Uhde teknologi)
8.	Air Liquide Large Industries U.S L.P <sup>-4</sup>	142.000	Amerika	Steam reforming
9.	Shanghai Huaxi Chemical Industry Science & Technology Co.,Ltd <sup>-5</sup>	14.000	Cina	-

Sumber : 1. www.topsoe.com

2. www.lpec.com.cn

3. www.uop.com

4. www.search.airliquide.com

5. www.huaxigas.com

#### 1.2.4 Kapasitas pabrik hidrogen

Penentuan kapasitas pabrik berdasarkan ketiga alasan yaitu perkiraan kebutuhan hidrogen pada tahun 2015, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas pabrik hidrogen yang telah adalah 6000 Nm<sup>3</sup>/jam. Jika pabrik beroperasi selama 24 jam dalam sehari dan 300 hari dalam setahun, maka kapasitas pabrik hidrogen yang akan didirikan setara dengan 43.200.000 Nm<sup>3</sup>/tahun. Sehingga akan mampu memenuhi kebutuhan impor hidrogen Indonesia yang mencapai 22.000.000 Nm<sup>3</sup>/tahun dan sisanya bisa diekspor sebesar 21.200.000 Nm<sup>3</sup>/tahun.

#### 1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik sangat penting dalam menentukan kelangsungan hidup suatu pabrik, dalam hal ini lokasi yang dipilih adalah di Palembang, Sumatera Selatan. Terdapat dua faktor yang menentukan dalam pemilihan lokasi pabrik yaitu:

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

### 1.3.1 Faktor Primer

#### a. Letak pabrik terhadap bahan baku

Lokasi berdirinya pabrik merupakan salah satu kawasan penghasil kelapa sawit. Pengolahan kelapa sawit menjadi CPO akan menghasilkan limbah cair yang mana akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan biogas, dimana dari biogas ini akan dibuat hidrogen. Kebutuhan biogas untuk kapasitas produksi hidrogen 43.200.000 Nm<sup>3</sup>/tahun sesuai hasil perhitungan adalah sebesar 79.887.939,77 Nm<sup>3</sup>/tahun atau setara dengan 11.096 Nm<sup>3</sup>/jam. Kebutuhan biogas ini digunakan sebagai bahan baku sebesar 2.800 Nm<sup>3</sup>/jam dan bahan bakar *furnace* sebesar 8.295 Nm<sup>3</sup>/jam. Biogas sebesar itu dapat dipenuhi di daerah Sumatera Selatan.

Tabel 1.4 Data pabrik CPO di Sumatera Selatan

Nama Pabrik	Produksi TBS (ton/jam)	Potensi Biogas (Nm <sup>3</sup> /jam)
PT. Lonsum	45	699,75
PT. Sampoerna Agro	140	2.177
PT. Minaga Ogan	60	933
PT .Perkebunan Hasil Musi Lestari	150	2.332,5
PT.Perkebunan Rakyat	60	933
PT. Multi Rada Multi Maju	60	933
PT. Juanda Sawit Lestari	150	2.332,5
PT.Bina Sain Corp	90	1.399,5
PT.Dwi Raksa Usaha Perkasa	60	933
PT. Dendi Marker Indah Lestari	270	4.198,5
<b>Jumlah</b>	<b>1085</b>	<b>16.871,75</b>





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

b. Tersedianya tenaga kerja

Palembang merupakan pusat kota dan telah berdiri industri lain yaitu PT. Pupuk Sriwidjadja, sehingga untuk memperoleh tenaga kerja yang terampil maupun tidak terampil sangat mudah.

c. Ketersediaan utilitas (sumber air dan listrik serta bahan bakar)

Wilayah ini dekat dengan sungai besar yaitu sungai Musi, dan mempunyai sumber air yang cukup baik. Juga adanya batu bara sebagai sumber bahan bakar dan energi yang mencukupi bagi unit utilitas pabrik. Sebagai pusat kota ketersediaan listrik terjamin.

### 1.3.2 Faktor Sekunder

a. Harga tanah

Harga tanah di Palembang relatif terjangkau untuk daerah industri karena di daerah tersebut juga banyak pabrik yang sudah berdiri.

b. Kemungkinan perluasan pabrik

Lahan kosong di kota Palembang masih tersedia cukup luas sehingga memungkinkan untuk perluasan pabrik. Hal ini perlu diperhatikan karena potensi pengembangan pabrik hidrogen ini menjadi industri terpadu sangat tinggi.

c. Transportasi

Lokasi pabrik yang terletak di kota Palembang dan dekat dengan sungai Musi memudahkan sarana transportasi ke pabrik.





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Berikut adalah lokasi pendirian pabrik hidrogen:



Gambar 1-2 Lokasi Pabrik hidrogen

## 1.4 Tinjauan Pustaka

### 1.4.1 Macam-macam Proses

Terdapat beberapa macam proses dalam pembuatan hidrogen yang komersial secara industri. Proses-proses tersebut antara lain:

#### 1. *Steam reforming*

Dalam proses ini bahan baku yang dapat digunakan adalah *light hydrocarbon* (range antara gas alam sampai naphta ). Dalam

*commit to user*

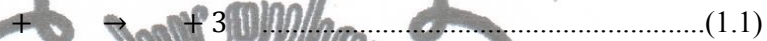


*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

proses steam reforming bahan baku direaksikan dengan steam yang mana akan menghasilkan sintesis gas (CO, H<sub>2</sub>).

Proses ini biasanya terjadi pada kondisi operasi yaitu suhu antara 800-870<sup>0</sup>C dan tekanan antara 2,17-2,86 Mpa (300-400 psig) dengan katalis dasar nikel.

Reaksinya adalah sebagai berikut:



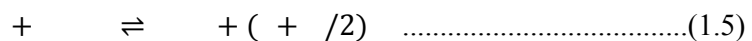
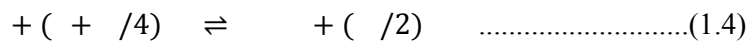
2. *Water electrolysis*

Hidrogen dengan kemurnian tinggi dihasilkan dengan melewatkan arus DC melewati elektroda nikel dalam larutan alkali.



3. *Partial pressure oxidation of hydrocarbon*

Dalam proses ini hidrokarbon dibakar dengan oksigen atau campuran gas kaya oksigen untuk menghasilkan gas yang mengandung hidrogen, karbon monoksida dan sejumlah kecil karbon dioksida uap air dan metana.



4. *Coal gasification*

Secara umum, semua jenis batubara dapat diproses dengan sistem ini. Teknologi proses gasifikasi dibedakan menurut tipe gasifier dan kondisi operasi yang dibentuk. Ada tiga tipe gasifier dasar

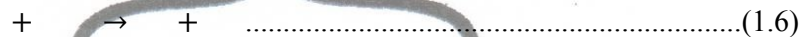
*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

yaitu *fixed bed*, *fluidized bed*, dan *entrained-flow*. Sedangkan Proses gasifikasi dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam menurut suhu operasi proses gasifikasi, yaitu *low gasification*, *medium gasification*, *high gasification*.

Reaksi yang terjadi dalam proses gasifikasi adalah:



(Mc. Ketta, 1983)

5. *Microbial conversion of biomass*

Limbah cair organik dengan konsentrasi tinggi merupakan salah satu jenis *biomass* yang dapat dikonversi menjadi hidrogen. Proses konversi limbah cair menjadi hidrogen dilakukan oleh *consortium of bacteria* dengan jalan memfermentasi karbohidrat. Di samping itu, hidrogen juga dapat dibuat dari limbah padat dan *slurry* buangan digester yang mana difermentasi oleh bakteri *R. sphaeroides* RV. Hidrogen juga dapat dibuat dari *whey* oleh phototropic bacteria semisal *R. rubrum* dan *R. capsulatus*.(Kaushik Nath, 2003)



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

## 1.4.2 Perbandingan pemilihan proses

Tabel 1.5 perbandingan berbagai proses pembuatan hidrogen

Pembanding	<i>Steam reforming</i>	<i>Coal gasification</i>	<i>Electrolysis</i>	<i>Thermal decomposition</i>	<i>Microbial conversion of biomass</i>
Teknologi	Ada	Ada	Ada	Dalam tahap riset	Dalam tahap riset
Dampak terhadap lingkungan	Menipisnya gas alam dan hidrokarbon fraksi ringan yang lain	Polusi udara mungkin menjadi lebih sedikit	Masalah masalah polusi dengan Pembangkitan listrik	Efisiensi tinggi dapat mencegah bahan-bahan kimia yang berbahaya	Mengurangi pencemaran terhadap lingkungan
Keuntungan	Relatif murah	Relatif murah	-Ukuran pabriknya kecil. -Dapat menggunakan bahan bakar non fosil.	-Dapat menggunakan bahan bakar non fosil	- Limbah cair dapat diolah secara simultan - menghasilkan bahan lain yang berguna (pupuk organik)
Kelemahan	terbatasnya pasokan metana	terbatasnya sumber-sumber batu bara	Biaya tinggi, efisiensi energi netto rendah	Komplek pabrik yang luas	Mebutuhkan mikroorganisme tertentu
Perkiraan biaya produksi hidrogen \$/100Nm <sup>3</sup>	7,19	15,46	22,63	11,15	-
Efisiensi Panas (%)	78,5	63,2	27,2	76,8	-
Suhu (°C)	800-1000	650-1093*	80*	-	± 30
Tekanan (atm)	30-40	76*	1*	-	atmosferis

Sumber : 1. www.knowledgepublications.com

2. Current science, 2003

## 1.4.2 Kegunaan Produk

Hidrogen mempunyai kegunaan antara lain merupakan bahan baku dalam pembuatan amonia, urea, metanol, alkohol fraksi berat, dan asam hidroklorik. Di samping itu, hidrogen juga digunakan sebagai agen pereduksi, desulfuriser dan hidrogenator petroleum dan *edibels oil*.

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

### 1.4.3 Sifat Fisis dan Kimia

#### 1. Bahan Baku

Bahan baku pembuatan hidrogen ini adalah biogas hasil pengolahan limbah cair/*palm oil mill effluent*(POME) pabrik *crude palm oil*(CPO). Gas ini paling banyak disusun oleh metana (CH<sub>4</sub>), seperti terlihat dalam tabel berikut:

Tabel 1.6 Komponen penyusun biogas dan kandungannya

Komponen	Kandungan(% Volum)
Metana (CH <sub>4</sub> )	62.5
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	37
Hidrogen sulfida (H <sub>2</sub> S)	5000 vppm

(Sumber : [www.cleverton-energy.com](http://www.cleverton-energy.com))

Sifat Fisika Metana (Perry, 1997)

- Wujud : gas
- Berat molekul : 16,043 gr/mol
- Titik beku : 90,7 K
- Titik didih : 117,7 K
- Suhu kritis : 190,6 K
- Tekanan kritis : 45,4 atm

Sifat Kimia Metana

- Merupakan senyawa kovalen nonpolar
- Mudah terbakar

*commit to user*





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Sifat Fisika Air (Perry,1997)

- Berat Molekul : 18,015 g/mol
- Titik Beku : 0 °C
- Titik Didih : 100 °C
- Suhu Kritis : 647,13 °C
- Tekanan Kritis : 219,4 atm
- Volume Kritis :  $5,6 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/mol
- Panas Penguapan : 40,7 KJ/mol
- Panas Pembakaran : 6,008 KJ/mol
- Densitas : 1 kg/m<sup>3</sup> (liquid)

Sifat Kimia Air

- Merupakan pelarut yang baik
- Dapat terurai menjadi unsur-unsur penyusunnya dengan proses elektrolisis.

## 2. Produk

Sifat Fisika Hidrogen (Perry 1997)

- Wujud : gas
- Berat molekul : 2,018 gr/mol
- Titik beku : 14 K
- Titik didih : 20,4 K
- Suhu kritis : 33,2 K
- Tekanan kritis : 12,8 atm

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Sifat Kimia Hidrogen

- Mudah terbakar
- Dengan oksigen akan membentuk air

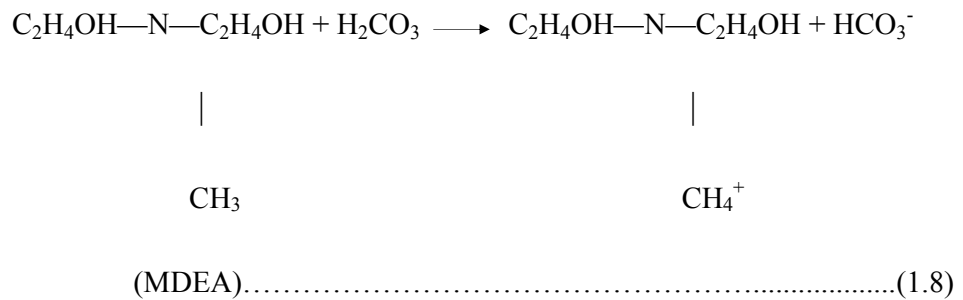
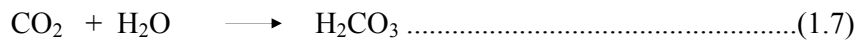
**3. Senyawa lain yang terlibat dalam proses**

Sifat fisis Metildiethanolamine (MDEA)

- Berat Molekul : 119,17
- Titik Didih : 247 °C
- Panas Reaksi CO<sub>2</sub> : 1396,67 kJ/kg
- Panas Reaksi H<sub>2</sub>S : 1215 kJ/kg
- Tekanan Uap 37 °C : 8,02 x 10<sup>-6</sup> atm
- Konsentrasi Operasi : 30-50 % berat
- Beban Gas Asam : 0,4-0,7 mol/mol
- Kapasitas serap relative : 51 %

Sifat kimia Sifat fisis Metildiethanolamine (MDEA)

- Dapat menyerap CO<sub>2</sub> menurut reaksi



*commit to user*





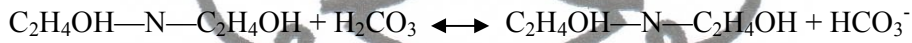
*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

- Mempunyai sifat korosif yang rendah yang pada umumnya digunakan pada konsentrasi 30-50%
- Beban gas asam antara 0,4-0,6 mol/mol

(PT Badak Natural Gas Liquefaction)

**1.4.4 Tinjauan Proses secara Umum**

Biogas dengan kandungan CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>S diabsorpsi untuk menghilangkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S dengan menggunakan larutan MDEA 48,9% berat. Larutan MDEA dan biogas masuk absorber pada suhu 40°C dan tekanan 1,5 atm. Di dalam absorber terjadi penyerapan CO<sub>2</sub> oleh larutan MDEA menurut mekanisme:



(MDEA).....(1.10)

Larutan MDEA juga menyerap kandungan H<sub>2</sub>S karena H<sub>2</sub>S mudah larut dalam air. Keluar dari absorber gas kemudian dikompresi sampai tekanan 19,74 atm dan dipanaskan sampai suhu 900°C. Biogas kemudian dicampur dengan steam pada pipa pencampur, dalam hal ini steam dibuat berlebih dengan perbandingan steam dan carbon masuk reformer adalah 3:1 agar reaksi yang terjadi di dalam reformer dapat berlangsung ke kanan. Biogas dan steam akan

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

bereaksi di dalam reformer dengan bantuan katalis NiO. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Reaksi yang terjadi merupakan reaksi endotermis. Gas produk reaksi di reformer beserta gas reaktan sisa (H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub> sisa, H<sub>2</sub>O sisa) kemudian diumpankan ke Water Gas Shift Reaktor (WGSR) dengan kondisi operasi suhu 200°C dan tekanan 19 atm supaya gas CO terkonversi menjadi H<sub>2</sub>. Reaksi yang terjadi dalam WGSR adalah :



Reaksi yang terjadi di WGSR adalah reaksi eksotermis. Setelah melalui unit WGSR, gas produk kemudian dimurnikan dengan absorber untuk mereduksi kandungan CO<sub>2</sub>. Absorber beroperasi pada tekanan 14 atm dan suhu 45°C.

Untuk mendapatkan produk utama H<sub>2</sub> dengan kemurnian tinggi (99,99 %), gas hasil atas dari absorber diumpankan ke metanator untuk mengkonversi sisa CO dan CO<sub>2</sub> menjadi metana. Kondisi operasi metanator adalah suhu 313,15°C dan tekanan 20,74 atm. Reaksi yang terjadi di dalam metanator adalah :



Produk gas keluar metanator yang masih mengandung steam dan metana kemudian dimurnikan dengan cara melewatkannya campuran gas tersebut pada *molecular sieve membrane hydrogen* dengan kondisi operasi tekanan 40 atm dan

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

suhu 416°C. *Molecular sieve carbon membrane* akan memisahkan hidrogen dari metana dan steam dengan kemurnian 99,99%. Hidrogen didinginkan sampai suhu lingkungan (30°C) kemudian ditampung dalam tangki penampungan hidrogen sementara untuk kemudian dikirim ke pengguna melalui pipanisasi, sedangkan campuran gas metana dan steam dikirim ke unit pengolahan limbah.





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

## BAB II

### DESKRIPSI PROSES

#### 2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

##### 2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

##### 2.1.1.1 Biogas

Tabel 2.1 Komponen penyusun biogas dan kandungannya

Komponen	% Volum
Metana (CH <sub>4</sub> )	62.5
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	37
Hidrogen sulfida (H <sub>2</sub> S)	5000 vppm

(Sumber : [www.cleverton-energy.com](http://www.cleverton-energy.com))

- Kondisi

Suhu : 34.85<sup>0</sup>C

Tekanan : 1 - 3 atm

##### 2.1.2 Spesifikasi Produk

##### 2.1.2.1 Hidrogen

- Kondisi

Wujud : gas

Kemurnian : 99,9%

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

### 2.1.3 Spesifikasi Bahan Pembantu (katalis)

#### 2.1.3.1 Katalis pada Steam Reformer

- Katalis : NiO
- Penyangga : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>TiO<sub>2</sub>SiO<sub>2</sub>
- Bentuk : ring
- Ukuran
  - Diameter : 13-14 mm
  - Tinggi : 16,5-18,5 mm
- Bulk density : 0.7-0.8 kg/liter
- Porositas : 0,3
- Bed Surface area : 3-4 m<sup>2</sup>/gr
- Kemurnian : 15-17 %

(Sumber : [www.sarvco.ir](http://www.sarvco.ir))

#### 2.1.3.2 Katalis pada Water Gas Shift Reactor

- Katalis : CuO/ZnO
- Penyangga : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- Bentuk : Tablet
- Ukuran
  - Diameter : 5 mm
  - Panjang : 4 – 6 mm
- Bulk density : 1,2 – 1,3 kg/liter
- Porositas : 0,27

(Sumber : [www.made-in-china.com](http://www.made-in-china.com))

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

### 2.1.3.3 Katalis pada Metanator

- Katalis : NiO
- Penyangga : Silica
- Bentuk : *Spherical*
- Ukuran
- Diameter : 2.5-4 mm
- *Bulk density* : ≤1 kg/liter
- Porositas : 0,3
- *Bed Surface area* : ≥120 m<sup>2</sup>/gr
- Kemurnian : 18 %

(Sumber : <http://hxhg.en.alibaba.com>)

## 2.2 Konsep Proses

### 2.2.1 Dasar reaksi

Proses pembuatan gas hidrogen dengan proses *steam methane reforming* melalui tiga tahapan proses, yaitu proses pembentukan gas hidrogen pada *steam reformer*, proses pembentukan gas hidrogen tambahan pada *water gas shift reactor*, dan proses pemurnian gas sisa (CO dan CO<sub>2</sub>) pada *methanator*.

Reaksi – reaksi yang terjadi pada ketiga tahapan proses tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Pembentukan gas hidrogen pada *steam reformer*

Reaksi yang terjadi pada *steam reformer* adalah :



*commit to user*



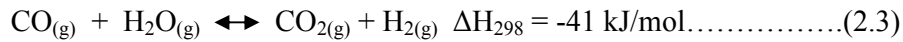


*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*



- b. Pembentukan hidrogen pada *water gas-shift reactor (WGSR)*

Reaksi yang terjadi pada *water gas shift reactor* adalah :



- c. Reaksi metanasi pada *methanator* sebagai penghilangan kandungan CO<sub>2</sub> dan CO sisa

Reaksi yang terjadi pada *methanator* adalah :



## 2.2.2 Kondisi Operasi

Kondisi operasi reaksi pada masing – masing tahapan proses reaksi pembuatan hidrogen adalah sebagai berikut :

### a. Pembentukan gas hidrogen pada *steam reformer*

- Suhu : 900°C
- Tekanan : 19,74 atm
- Fase : gas
- Katalis : NiO
- Sifat Reaksi : endotermis
- Tipe *Reformer* : *Furnace*
- Reaktor : *Fixed Bed Multitube*
- Kondisi Reaksi : isothermal, non adiabatik

*commit to user*





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

**b. Pembentukan gas hidrogen tambahan pada WGSR**

- Suhu : 200°C
- Tekanan : 19 atm
- Fase : gas
- Katalis : CuO/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- Sifat Reaksi : eksotermis
- Reaktor : *Fixed Bed Multitube*
- Kondisi Reaksi : isothermal, non adiabatis

**c. Proses metanasi pada *methanator***

- Temperatur : 313 °C
- Tekanan : 20,74 atm
- Fase : gas
- Katalis : NiO
- Sifat Reaksi : eksotermis
- Reaktor : *Fixed Bed Multitube*
- Kondisi Reaksi : isothermal, non adiabatis

**2.2.3 Mekanisme Reaksi**

Reaksi pembuatan hidrogen dengan proses *steam reforming* tekanan dan suhu tinggi dengan katalis padat dan reaktan gas, mengikuti tahap-tahap reaksi sebagai berikut:

Mekanisme reaksi di *Reformer* :

1. H<sub>2</sub>O bereaksi di permukaan atom nikel, menghasilkan gas hidrogen dan oksigen yang teradsorpsi.

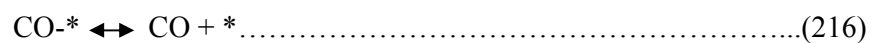
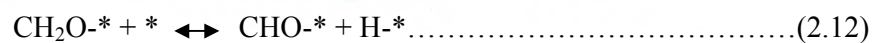
*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

2. H<sub>2</sub> yang terbentuk seketika dalam fase gas dan atau gas H<sub>2</sub> berada dalam kesetimbangan antara H dan H<sub>2</sub> yang teradsorpsi.
3. Metana teradsorpsi pada permukaan atom nikel. Metana yang teradsorpsi juga bereaksi dengan oksigen yang teradsorpsi atau bergabung membentuk *chemisorbed radicals*, CH<sub>x</sub> dengan x=0-3.
4. Oksigen yang teradsorpsi dan karbon *radicals* bereaksi untuk membentuk *chemisorbed* CH<sub>2</sub>O, CHO, CO atau CO<sub>2</sub>.
5. CO dan CO<sub>2</sub> terbentuk dari CHO dan CH<sub>2</sub>O.

Mekanisme reaksinya adalah (\*menunjukkan reaksi dipermukaan katalis):



(P.van Beurden,2004)

*commit to user*

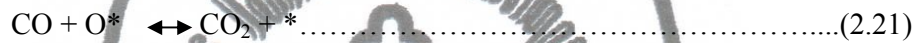


*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Mekanisme reaksi di WGSR :

1. H<sub>2</sub>O bereaksi di permukaan atom Cu, menghasilkan gas hidrogen dan oksigen yang ter adsorpsi.
2. Oksigen yang teradsorpsi dan CO bereaksi untuk membentuk CO<sub>2</sub> di permukaan atom Cu

Mekanisme reaksinya adalah (\*menunjukkan reaksi di permukaan):

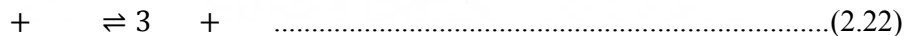


(J. R. Ladebeck, 2003)

**2.2.4 Tinjauan Kinetika**

Persamaan kecepatan reaksi untuk reaksi di *steam reformer* adalah sebagai berikut:

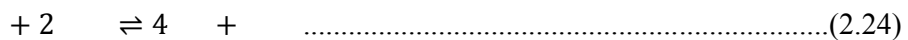
Untuk reaksi :



Persamaan kecepatan reaksinya :

$$= \frac{r}{K} (1 - \dots) \dots\dots\dots(2.23)$$

Untuk reaksi :



Persamaan kecepatan reaksinya :

$$= \frac{r}{K} (1 - \dots) \dots\dots\dots(2.25)$$



Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun

Dengan :

$$k_1 = 4,23 \times 10^{15} \exp(-240,1/RT)$$

$$k_2 = 2,00 \times 10^6 \exp(-67,1/RT)$$

$$Z = 1 + K_P + K_P + K_P + K_P / P$$

$$= ( ) /$$

$$K =$$

$$K =$$

$$K_{a,CO} = 8,23 \times 10^{-5} \exp(70,65/RT)$$

$$K_{a,H_2} = 6,12 \times 10^{-9} \exp(82,9/RT)$$

$$K_{a,CH_4} = 6,65 \times 10^{-4} \exp(38,28/RT)$$

$$K_{a,H_2O} = 1,77 \times 10^5 \exp(88,68/RT)$$

r = kecepatan reaksi

k = konstanta kecepatan reaksi (mol/detik.Kg)

P<sub>(i)</sub> = tekanan parsial komponen i

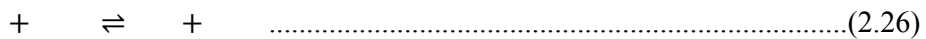
T = suhu (K)

R = konstanta gas (8,314 J/mol.K)

(Velu Subramani dkk.,2010)

Persamaan kecepatan reaksi di *WGSR* adalah sebagai berikut :

Reaksi :



Persamaan kecepatan reaksinya :

$$= \frac{r}{( )} (1 - ) \dots\dots\dots(2.27)$$

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Dengan :

r = kecepatan reaksi (mol/g.mnt)

T = suhu (K)

Pi = tekanan parsial komponen (Pa)

$$= 0,92$$

$$=$$

$$= 1 + 2,2 + 0,4 + 0,0047 + 0,05$$

$$K_{eq} = 210,82$$

Persamaan kecepatan reaksi di metanator :

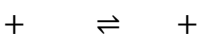
Untuk reaksi :



Persamaan kecepatan reaksinya :

$$= \dots\dots\dots / ( \dots ) \dots\dots\dots(2.29)$$

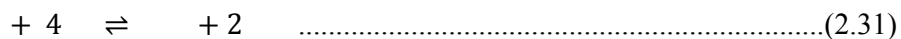
Untuk reaksi :



Persamaan kecepatan reaksinya :

$$= \dots\dots\dots / ( \dots ) \dots\dots\dots(2.30)$$

Untuk reaksi :





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> /Tahun*

Persamaan kecepatan reaksinya :

$$= \frac{R}{k_i P_i} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dengan:

R = kecepatan reaksi (kmol/kg.jam)

Pi = tekanan parsial komponen (kPa)

$$= 9,49 \cdot 10^3$$

$$= 4,39 \cdot 10^3$$

$$= 2,29 \cdot 10^3$$

$$= 10266,76$$

$$= \dots\dots\dots$$

$$DEN = 1 + K_1 P_1 + K_2 P_2 + K_3 P_3 + K_4 P_4 / P$$

T = suhu (K)

Ki = konstanta penyerapan

k = konstanta kecepatan reaksi

**2.2.5 Tinjauan Termodinamika**

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (endotermis/eksotermis) dan arah reaksi (*reversible/irreversible*). Penentuan panas reaksi berjalan secara endotermis atau eksotermis dapat diketahui dengan panas pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ ) pada tekanan 1 atm dan suhu 298 K.

Secara termodinamika reaksi-reaksi yang terjadi pada masing-masing reaktor dapat dijabarkan sebagai berikut :

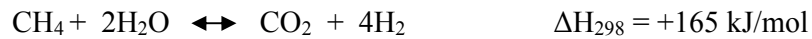
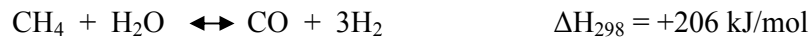
*commit to user*





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Reaksi pada *steam reformer*



Kedua reaksi tersebut termasuk reaksi endotermis dilihat dari nilai panas pembentukan standar ( $\Delta H_{298}$ ) yang bernilai positif.

Untuk menentukan arah reaksi dapat diketahui dengan nilai konstanta kesetimbangan reaksinya (K) yang dapat ditentukan dengan  $\Delta G_f^0$ , dimana hubungan antara  $\Delta G_f^0$  dan K adalah sebagai berikut :

$$\Delta G_f^0 = -RT \ln K$$

$$\Delta G_f^0 = \sum(n_i \cdot \Delta G_f^0)_{\text{produk}} - \sum(n_i \cdot \Delta G_f^0)_{\text{reaktan}}$$

Komponen	Harga $\Delta G_f^0$ (J/mol)
CH <sub>4</sub>	-50460
H <sub>2</sub> O	-228572
CO	-137169
H <sub>2</sub>	0

$$\begin{aligned} \Delta G_f^0 &= (\Delta G_f^0 \text{ CO} + \Delta G_f^0 \text{ H}_2) - (\Delta G_f^0 \text{ CH}_4 + \Delta G_f^0 \text{ H}_2\text{O}) \\ &= (-137169) - (-50460 - 228572) \text{ J/mol} \\ &= 141863 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Dari Smith Van Ness Equation (15.14)

$$\ln K_{298} = \frac{\Delta}{R T}$$

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

$$= -57,25888$$

Dari Smith Van Ness Equation (15.17)

$$\ln \frac{K}{K'} = \frac{-\Delta H}{RT} - \frac{1}{T} + \frac{1}{T'}$$

Dengan :

K = konstanta kesetimbangan reaksi pada suhu tertentu

T = suhu tertentu

R = tetapan gas ideal (8,314 kJ/mol.K)

$\Delta H_{298}$  = panas reaksi standar pada 298 K

Pada suhu 900°C (1173 K) besarnya konstanta kesetimbangan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\ln \frac{K}{K'} = -\frac{\Delta H}{RT} - \frac{1}{T} + \frac{1}{T'}$$

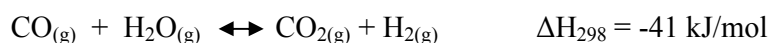
$$\ln K - \ln K' = -\frac{206000}{8,314} - \frac{1}{1173} + \frac{1}{298}$$

$$K_{1173} = 110,7816$$

Karena harga konstanta kesetimbangan  $> 1$ , maka reaksi berlangsung ke arah kanan (*irreversible*).

Dengan cara yang sama nilai  $K_{1173}$  untuk reaksi kedua adalah  $3,96 \times 10^{-7}$  maka dapat disimpulkan bahwa reaksi berlangsung *reversible*.

Reaksi pada *water gas shift reactor*



Dilihat dari harga  $\Delta H_{298}$  yang bernilai negatif, maka reaksi bersifat eksotermis.

Sedangkan untuk penentuan arah reaksi dapat dihitung sebagai berikut :

$$\Delta G_f^0 = -RT \ln K$$

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

$$\Delta G_f^0 = \sum(n. \Delta G_f^0)_{\text{produk}} - \sum(n. \Delta G_f^0)_{\text{reaktan}}$$

Komponen	Harga $\Delta G_f^0$ (kJ/mol)
CO	-137169
H <sub>2</sub> O	-228572
CO <sub>2</sub>	-394359
H <sub>2</sub>	0

$$\begin{aligned} \Delta G_f^0 &= (\Delta G_f^0 \text{ CO} + \Delta G_f^0 \text{ H}_2) - (\Delta G_f^0 \text{ CH}_4 + \Delta G_f^0 \text{ H}_2\text{O}) \\ &= (-394359) - (-137169 - 228572) \text{ kJ/mol} \\ &= -28618 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dari Smith Van Ness Equation (15.14)

$$\begin{aligned} \ln K_{298} &= \frac{\Delta}{R T} \\ &= \frac{-28618}{8.314 \times 298} \\ &= 11,5508 \end{aligned}$$

Dari Smith Van Ness Equation (15.17)

$$\ln \frac{K}{K_{298}} = \frac{-\Delta}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right)$$

Dengan :

K = konstanta kesetimbangan reaksi pada suhu tertentu

T = suhu tertentu

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

R = tetapan gas ideal (8,314 kJ/mol.K)

$\Delta H_{298}$  = panas reaksi standar pada 298 K

Pada suhu 200°C (473 K) besarnya konstanta kesetimbangan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\ln \frac{K_{473}}{K_{298}} = \frac{-\Delta H_{298}}{R} \left( \frac{1}{473} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln K_{473} - \ln K_{298} = \frac{-41000}{8,314} \left( \frac{1}{473} - \frac{1}{298} \right)$$

$$K_{473} = 1,11 \times 10^{34}$$

Maka reaksi berjalan ke arah kanan (*irreversible*).

Reaksi pada metanator



Ditinjau dari nilai panas reaksi standar, maka ketiga reaksi pada metanator bersifat eksotermis.



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Penentuan arah reaksi adalah sebagai berikut :

➤ Untuk reaksi pertama :

$$\Delta G_f^0 = -RT \ln K$$

$$\Delta G_f^0 = \sum(n. \Delta G_f^0)_{\text{produk}} - \sum(n. \Delta G_f^0)_{\text{reaktan}}$$

Komponen	Harga $\Delta G_f^0$ (kJ/mol)
CO	-137169
H <sub>2</sub> O	-228572
CO <sub>2</sub>	-394359
H <sub>2</sub>	0
CH <sub>4</sub>	-50460

$$\begin{aligned} \Delta G_f^0 &= (\Delta G_f^0 \text{ CH}_4 + \Delta G_f^0 \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta G_f^0 3\text{H}_2 + \Delta G_f^0 \text{ CO}) \\ &= (-50460 + -228572) - (-137169) \text{ kJ/kmol} \\ &= -141863 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

Dari Smith Van Ness Equation (15.14)

$$\begin{aligned} \ln K_{298} &= \frac{\Delta}{RT} \\ &= \frac{-141863}{8.314 \times 298} \\ &= 7 \times 10^{24} \end{aligned}$$

Dari Smith Van Ness Equation (15.17)

$$\ln \frac{K}{K_{298}} = \frac{-\Delta}{RT} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right)$$

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Pada suhu 313°C (586 K) besarnya konstanta kesetimbangan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\ln \frac{K_{586}}{K_{298}} = \frac{-\Delta H}{R} \left( \frac{1}{586} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln K_{586} - \ln K_{298} = \frac{205813}{8,314} \left( \frac{1}{586} - \frac{1}{298} \right)$$

$$K_{586} = 1,46 \times 10^7$$

- Untuk kedua reaksi yang lain nilai K pada suhu 313°C adalah sebagai berikut :

$$K = 487321$$

$$K = 29,88$$

Maka ketiga reaksi di metanator berjalan ke arah kanan (*irreversible*).

## 2.3 Diagram Alir Proses dan Langkah Proses

### 2.3.1 Diagram Alir Kualitatif

Diagram alir kualitatif dapat dilihat pada gambar 2.1

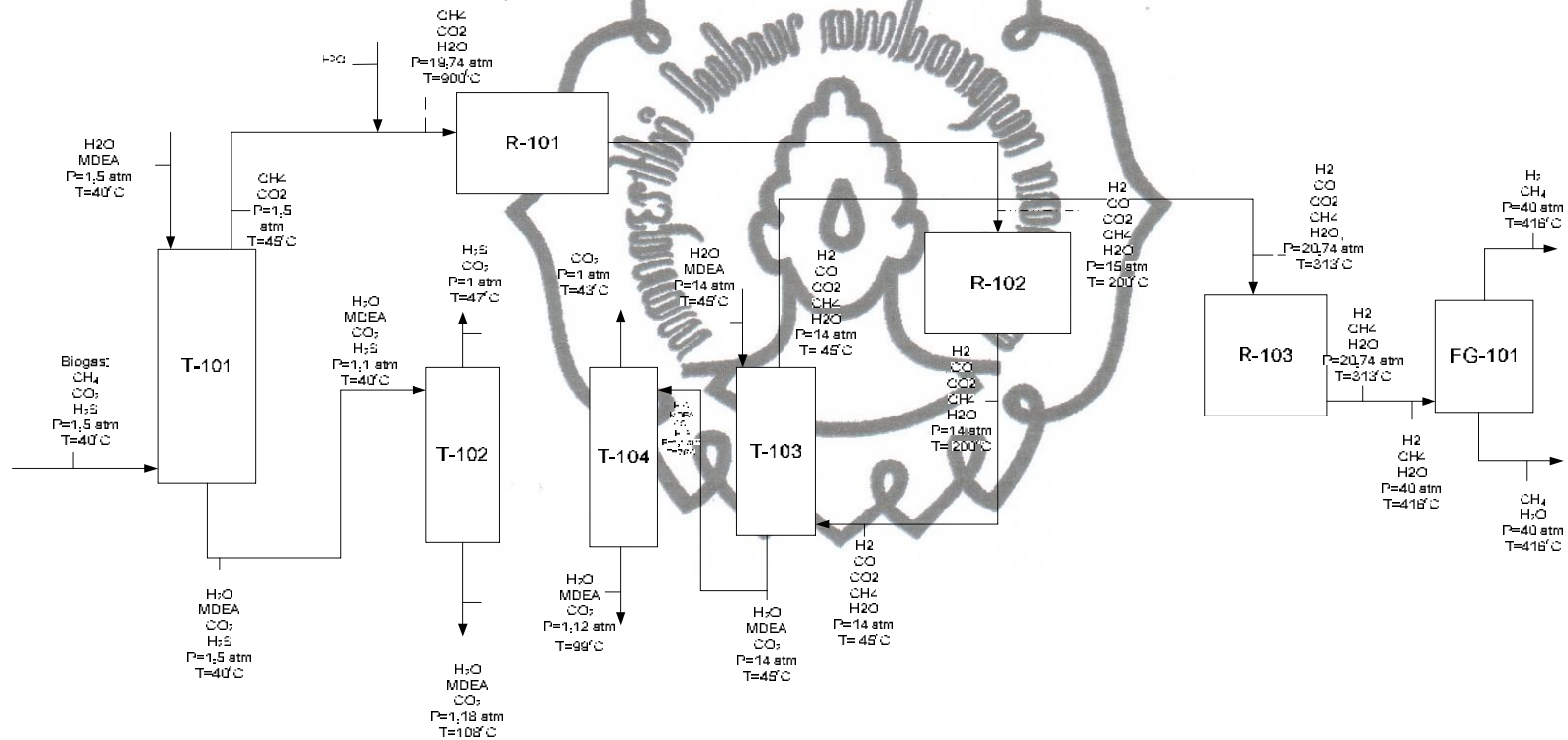
### 2.3.2 Diagram Alir Kuantitatif

Diagram alir kuantitatif dapat dilihat pada gambar 2.2

### 2.3.3 Diagram Alir Proses

Diagram alir proses dapat dilihat pada gambar 2.3

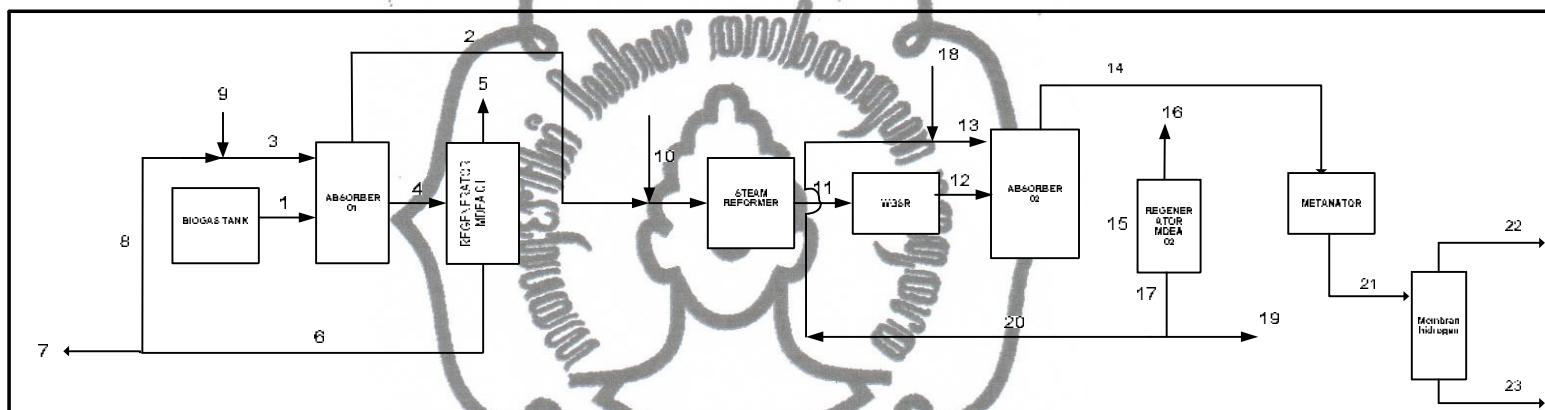




Gambar 2.1 Diagram Alir Kualitatif



Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun



Komponen	Ans (Kg/jam)																							
	Ans 1	Ans 2	Ans 3	Ans 4	Ans 5	Ans 6	Ans 7	Ans 8	Ans 9	Ans 10	Ans 11	Ans 12	Ans 13	Ans 14	Ans 15	Ans 16	Ans 17	Ans 18	Ans 19	Ans 20	Ans 21	Ans 22	Ans 23	
T <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	148,11	551,50	-	511,70	-	-	-	-	-	-	540,53	540,53	-	
O <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1788,41	71,51	-	71,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C <sub>7</sub> H <sub>4</sub>	1257,95	1257,95	-	-	-	-	-	-	-	-	125,27	125,27	-	125,27	-	-	-	-	-	-	-	177,40	0,96	176,44
C <sub>10</sub>	7034,02	8169	350,21	2304,04	1935,40	538,25	18,47	350,21	-	-	334,07	3007,77	3009	908,0	3000,48	3008,89	3009	-	1,51	78,08	-	-	-	-
T <sub>78</sub>	21,28	-	-	21,28	21,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T <sub>79</sub>	-	-	8513,11	8513,11	-	8447,29	426,08	8014,13	426,08	3,0167	1810,90	756,53	16933,70	756,53	16933,70	-	16933,70	546,68	546,68	15442,10	773,66	-	773,66	-
MDTA	-	-	8,0615	8,0615	-	8,0615	409,71	7757,84	409,71	-	-	-	10401,58	-	10401,58	-	10401,58	511,18	511,18	9640,40	-	-	-	-
Jumlah	3126,17	1334,01	17048,48	19074,60	19965,80	10387,58	851,53	13128,13	834,06	3,0167	4577,05	4577,05	71406,45	1495,05	74477,88	3008,89	7,437,08	1008,87	1071,40	70356,58	1495,05	541,48	954,70	-

Gambar 2.2 Diagram alir kuantitatif

BAB II Deskripsi Proses



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

### 2.3.4 Langkah Proses

Pada dasarnya pembuatan hidrogen dengan menggunakan proses *steam methane reforming* terdiri dari tiga tahap proses yaitu:

1. Tahap Purifikasi dan Penyiapan Bahan Baku
2. Tahap Pembuatan Hidrogen
3. Tahap Pemurnian Produk

#### 2.3.4.1 Tahap penyiapan bahan baku

Biogas dari tangki penampung biogas (TT-101) dengan kondisi suhu 35<sup>0</sup>C dan tekanan 1,5 atm dipanaskan dengan steam dalam E-113 hingga suhu 40<sup>0</sup>C, kemudian diumpankan pada kolom absorber (T-101) untuk dimurnikan dengan menghilangkan kandungan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S). Proses pemurnian dilakukan dengan mengontakkan biogas dengan larutan MDEA. Hasil atas kolom absorber berupa gas CH<sub>4</sub> dengan sedikit kandungan CO<sub>2</sub> yang siap digunakan sebagai bahan baku pembuatan hidrogen. Sedangkan hasil bawah berupa *rich amine* (larutan MDEA yang mengandung gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S) diregenerasi pada regenerator (T-102) sehingga dapat digunakan kembali.

Gas hasil atas absorber (T-101) yang terdiri dari 98% metana dan 2% karbon dioksida suhu 40<sup>0</sup>C dan tekanan 1,5 atm dikompresi dengan kompresor JC-101 hingga tekanan 19,74 atm dan suhunya menjadi 284,71<sup>0</sup>C. Setelah dikompresi gas kemudian dipanaskan hingga mencapai suhu 943,33<sup>0</sup>C dengan menggunakan *furnace B*.

*commit to user*

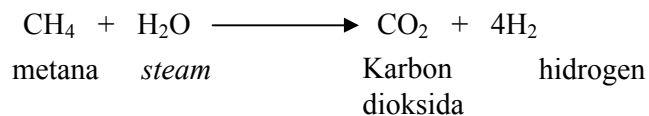
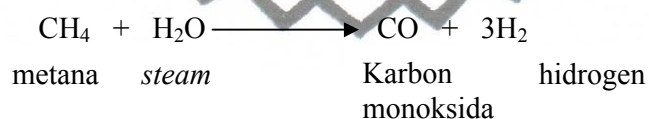


*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Sedangkan untuk umpan *steam* dibuat dengan *waste heat boiler* E-105 memanfaatkan panas *flue gas* dari *reformer* R-101. Air suhu 30<sup>0</sup>C 1 atm dipompa hingga tekanan 19,74 atm kemudian diumpankan pada E-105, sedangkan *flue gas* dari *reformer* R-101 diumpankan pada *tube* E-105. *Steam* keluar E-105 dengan suhu 850<sup>0</sup>C dan tekanan 20 atm.

#### 2.3.4.2 Tahap pembuatan hidrogen

Arus gas metana keluar *furnace* B dengan suhu 943,33<sup>0</sup>C dan tekanan 19,74 atm dicampur dengan arus *steam* dari E-105 yang bersuhu 850<sup>0</sup>C dan tekanan 19,74 atm. Arus pencampuran kedua bahan tersebut diumpankan ke *reformer* R-101 dengan kondisi operasi 900<sup>0</sup>C dan tekanan 19,74 atm. Perbandingan antara *steam* dengan *carbon* umpan *reformer* adalah 3:1. *Reformer* R-01 merupakan reaktor *multitube* dengan tumpukan katalis NiO. Reaksi antara *steam* dengan gas metana terjadi pada katalis yaitu :



Karena reaksi tersebut bersifat endotermis, maka akan terjadi penurunan suhu selama reaksi berlangsung. Oleh karena itu, untuk mempertahankan kondisi operasi diperlukan pemanasan yang dilakukan oleh *flue gas* (hasil pembakaran *fuel gas* dalam *furnace*).

*commit to user*

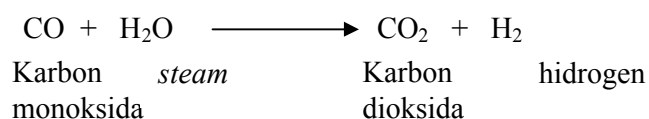


*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Metana bereaksi dengan *steam* membentuk karbon monoksida, hidrogen, dan karbon dioksida. Total metana yang terkonversi pada kondisi operasi suhu 900<sup>0</sup>C dan tekanan 19,74 atm sebesar 90%.

Produk gas dan sisa reaktan keluar *reformer* R-101 yang terdiri atas metana (CH<sub>4</sub>), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), *steam* (H<sub>2</sub>O), karbon monoksida (CO), dan hidrogen (H<sub>2</sub>) dengan suhu 900<sup>0</sup>C kemudian diumpankan pada *tube waste heat boiler* E-106 untuk didinginkan dan sekaligus dimanfaatkan panasnya untuk membuat *steam* umpan reboiler E-104 dan E-112. Keluar dari E-106 dengan suhu 370,9<sup>0</sup>C, campuran gas tersebut diumpankan pada E-107 untuk didinginkan kembali agar mencapai suhu 200<sup>0</sup>C. Sebagai pendingin digunakan arus gas dari absorber T-103 yang sebelumnya dikompresi terlebih dahulu dengan kompresor JC-102.

Campuran gas dengan suhu 200<sup>0</sup>C dan tekanan 19 atm dari E-107 diumpankan ke *water gas-shift reactor* R-102. Jenis reaktor ini hampir sama dengan *reformer* tetapi katalis yang digunakan adalah CuO/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Pada reaktor ini akan terjadi reaksi antara karbon monoksida dengan *steam*. Reaksi antara kedua komponen tersebut adalah :



Kondisi operasi R-102 harus dijaga pada temperatur 200<sup>0</sup>C untuk mencapai konversi 96% terhadap karbon monoksida. Karena reaksi tersebut bersifat eksotermis, maka akan terjadi peningkatan suhu selama

*commit to user*





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

berlangsungnya reaksi. Oleh karena itu, diperlukan pendingin berupa *dowthermA* untuk menjaga suhu operasi tetap pada 200<sup>0</sup>C. Jumlah hidrogen yang terbentuk pada *reformer* dan *water gas-shift reactor* ini merupakan produk yang kita inginkan.

#### **2.3.4.4 Tahap pemurnian produk**

Hidrogen yang telah terbentuk pada reactor R-101 dan R-102 belum memenuhi spesifikasi standar yang siap untuk dipasarkan. Oleh karena itu, hidrogen perlu dimurnikan dari gas-gas yang lain. Proses pemurnian hidrogen dari gas-gas yang lain dilakukan dalam beberapa tahap.

- Tahap pertama yaitu penghilangan kandungan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).

Proses penghilangan gas CO<sub>2</sub> dilakukan dalam absorber T-103. Kondisi operasi proses absorpsi adalah suhu 45<sup>0</sup>C dan tekanan 14 atm. Untuk mencapai kondisi operasi tersebut, campuran gas keluar R-102 didinginkan dalam E-108 sehingga diperoleh suhu 45<sup>0</sup>C.

Campuran gas tersebut kemudian dikontakkan dengan larutan MDEA dalam absorber T-103 untuk diserap kandungan CO<sub>2</sub>. Gas yang telah terserap kandungan CO<sub>2</sub> keluar melalui bagian atas absorber. Sedangkan larutan penyerap (MDEA) keluar dari bagian bawah T-103. Campuran gas kemudian dimurnikan kembali. Sedangkan larutan *rich MDEA* (mengandung CO<sub>2</sub>) diregenerasi pada regenerator T-104 sehingga larutan MDEA-nya dapat digunakan kembali.



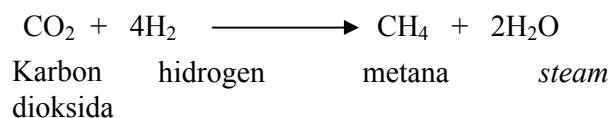
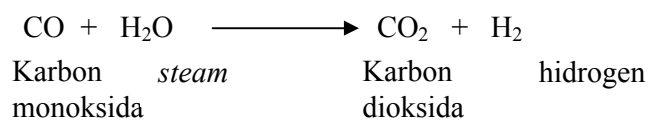
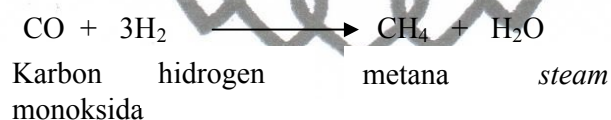
*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

- Tahap kedua yaitu proses metanasi yang bertujuan untuk menghilangkan gas CO dan CO<sub>2</sub> yang tersisa.

Proses metanasi dilakukan dalam *methanator* R-103. Kondisi operasi R-103 adalah suhu 313<sup>0</sup>C dan tekanan 20,74 atm.

Gas keluar T-103 dikompresi dengan kompresor JC-102 hingga mencapai tekanan 20,74 atm. Keluar kompresor suhu gas naik menjadi 94,49<sup>0</sup>C. Gas kemudian dipanaskan dengan arus gas produk keluar E-106 dalam E-107. Keluar dari E-107 gas dengan suhu 313<sup>0</sup>C dan tekanan 20,74 atm siap diumpankan pada *methanator* R-103 untuk menghilangkan CO dan CO<sub>2</sub> yang tersisa.

Proses dalam *methanator* dijaga pada kondisi suhu 313<sup>0</sup>C dan tekanan 20,74 atm. Dengan bantuan katalis NiO gas CO dan CO<sub>2</sub> akan bereaksi dengan H<sub>2</sub>. Reaksi dalam *methanator* adalah :





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

Reaksi bersifat eksotermis, sehingga perlu adanya pendingin (*dowthermA*) untuk mencegah terjadinya kenaikan suhu selama reaksi berlangsung. Dalam proses ini, gas CO dan CO<sub>2</sub> terkonversi 100%.

Selanjutnya, produk keluar *methanator*, dimurnikan dari kandungan *steam* dan CH<sub>4</sub>. Campuran gas dikompresi dengan kompresor JC-103 sampai bertekanan 40 atm. Kemudian gas dilewatkan pada *molecular sieve carbon membrane* FG-101. FG-101 akan memisahkan hidrogen dari metana dan *steam* dengan tingkat kemurniaan 99,99%. Selanjutnya, hidrogen didinginkan dengan *dowthermA* dalam *heat exchanger* E-114 dan E-115 kemudian disimpan dalam tangki penyimpan hidrogen sementara TT-102 sebelum dikirim ke pengguna melalui pipanisasi. Sedangkan campuran gas metana dan *steam* dikirim ke unit pengolahan limbah.



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

## 2.4 Neraca Massa

### 2.4.1 Neraca Massa tiap alat

#### a. Neraca Massa di sekitar Absorber-01 (T-101)

Tabel 2.1 Neraca Massa di sekitar Absorber-01 (T-101)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 1	Arus 3	Arus 2	Arus 4
CH <sub>4</sub>	1.252,95	-	1.252,95	-
CO <sub>2</sub>	2.034,92	350,21	81,08	2.304,04
H <sub>2</sub> S	21,29	-	-	21,29
MDEA	-	8.166,15	-	8.166,15
H <sub>2</sub> O	-	8.533,11	-	8.533,11
Sub Total	3.309,16	17.049,47	1.334,03	19.024,60
<b>Total</b>	<b>20.358,63</b>		<b>20.358,63</b>	

#### b. Neraca Massa di sekitar Regenerator MDEA-01 (T-102)

Tabel 2.2 Neraca Massa di sekitar Regenerator MDEA-01 (T-102)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 4	Arus 5	Arus 6
CH <sub>4</sub>	-	-	-
CO <sub>2</sub>	2.304,04	1.935,40	368,65
H <sub>2</sub> S	21,29	21,29	-
MDEA	8.166,15	-	8.166,15
H <sub>2</sub> O	8.533,11	-	8.533,11
Sub Total	19.024,60	1.956,69	17.067,91
<b>Total</b>	<b>19.024,60</b>	<b>19.024,60</b>	



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

**c. Neraca Massa di sekitar *Steam Reformer* (R-101)**

Tabel 2.3 Neraca Massa di sekitar *Steam Reformer* (R-101)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 2	Arus 10	Arus 11
CH <sub>4</sub>	1.252,95	-	125,27
CO <sub>2</sub>	81,08	-	364,62
CO	-	-	1.788,43
H <sub>2</sub>	-	-	438,13
H <sub>2</sub> O	-	3.193,02	1810,6
Sub Total	1.334,03	3.193,02	4.527,05
<b>Total</b>	<b>4.527,05</b>		<b>4.527,05</b>

**d. Neraca Massa di sekitar WGSR (R-102)**

Tabel 2.4 Neraca Massa di sekitar *Water Gas Shift Reactor* (R-102)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 11	Arus 12
CH <sub>4</sub>	125,27	125,27
CO <sub>2</sub>	364,62	3.062,22
CO	1.788,43	71,53
H <sub>2</sub>	438,13	561,70
H <sub>2</sub> O	1810,6	706,33
<b>Total</b>	<b>4.527,05</b>	<b>4.527,05</b>



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

**e. Neraca Massa di sekitar absorber-02 (T-103)**

Tabel 2.5 Neraca Massa di sekitar absorber-02 (T-103)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 12	Arus 13	Arus 14	Arus 15
CH <sub>4</sub>	125,27	-	125,27	-
CO <sub>2</sub>	3.062,22	29,08	30,82	3060,48
CO	71,53	-	71,53	-
H <sub>2</sub>	561,70	-	561,70	-
H <sub>2</sub> O	706,33	10.933,79	706,33	10.933,79
MDEA	-	10.463,58	-	10.463,58
Sub Total	4.527,05	21.426,45	1.495,65	24.457,85
<b>Total</b>	<b>25.953,5</b>		<b>25.953,5</b>	

**f. Neraca Massa di sekitar Regenerator MDEA-02 (T-104)**

Tabel 2.6 Neraca Massa di sekitar regenerator MDEA-02 (T-104)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 15	Arus 16	Arus 17
CH <sub>4</sub>	-	-	-
CO <sub>2</sub>	3060,48	3.029,88	30,60
CO	-	-	-
H <sub>2</sub>	-	-	-
H <sub>2</sub> O	10.933,79	-	10.933,79
MDEA	10.463,58	-	10.463,58
Sub Total	24.457,85	3.029,88	21.427,97
<b>Total</b>	<b>24.457,85</b>	<b>24.457,85</b>	





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

**g. Neraca Massa di sekitar *methanator* (R-103)**

Tabel 2.7 Neraca Massa di sekitar *methanator* (R-103)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 14	Arus 21
CH <sub>4</sub>	125,27	177,40
CO <sub>2</sub>	30,82	-
CO	71,53	-
H <sub>2</sub>	561,70	540,59
H <sub>2</sub> O	706,33	777,66
<b>Total</b>	<b>1.495,65</b>	<b>1.495,65</b>

**h. Neraca Massa di sekitar membran hidrogen (FG-101)**

Tabel 2.8 Neraca Massa di sekitar membran hidrogen (FG-101)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 21	Arus 22	Arus 23
CH <sub>4</sub>	177,40	0,86	176,54
CO <sub>2</sub>	-	-	-
CO	-	-	-
H <sub>2</sub>	540,59	540,59	-
H <sub>2</sub> O	777,66	-	777,66
Sub Total	1.495,65	541,45	954,20
<b>Total</b>	<b>1.495,65</b>	<b>1.495,65</b>	



## 2.4.2 Neraca Massa Total

Tabel 2.9 Neraca Massa Total

Komponen	Input (kg/jam)				Output (kg/jam)					
	Arus 1	Arus 9	Arus 10	Arus 18	Arus 5	Arus 7	Arus 16	Arus 19	Arus 22	Arus 23
CH <sub>4</sub>	1.252,95	-	-	-	-	-	-	-	0,86	176,54
CO <sub>2</sub>	2.034,92	-	-	-	1.935,40	18,42	3.029,88	1,53	-	-
CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	540,59	-
H <sub>2</sub> S	21,29	-	-	-	21,29	-	-	-	-	-
MDEA	-	408,31	-	523,18	-	408,31	-	523,18	-	-
H <sub>2</sub> O	-	426,66	3193,02	546,69	-	426,66	-	546,69	-	777,66
Sub Total	3.309,16	834,96	3193,02	1069,87	1.956,69	853,39	3.029,88	1.071,4	541,45	954,20
<b>Total</b>	<b>8.407,01</b>				<b>8.407,01</b>					



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

## 2.5 Neraca Panas

### 2.5.1 Neraca Panas Tiap Alat

#### a. Neraca Panas di sekitar Absorber-01 (T-101)

Tabel 2.10 Neraca Panas di sekitar Absorber-01 (T-101)

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q arus umpan biogas (1)	70.736,78	
Q arus larutan MDEA bersih (3)	874.019,2	
Q arus biogas keluar (2)		44.087,56
Q arus larutan MDEA kotor (4)		763.304,4
Q proses	3.103.994	
Q pendingin		3.241.357
<b>Total</b>	<b>4.048.749</b>	<b>4.048.749</b>

#### b. Neraca Panas di sekitar Regenerator MDEA-01 (T-102)

Tabel 2.11 Neraca Panas di sekitar Regenerator MDEA-01 (T-102)

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q arus masuk (4)	4.005.237,64255	
Q arus hasil atas (5)		555.022,3527
Q arus hasil bawah (6)		3.450.215,2899
Q reboiler	852.250,15	
Q condenser		852.250,15
<b>Total</b>	<b>4.857.487,79</b>	<b>4.857.487,79</b>



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

**c. Neraca Panas di sekitar *Steam Reformer* (R-101)**

Tabel 2.12 Neraca Panas di sekitar *Steam Reformer* (R-101)

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q arus umpan (10 + 2)	10.028.822,35	
Q pemanas	48.372.708,1040	
Q arus produk (11)		11.502.656,0058
Q reaksi		46.898.874,4438
<b>Total</b>	<b>58.401.530,45</b>	<b>58.401.530,45</b>

**d. Neraca Panas di sekitar WGSR (R-102)**

Tabel 2.13 Neraca Panas di sekitar *Water gas shift Reactor* (R-102)

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q arus umpan (11)	2.149.237,0846	
Q pendingin		2.478.002,5988
Q arus produk (12)		2.219.465,6055
Q reaksi	2.548.231,12	
<b>Total</b>	<b>4.697.468,2043</b>	<b>4.697.468,2043</b>



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

**e. Neraca Panas di sekitar Absorber -02(T-103)**

Tabel 2.14 Neraca Panas di sekitar Absorber-02 (T-103)

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q arus umpan gas (12)	249.940,724	
Q arus larutan MDEA bersih (13)	1.465.791,373	
Q arus gas keluar (14)		194.742,41
Q arus larutan MDEA kotor (15)		1.297.078
Q proses	4.107.416,318	
Q pendingin		4.331.328
<b>Total</b>	<b>5823148.41</b>	<b>5823148.41</b>

**f. Neraca Panas di sekitar Regenerator MDEA-02 (T-104)**

Tabel 2.15 Neraca Panas di sekitar Regenerator MDEA-02 (T-104)

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q arus masuk (15)	4.522.386,5710	
Q arus hasil atas (16)		725.404,2098
Q arus hasil bawah (17)		5.427.787,6862
Q reboiler	2.699.949,785	
Q condenser		1.069.144,46
<b>Total</b>	<b>7.222.336,356</b>	<b>7.222.336,356</b>



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

**g. Neraca Panas di sekitar *methanator* (R-103)**

Tabel 2.16 Neraca Panas di sekitar *methanator* (R-103)

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q arus umpan (14)	2.856.063,9731	
Q pendingin		634.829,6778
Q arus produk (21)		2.867.655,1497
Q reaksi	646.420,8544	
<b>Total</b>	<b>3.502.484,8275</b>	<b>3.502.484,8275</b>

**h. Neraca Panas di sekitar HE-01**

Tabel 2.17 Neraca Panas di sekitar *Heat Exchanger-01* (E-101)

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q arus masuk (8)	1.784.786,02	
Q water in	925.210,69	
Q arus keluar (8)		860.830,22
Q water out		1.849.166,49
<b>Total</b>	<b>2.709.996.71</b>	<b>2.709.996.71</b>





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

**i. Neraca Panas di sekitar HE-06**

Tabel 2.18 Neraca Panas di sekitar *Heat Exchanger* - 06 (E-110)

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q arus masuk (20)	2.111.940,87	
Q water in	657.842,22	
Q arus keluar (20)		1.454.990,91
Q water out		1.314.792,18
<b>Total</b>	<b>2.769.783,09</b>	<b>2.769.783,09</b>

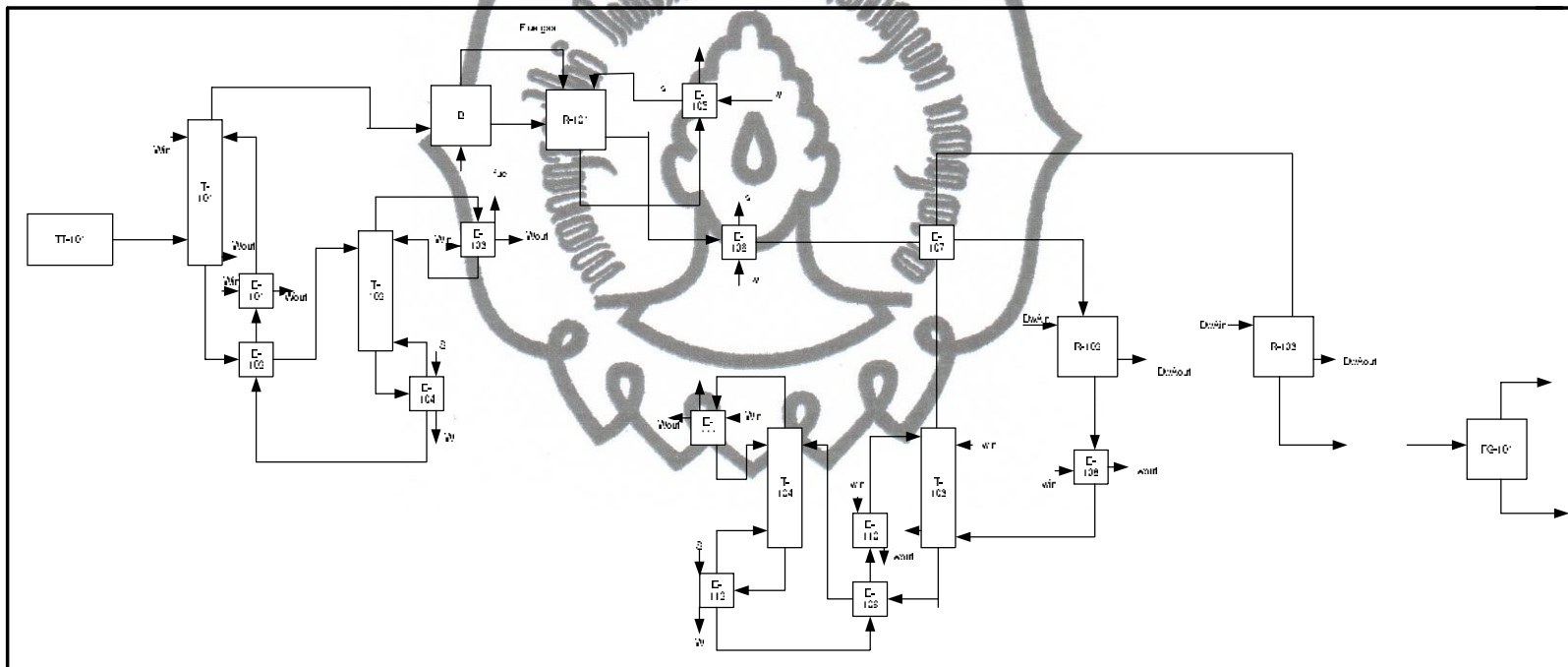


*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

### 2.5.2 Neraca Panas Total

Tabel 2.19 Neraca Panas Total

Komponen	Q input (kJ)	Q output (kJ)
Arus 1	70736,8	-
Arus 5	-	655.215,065
Arus 7	-	651.886,2212
Arus 9	42.925,4	-
Arus 16	-	1.069.144,462
Arus 18	73.190	-
Arus 19	-	273.041,9363
Arus 22	-	233.991,13
Arus 23	-	489.806,89
Q flue gas	-	48.372.708,1040
Q steam	6.785.171,55	-
Q fuel gas	58.938.026,31	-
Q pendingin	-	14.164.256.26
Total	65.910.050,06	65.910.050,06



Gambar 2.4 Diagram alir neraca panas



## **2.6 Lay Out Pabrik dan Peralatan**

### **2.6.1 Lay out pabrik**

Tata letak pabrik merupakan suatu pengaturan yang optimal dari seperangkat fasilitas-fasilitas dalam pabrik. Tata letak yang tepat sangat penting untuk mendapatkan efisiensi, keselamatan, dan kelancaran kerja para pekerja serta keselamatan proses.

Untuk mencapai kondisi yang optimal, maka hal-hal yang harus diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik adalah :

1. Pabrik hidrogen ini merupakan pabrik baru (bukan pengembangan), sehingga penentuan *lay out* tidak dibatasi oleh bangunan yang ada.
2. Kemungkinan perluasan pabrik sebagai pengembangan pabrik di masa depan.
3. Faktor keamanan sangat diperlukan untuk bahaya kebakaran dan ledakan, maka perencanaan *lay out* selalu diusahakan jauh dari sumber api, bahan panas, dan dari bahan yang mudah meledak, juga jauh dari asap atau gas beracun.
4. Sistem konstruksi yang direncanakan adalah *out door* untuk menekan biaya bangunan dan gedung, dan juga karena iklim Indonesia memungkinkan konstruksi secara *out door*.
5. Harga tanah amat tinggi sehingga diperlukan efisiensi dalam pemakaian dan pengaturan ruangan / lahan.

(Vilbrant, 1959)



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

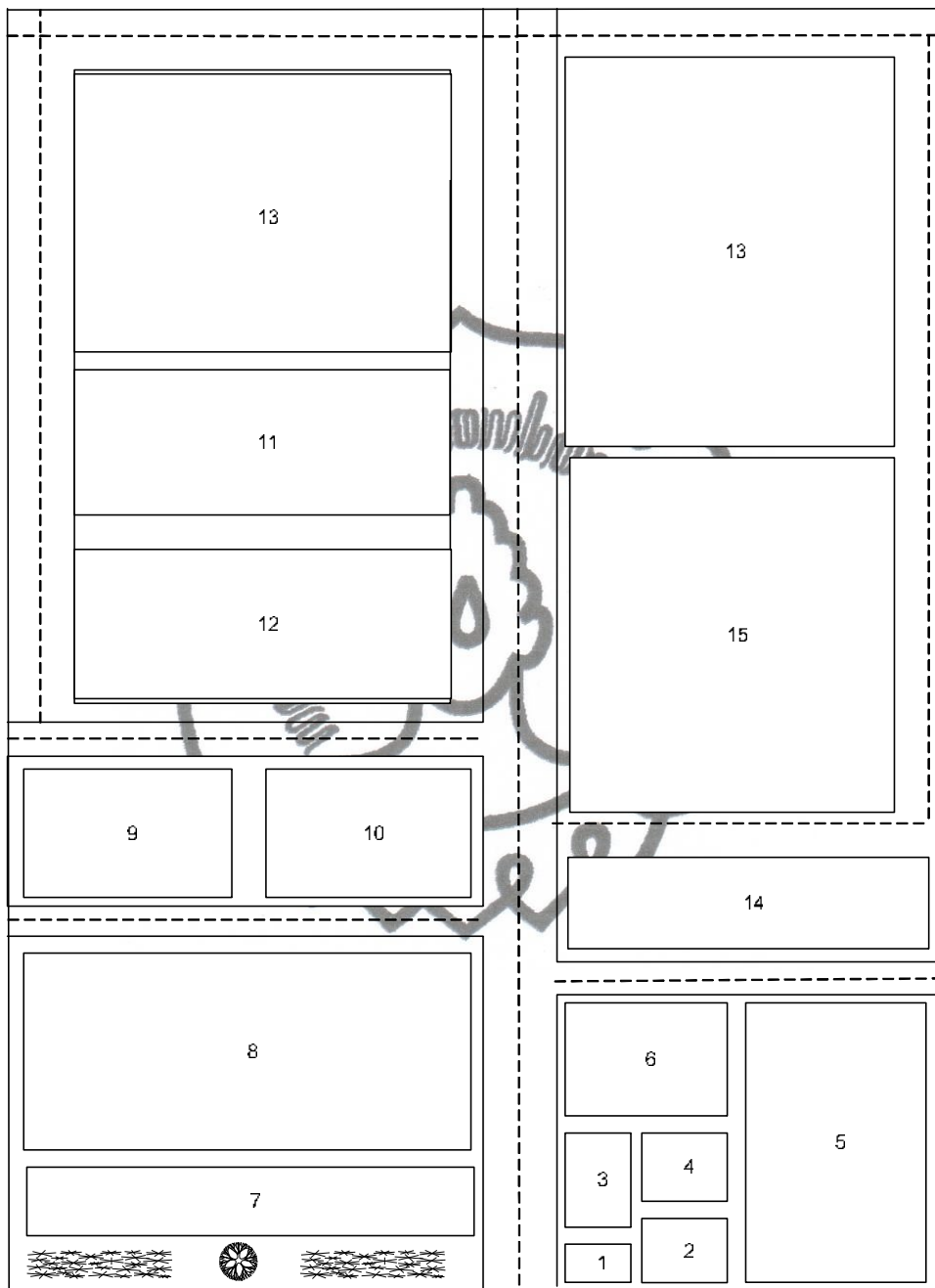
Secara garis besar *lay out* dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu :

- a. Daerah administrasi / perkantoran, laboratorium dan ruang kontrol  
Merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang dijual
- b. Daerah proses  
Merupakan daerah dimana alat proses diletakkan dan proses berlangsung.
- c. Daerah penyimpanan bahan baku dan produk.  
Merupakan daerah untuk tangki bahan baku dan produk.
- d. Daerah gudang, bengkel dan garasi.  
Merupakan daerah untuk menampung bahan-bahan yang diperlukan oleh pabrik dan untuk keperluan perawatan peralatan proses.
- e. Daerah utilitas  
Merupakan daerah dimana kegiatan penyediaan bahan pendukung proses berlangsung dipusatkan.

(Vilbrant, 1959)



Prarancangan Pabrik Hidrogen  
 dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
 Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun



- Keterangan
- |                |                      |                         |                          |
|----------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1 Pos Keamanan | 5 CCR & laboratorium | 9 Benkel & Perlengkapan | 13 Area Perluasan        |
| 2 Musholla     | 6 Garasi             | 10 Safety               | 14 Gudang                |
| 3 Klinik       | 7 Parkir dan Taman   | 11 Area Produksi        | 15 storage and loading   |
| 4 Kantin       | 8 Kantor dan Aula    | 12 L. Ghuas             | ----- jalur transportasi |
- Skala=1 : 300

Gambar 2.5 Tata Letak Pabrik Hidrogen

*commit to user*





### 2.6.2 *Lay out* peralatan

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan *lay out* peralatan proses pada pabrik hidrogen, antara lain :

1. Aliran bahan baku dan produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomi yang besar serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

2. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan di sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat sehingga mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang dapat mengancam keselamatan pekerja.

3. Cahaya

Penerangan seluruh pabrik harus memadai dan pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi perlu adanya penerangan tambahan.

4. Lalu lintas manusia

Dalam perancangan *lay out* pabrik perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Hal ini bertujuan apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Keamanan pekerja selama menjalani tugasnya juga diprioritaskan.



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

5. Pertimbangan ekonomi

Dalam menempatkan alat-alat proses diusahakan dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik.

6. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi sebaiknya dipisahkan dengan alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut maka kerusakan dapat diminimalkan.

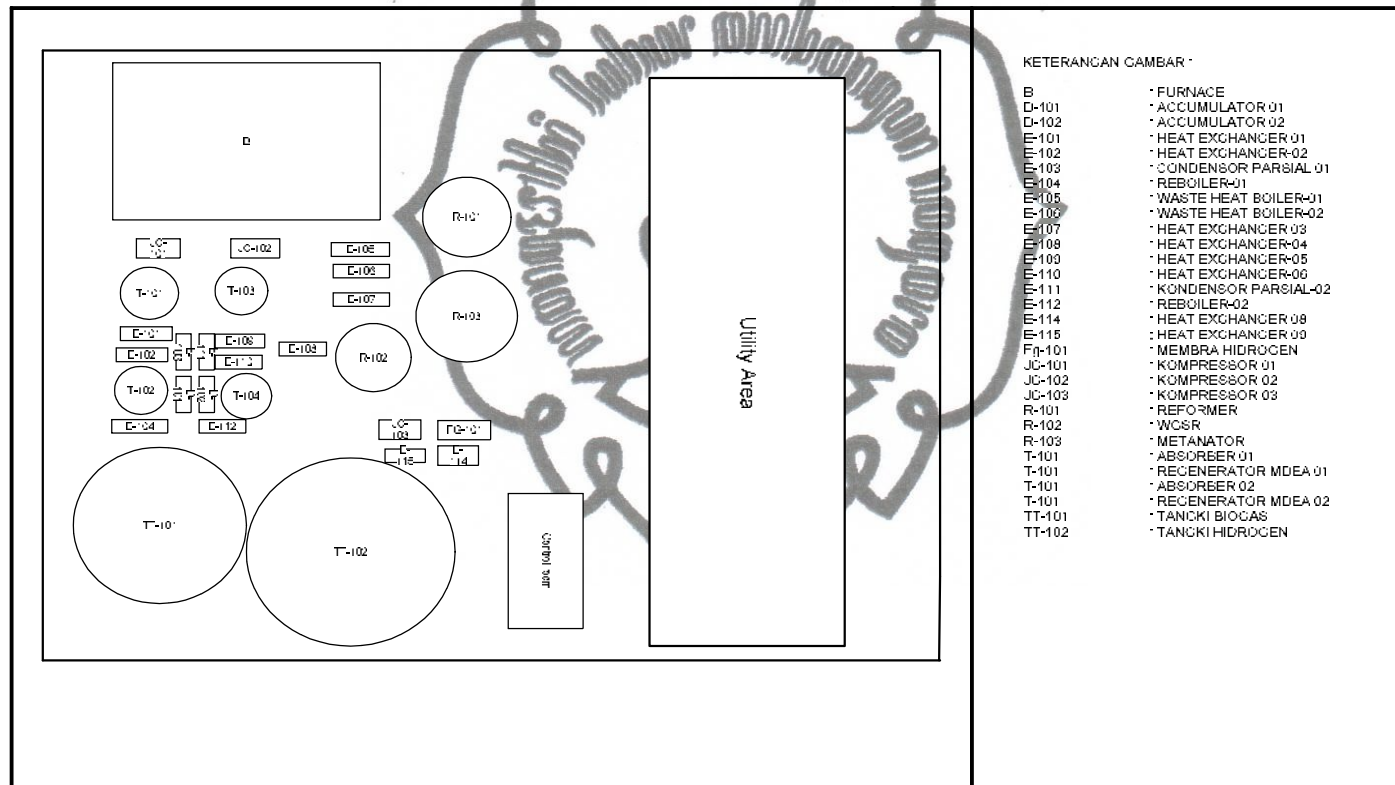
(Vilbrant, 1959)

Tata letak alat-alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga :

- Kelancaran proses produksi dapat terjamin
- Dapat mengefektifkan luas lahan yang tersedia
- Karyawan mendapat kepuasan kerja agar dapat meningkatkan produktifitas kerja disamping keamanan yang terjadi



Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun



Gambar 2.5 Lay out peralatan proses pabrik hidrogen



### BAB III SPESIFIKASI ALAT

#### 3.1 Tangki Penyimpanan Biogas

Kode	: TT-101
Fungsi	: Menyimpan bahan baku Biogas untuk kebutuhan selama 1,5 jam
Tipe	: Tangki Silinder tegak dengan dasar datar
Kondisi operasi	: T = 35 °C P = 1,5 atm
Kondisi penyimpanan	: Gas
Kapasitas	: 69,26 m <sup>3</sup>
Jumlah	: 1
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA-283 Grade C

#### Dimensi

Diameter	: 6,0960 m
Tinggi	: 2,4384 m
Tebal	
➤ Course 1	: 0,0095 m
➤ Course 2	: 0,0095 m
Tebal head	: 0,0079 m
Tinggi head	: 0,3810 m
Tinggi total	: 2,8194 m

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

### 3.2 Tangki Penyimpanan Produk (Hidrogen)

Kode	: TT-102
Fungsi	: Menyimpan produk hidrogen selama 1,5 jam
Tipe	: Tangki bola
Kondisi operasi	: T = 30 °C
	P = 40 atm
Kondisi penyimpanan	: Gas
Kapasitas	: 2049 m <sup>3</sup>
Jumlah	: 1
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel SA-203 grade A</i>
Dimensi	
Diameter	: 15,76 m
Tebal	: 0,0254 m

### 3.3 Absorber 01

Kode	: T -101
Fungsi	: Menyerap CO <sub>2</sub> dan H <sub>2</sub> S dengan menggunakan Larutan MDEA 48,9%
Tipe	: <i>Packing Tower</i>
Kondisi operasi	: T = 40 °C
	P = 1,5 atm
Jumlah	: 1
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
Diameter	: 0,87 m

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Tebal <i>shell</i>	: 0,00476 m
Tebal <i>head</i>	: 0,1875 in = 0,0047625 m
Tinggi <i>head</i>	: 4,42388 in = 0,112367 m
Tinggi total	: 41,01 m

### 3.4 Regenerator MDEA 01

Kode	: T-102
Fungsi	: Meregenerasi larutan <i>MDEA</i> yang mengandung CO <sub>2</sub> dan H <sub>2</sub> S
Jenis	: <i>Tray tower</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Jumlah <i>plate</i> aktual	: 46 <i>plate</i>
Diameter	: 0,8686 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,1875 in = 0,00476 m
<i>Head</i>	
➤ Jenis <i>head</i>	: <i>Torispherical dished head</i>
➤ Tebal <i>head</i>	: 0,1875 in = 0,00476 m
➤ Tinggi <i>head</i>	: 0,178 m
<i>Tray spacing</i>	: 0,40 m
Tinggi menara	: 24,266 m
<i>Plate</i> umpan	: <i>plate</i> 1 dari atas
Kondisi operasi	
➤ <i>Distilat</i>	: 47,167 °C (uap jenuh) ; P = 0,99 atm
➤ <i>Feed</i>	: 86,044 °C (cair jenuh) ; P = 1,1 atm

*commit to user*





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

➤ *Bottom* : 108,566 °C (cair jenuh) ; P = 1,18 atm

### 3.5 Reaktor *Steam Reformer*

Kode : R-101

Fungsi : Sebagai tempat pembentukan H<sub>2</sub> dari CH<sub>4</sub> dan *steam*

Jenis : *Fixed bed multitube.*

Bahan : *High alloy steel SA 167 grade 5 TP321 (18Cr-8Ni-Ti)*

Jumlah : 1 buah

*Tube Side*

➤ Kondisi Operasi

P : 19,74 atm.

T<sub>in</sub> : 900 °C

T<sub>out</sub> : 899,95 °C

➤ Dimensi :

IDs : 1,23 in = 0,0312 m

ODs : 1,5 in = 0,0381 m

➤ Jumlah : 560 buah

*Shell side*

➤ Kondisi operasi

P : 1 atm.

T<sub>in</sub> : 1157,15 °C

T<sub>out</sub> : 900,172 °C

➤ Dimensi:

ODs : 61,3 in = 1,557 m

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

Tebal <i>Shell</i>	: 1,125 in	= 0,0286 m
Media pemanas	: <i>flue gas</i> dari <i>furnace</i>	
Laju alir	: 86463,576 kg/jam	
<i>Head</i>	: <i>Torispherical head</i>	
Tebal <i>head</i>	: 1,875 in	= 0,0476 m
Tinggi <i>head</i>	: 15,1083 in	= 0,3835 m
Tinggi <i>Steam Reformer</i>	: 9,075 m	
Isolator	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Bahan</i> : Alumina</li> <li>➤ <i>Tebal</i> : 0,8 m</li> </ul>	
Katalis	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Jenis</i> : NiO</li> <li>➤ <i>Bentuk</i> : Ring</li> <li>➤ <i>Diameter</i> : 13-14 mm = 0,013-0,014 m</li> </ul>	

### 3.6 Reaktor *Water Gas Shift*

Kode	: R-102
Fungsi	: Sebagai tempat pembentukan H <sub>2</sub> dari CO dan <i>Steam</i>
Jenis	: <i>Fixed bed multitube.</i>
Bahan	: <i>High alloy steel SA 167 grade 3 TP304 (18Cr-8Ni-Ti)</i>
Jumlah	: 1 buah
<i>Tube Side</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kondisi operasi</li> <li>P : 15 atm.</li> </ul>

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Tin : 200 °C

Tout : 200 °C

➤ Dimensi :

IDs : 1,2 in = 0,0305 m

ODs : 1,5 in = 0,0381 m

➤ Jumlah : 1.438 buah

*Shell Side*

➤ Kondisi Operasi

P : 1 atm.

T in : 100 °C

T out : 160 °C

➤ Dimensi

ODs : 90 in = 2,286 m

Tebal shell: 0,5 in = 0,0127 m

Media Pendingin : *Dowterm A*

Laju alir : 21.921,47 kg/jam

*Head* : *Torispherical head*

➤ Tebal head : 1,875 in = 0,0476 m

➤ Tinggi head : 17,3626 in = 0,4409 m

Tinggi WGS : 4,3620 m

Isolator

➤ Bahan : *Asbestos*

➤ Tebal : 0,0206 m

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

#### Katalis

- Jenis : CuO/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- Bentuk : *Tablet*
- Diameter : 5 mm = 0,005

#### 3.7 Absorber 02

- Kode : T -103
- Fungsi : Menyerap CO<sub>2</sub> dengan menggunakan larutan *MDEA* 48,9%
- Tipe : *Packing tower*
- Kondisi operasi : T = 45 °C  
P = 14 atm
- Jumlah : 1 buah
- Bahan Konstruksi : *Carbon steel SA 285 Grade C*
- Diameter : 0,75 m
- Tebal *shell* : 0,00476 m
- Tebal *head* : 0,25 in = 0,00635 m
- Tinggi *head* : 4,42388 in = 0,112367 m
- Tinggi total : 8,08 m

#### 3.8 Regenerator MDEA 02

- Kode : T-104
- Fungsi : Meregenerasi Larutan *MDEA* yang mengandung CO<sub>2</sub> sebelum digunakan kembali
- Jenis : *Tray tower*  
*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 grade C*

Jumlah *plate* aktual : 11 *plate*

Diameter : 0,969 m

Tebal *shell* : 0,1875 in = 0,00476 m

Head

➤ Jenis *head* : *Torispherical dished head*

➤ Tebal *head* : 0,1875 in = 0,00476 m

➤ Tinggi *head* : 0,1995 m

*Tray spacing* : 0,40 m

Tinggi menara : 10,64 m

*Plate* umpan : *plate ke-1 dari atas*

Kondisi Operasi

➤ *Distilat* : 43,6329 °C (uap jenuh) ; P = 1,078 atm

➤ *Feed* : 78,93 °C (cair jenuh) ; P = 1,1 atm

➤ *Bottom* : 99,4 °C (cair jenuh) ; P = 1,12 atm

### 3.9 Reaktor *Methanator*

Kode : R-103

Fungsi : Sebagai tempat menghilangkan CO<sub>2</sub> dan CO untuk menghasilkan CH<sub>4</sub>

Jenis : *Fixed bed multitube.*

Bahan : *High alloy steel SA 167 grade 3 TP304 (18Cr-8Ni-Ti)*

Jumlah : 1 buah

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

*Tube side*

➤ Kondisi operasi

P : 20,74 atm.

T<sub>in</sub> : 313 °C

T<sub>out</sub> : 313 °C

➤ Dimensi :

IDs : 1,2 in = 0,0305 m

ODs : 1,5 in = 0,0381 m

➤ Jumlah : 2599

*Shell Side*

➤ Kondisi Operasi

P : 1 atm.

T<sub>in</sub> : 100 °C

T<sub>out</sub> : 250 °C

➤ Dimensi

ODs : 108 in = 2,7432 m

Tebal *shell* : 0,5 in = 0,0127 m

Media Pendingin : *Dowterm A*

Laju alir : 299,69 kg/jam

*Head* : *Torispherical head*

➤ Tebal *head* : 0,3125 in = 0,0079 m

➤ Tinggi *head* : 20,9814 in = 0,533 m

Tinggi *methanator* : 6,0659 m

*commit to user*





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Isolator

- Bahan : *Asbestos*
- Tebal : 0,0036 m

Katalis

- Jenis : NiO
- Bentuk : *Spherical*
- Diameter : 2,5-4 mm = 0,0025-0,004 m

**3.10 Furnace**

- Kode : B
- Fungsi : Memanaskan CH<sub>4</sub> umpan masuk *reformer* dan penghasil *Flue gas* sebagai pemanas *reformer*.
- Tipe : *Two radiant chamber with a common convection section*
- Kondisi Operasi
  - CH<sub>4</sub> umpan masuk : 284 °C
  - CH<sub>4</sub> umpan keluaran : 900 °C
  - Flue gas keluaran : 1157,15 °C

Spesifikasi seksi radiant

- Panjang : 16,46 m
- Lebar : 7,14 m
- Tinggi : 17,34 m
- Jumlah *tube* : 18

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Spesifikasi seksi konveksi

- Panjang : 16,46 m
- Lebar : 3,59 m
- Tinggi : 2,41 m
- Jumlah *tube* : 17

**3.11 Kondensor Parsial 01**

- Kode : E-103
- Fungsi : Mengembunkan hasil atas *regenerator* MDEA 01
- Jenis : *Shell and tube horizontal*
- Luas transfer panas : 216,71 ft<sup>2</sup> = 20,13 m<sup>2</sup>
- Beban panas : 621.024,06 Btu/jam
- Jumlah : 1 buah

*Fluida* panas

- Suhu masuk : 47,176 °C
- Suhu keluar : 45,449 °C

*Fluida* dingin

- Suhu masuk : 30 °C
- Suhu keluar : 35 °C

Rd perancangan : 0,003487 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

Rd *min* : 0,00100 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

U<sub>C</sub> : 1.876,25 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

U<sub>D</sub> : 248,74 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

Bahan konstruksi

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

- *Tube* : Carbon Steel SA 283 grade C
- *Shell* : Carbon Steel SA 283 grade C

*Spesifikasi Tube*

- *Fluida* : Air
- *Panjang* : 288 in = 7,315 m
- *OD tube* : 0,75 in = 0,019 m
- *ID tube* : 0,652 in = 0,0165 m
- *BWG* : 18
- *Susunan* : *Triangular pitch*, PT = 1,25 in = 0,032 m
- *Jumlah tube* : 46
- *Passes* : 4
- *Pressure drop* : 0,3 psi = 0,0204 atm

*Spesifikasi shell*

- *Fluida* : Hasil atas Regenerator MDEA
- *ID shell* : 29 in = 0,737 m
- *Baffle space* : 21,75 in = 0,5524 m
- *passes* : 2
- *Pressure drop* : 0,000023 psi = 0,00000156 atm

### 3.12 Kondensor Parsial 02

- Kode : E-111
- Fungsi : Mengembunkan hasil atas *regenerator* MDEA 02
- Jenis : *Shell and tube horizontal*
- Luas transfer panas : 268,5384 ft<sup>2</sup> = 24,95 m<sup>2</sup>

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Beban panas : 1.013.353,425 Btu/jam

Jumlah : 1 buah

*Fluida panas*

➤ Suhu masuk : 42,177 °C

➤ Suhu keluar : 42,177 °C

*Fluida dingin*

➤ Suhu masuk : 35 °C

➤ Suhu keluar : 40 °C

Rd perancangan : 0,00146 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

Rd min : 0,00100 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

U<sub>C</sub> : 1.856,63 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

U<sub>D</sub> : 499,67 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

*Bahan konstruksi*

➤ *Tube* : Carbon Steel SA 283 grade C

➤ *Shell* : Carbon Steel SA 283 grade C

*Spesifikasi Tube*

➤ *Fluida* : water

➤ Panjang : 288 in = 7,315 m

➤ OD tube : 0,75 in = 0,019 m

➤ ID tube : 0,652 in = 0,0165 m

➤ BWG : 18

➤ Susunan : Triangular pitch, PT = 1,25 in = 0,032 m

➤ Jumlah tube : 57

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

- *Passes* : 4
- *Pressure drop* : 0,53 psi = 0,036 atm

*Spesifikasi shell*

- *Fluida* : Hasil atas *Regenerator MDEA*
- *ID shell* : 29 in = 0,737 m
- *Baffle space* : 21,75 in = 0,5524 m
- *passes* : 2
- *Pressure drop* : 0,000052 psi = 0,0000035 atm

**3.13 Accumulator 01**

- Kode : D-101
- Fungsi : Menampung sementara *kondensat* dari E-103
- Jenis : *Horisontal drum* dengan *torispherical head*
- Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 grade C*
- Kondisi : T = 45,4490 °C  
P = 0,99 atm
- Jumlah : 1 buah
- Kapasitas : 0,254902307 m<sup>3</sup>
- Diameter : 0,4714 m
- Panjang *shell* : 1,4143 m
- Tinggi *head* : 4,5856 in = 0,1165 m
- Tebal *shell* : 0,1875 in = 0,0048 m
- Tebal *head* : 0,1875 in = 0,048 m

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

### 3.14 Accumulator 02

Kode	: D-102
Fungsi	: Menampung sementara kondensat dari E-111
Jenis	: <i>Horisontal drum dengan torispherical head</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Kondisi	: T = 42,18 °C P = 1,08 atm
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,36 m <sup>3</sup>
Diameter	: 0,529 m
Panjang <i>shell</i>	: 1,59 m
Tinggi <i>head</i>	: 4,2345 in = 0,1076 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,1875 in = 0,0048 m
Tebal <i>head</i>	: 0,1875 in = 0,0048 m

### 3.15 Reboiler 01

Kode	: E-104
Fungsi	: Menguapkan sebagian hasil bawah <i>regenerator</i> MDEA 01
Jenis	: <i>Kettle Reboiler</i>
Luas transfer panas	: 40,0752 ft <sup>2</sup> = 3,72 m <sup>2</sup>
Beban panas	: 807.774,1083 Btu/jam
Jumlah	: 1 buah

*commit to user*





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

*Fluida panas*

- Suhu masuk : 130 °C
- Suhu keluar : 130 °C

*Fluida dingin*

- Suhu masuk : 103,87 °C
- Suhu keluar : 108,57 °C

Rd perancangan : 0,00118 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

Rd min : 0,00100 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

U<sub>C</sub> : 1063,22 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

U<sub>D</sub> : 471,9 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

*Bahan konstruksi*

- Tube : Carbon Steel SA 283 grade C
- Shell : Carbon Steel SA 283 grade C

*Spesifikasi tube*

- Fluida : Saturated Steam
- Panjang : 16 ft = 4,877 m
- OD tube : 1 in = 0,025 m
- ID tube : 0,870 in = 0,021 m
- BWG : 16
- Susunan : Triangular pitch, PT = 1,25 in = 0,032 m
- Jumlah tube : 11
- Passes : 4
- Pressure drop : 0,0096 psi = 0,00065 atm

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Spesifikasi *shell*

- *Fluida* : Larutan MDEA
- *ID shell* : 19,25 in = 0,4889 m
- *Baffle space* : 14,4375 in = 0,3667 m
- *passes* : 1

**3.16 Reboiler 02**

- Kode : E-112
- Fungsi : Menguapkan sebagian hasil bawah *regenerator*  
MDEA-02
- Jenis : *Kettle Reboiler*
- Luas transfer panas : 43,72 ft<sup>2</sup> = 4,06 m<sup>2</sup>
- Beban panas : 1.183.953 Btu/jam
- Jumlah : 1 buah

*Fluida* panas

- Suhu masuk : 130 °C
- Suhu keluar : 130 °C

*Fluida* dingin

- Suhu masuk : 95,96 °C
- Suhu keluar : 99,43 °C

- Rd perancangan : 0,00121 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu
- Rd *min* : 0,00100 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu
- U<sub>C</sub> : 1063,22 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F
- U<sub>D</sub> : 465,65 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Bahan konstruksi

- *Tube* : Carbon Steel SA 283 grade C
- *Shell* : Carbon Steel SA 283 grade C

Spesifikasi *Tube*

- *Fluida* : Saturated Steam
- *Panjang* : 16 ft = 4,877 m
- *OD tube* : 1 in = 0,025 m
- *ID tube* : 0,870 in = 0,021 m
- *BWG* : 16
- *Susunan* : Triangular Pitch, PT = 1,25 in = 0,032 m
- *Jumlah tube* : 11
- *Passes* : 4
- *Pressure drop* : 0,0416 psi = 0,0028 m

Spesifikasi *shell*

- *Fluida* : Larutan MDEA
- *ID shell* : 19,25 in = 0,4889 m
- *Baffle space* : 14,4375 in = 0,3667 m
- *passes* : 1

### 3.17 Waste Heat Boiler 01

- Kode : E-105
- Fungsi : Membuat *steam* dengan pemanfaatan panas *flue gas* keluaran *reformer*.
- Jenis : *Kettle boiler*  
*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Luas transfer panas : 874,368 ft<sup>2</sup> = 81 m<sup>2</sup>  
 Beban panas : 33.746.253,49 Btu/jam  
 Jumlah : 1 buah

*Fluida panas*

- Suhu masuk : 900 °C
- Suhu keluar : 603,7 °C

*Fluida dingin*

- Suhu masuk : 30 °C
- Suhu keluar : 850 °C

Rd perancangan : 0,00908 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

Rd min : 0,00100 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

U<sub>C</sub> : 1063,22 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

U<sub>D</sub> : 100 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

*Bahan konstruksi*

- *Tube* : High alloy steel SA 167 grade 5 (18Cr-8Ni-Ti)
- *Shell* : Carbon Steel SA 212 grade B

*Spesifikasi Tube*

- *Fluida* : flue gas
- Panjang : 16 ft = 4,877 m
- OD tube : 1 in = 0,025 m
- ID tube : 0,870 in = 0,021 m
- BWG : 16
- Susunan : Triangular pitch, PT = 1,25 in = 0,032 m

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

- Jumlah tube : 240
- Passes : 4
- Pressure drop : 21,875 psi = 1.4885 atm

*Spesifikasi shell*

- Fluida : Water
- ID shell : 19,25 in = 0,4889 m
- Baffle space : 14,4375 in = 0,3667 m
- passes : 1

**3.18 Waste Heat Boiler 02**

- Kode : E-106
- Fungsi : Membuat steam dengan pemanfaatan panas produk gas keluaran reformer.
- Jenis : *Kettle boiler*
- Luas transfer panas : 240,45 ft<sup>2</sup> = 22 m<sup>2</sup>
- Beban panas : 6.835.772,37 Btu/jam
- Jumlah : 1 buah

*Fluida panas*

- Suhu masuk : 900 °C
- Suhu keluar : 370,9 °C

*Fluida dingin*

- Suhu masuk : 30 °C
- Suhu keluar : 130 °C

Rd perancangan : 0,00907 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

$R_d \text{ min}$  : 0,00100 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

$U_C$  : 1063,22 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

$U_D$  : 100 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

Bahan konstruksi

➤ *Tube* : High alloy steel SA 167 grade 5 TP321

➤ *Shell* : Carbon steel SA 283 grade C

Spesifikasi *Tube*

➤ *Fluida* : flue gas

➤ *Panjang* : 16 ft = 4,877 m

➤ *OD tube* : 1 in = 0,025 m

➤ *ID tube* : 0,870 in = 0,021 m

➤ *BWG* : 16

➤ *Susunan* : Triangular pitch, PT = 1,25 in = 0,032 m

➤ *Jumlah tube* : 66

➤ *Passes* : 4

➤ *Pressure drop* : 0,66 psi = 0,0449 atm

Spesifikasi *shell*

➤ *Fluida* : Water

➤ *ID shell* : 19,25 in = 0,4889 m

➤ *Baffle space* : 14,4375 in = 0,3667 m

➤ *passes* : 1

*commit to user*





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

### 3.19 Waste Heat Boiler 03

Kode	: E-201
Fungsi	: Membuat steam dengan pemanfaatan sisa panas flue gas keluaran E-105.
Jenis	: <i>Kettle boiler</i>
Luas transfer panas	: 477,26 ft <sup>2</sup> = 44. m <sup>2</sup>
Beban panas	: 12.057.513,99 Btu/jam
Jumlah	: 1 buah
<i>Fluida</i> panas	
➤ Suhu masuk	: 603,73 °C
➤ Suhu keluar	: 493,4 °C
<i>Fluida</i> dingin	
➤ Suhu masuk	: 30 °C
➤ Suhu keluar	: 130 °C
Rd perancangan	: 0,00909 hr.ft <sup>2</sup> .F/Btu
Rd <i>min</i>	: 0,00100 hr.ft <sup>2</sup> .F/Btu
U <sub>C</sub>	: 1063,22 Btu/hr.ft <sup>2</sup> .F
U <sub>D</sub>	: 100 Btu/hr.ft <sup>2</sup> .F
Bahan konstruksi	
➤ <i>Tube</i>	: <i>High alloy steel SA 167 grade 3 TP304</i>
➤ <i>Shell</i>	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Spesifikasi <i>Tube</i>	
➤ <i>Fluida</i>	: <i>flue gas</i>

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

- Panjang : 16 ft = 4,877 m
  - OD tube : 1 in = 0,025 m
  - ID tube : 0,870 in = 0,021 m
  - BWG : 16
  - Susunan : *Triangular Pitch*, PT = 1,25 in = 0,032 m
  - Jumlah tube : 131
  - Passes : 4
  - Pressure drop : 73,42 psi = 4,9959 atm
- Spesifikasi shell
- Fluida : *Water*
  - ID shell : 19,25 in = 0,4889 m
  - Baffle space : 14,4375 in = 0,3667 m
  - passes : 1

### 3.20 Kompresor 01

- Kode : JC-101
- Fungsi : Menaikkan tekanan biogas bersih sebelum masuk *Steam Reformer*
- Jenis : *Reciprocating Compressor*
- Jumlah Stage : 3
- Kondisi operasi : T<sub>o</sub> = 40 °C      T = 248,71 °C  
P<sub>o</sub> = 1,5 atm      P = 19,74 atm
- Power : 40,68 Hp
- Jumlah : 1 buah

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

### 3.21 Kompresor 02

Kode	: JC-102
Fungsi	: Menaikkan tekanan umpan masuk <i>methanator</i>
Jenis	: <i>Reciprocating Compressor</i>
Jumlah <i>Stage</i>	: 1
Kondisi operasi	: $T_o = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ $T = 94,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ $P_o = 14\text{ atm}$ $P = 20,74\text{ atm}$
Power	: 32,64 Hp
Jumlah	: 1 buah

### 3.22 Kompresor 03

Kode	: JC-103
Fungsi	: Menaikkan tekanan produk keluaran <i>methanator</i>
Jenis	: <i>Reciprocating Compressor</i>
Jumlah <i>Stage</i>	: 1
Kondisi operasi	: $T_o = 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ $T = 416,12\text{ }^{\circ}\text{C}$ $P_o = 20\text{ atm}$ $P = 40\text{ atm}$
Power	: 55,9 Hp
Jumlah	: 1 buah

### 3.23 Heat Exchanger 01

Kode	: E-101
Fungsi	: Mendinginkan larutan MDEA keluaran E-102
Jenis	: <i>Shell and Tube</i>

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Luas transfer panas : 308,51 ft<sup>2</sup> = 28,66 m<sup>2</sup>

Beban panas : 875.743 Btu/jam

*Fluida panas*

➤ Suhu masuk : 56 °C

➤ Suhu keluar : 40 °C

*Fluida dingin*

➤ Suhu masuk : 30 °C

➤ Suhu keluar : 35 °C

Rd perancangan : 0,0067 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

Rd min : 0,0010 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

U<sub>C</sub> : 372,27 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

U<sub>D</sub> : 106,22 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

*Bahan konstruksi*

➤ *Tube* : Carbon Steel SA 283 grade C

➤ *Shell* : Carbon Steel SA 283 grade C

*Spesifikasi Tube*

➤ *Fluida* : water

➤ Panjang : 12 ft = 3,66 m

➤ OD tube : 0,75 in = 0,019 m

➤ ID tube : 0,62 in = 0,0157 m

➤ BWG : 16

➤ Susunan : Triangular pitch, PT = 0,94 in = 0,024 m

➤ Jumlah tube : 131 buah

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

- *Passes* : 1
- *Pressure drop* : 0,09 psi = 0,0061 atm

*Spesifikasi Shell*

- *Fluida* : larutan MDEA keluaran *regenerator MDEA 01*
- *ID shell* : 12 in = 0,3048 m
- *Baffle space* : 7 in = 0,178 m
- *Passes* : 1
- *Pressure drop* : 0,9 psi = 0,0612 atm

**3.24 Heat Exchanger 02**

Kode : E-102

Fungsi : Mendinginkan larutan MDEA keluaran *regenerator MDEA-01* dan memanaskan larutan MDEA umpan *regenerator MDEA-01*

Jenis : *Shell and Tube*

Luas transfer panas : 233,78 ft<sup>2</sup> = 20,80 m<sup>2</sup>

Beban panas : 2.940.990,16 Btu/jam

*Fluida panas*

- Suhu masuk : 108,6 °C
- Suhu keluar : 56 °C

*Fluida dingin*

- Suhu masuk : 40 °C
- Suhu keluar : 86,75 °C

Rd perancangan : 0,0012 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

$R_d \text{ min}$  : 0,0010 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

$U_C$  : 750,59 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

$U_D$  : 388,83 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

Bahan konstruksi

➤ *Tube* : Carbon Steel SA 283 grade C

➤ *Shell* : Carbon Steel SA 283 grade C

Spesifikasi *Tube*

➤ *Fluida* : liquid MDEA keluaran regenerator MDEA-01

➤ *Panjang* : 12 ft = 3,66 m

➤ *OD tube* : 0,75 in = 0,019 m

➤ *ID tube* : 0,62 in = 0,0157 m

➤ *BWG* : 16

➤ *Susunan* : Triangular pitch, PT = 0,94 in = 0,024 m

➤ *Jumlah tube* : 95 buah

➤ *Passes* : 1

➤ *Pressure drop* : 0,02 psi = 0,00136 atm

Spesifikasi *Shell*

➤ *Fluida* : larutan MDEA umpan regenerator MDEA-01

➤ *ID shell* : 12 in = 0,3048 m

➤ *Baffle space* : 7 in = 0,178 m

➤ *Passes* : 1

➤ *Pressure drop* : 0,19 psi = 0,0129 atm

*commit to user*





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

### 3.25 Heat Exchanger 03

Kode	: E-107
Fungsi	: untuk mendinginkan gas dari reaktor menuju WGSR sekaligus memanaskan gas umpan masuk <i>methanator</i>
Jenis	: <i>Shell and Tube</i>
Luas transfer panas	: 357,07 ft <sup>2</sup> = 33,17 m <sup>2</sup>
Beban panas	: 2.052.251,03 Btu/jam
<i>Fluida panas</i>	
➤ Suhu masuk	: 370,89 °C
➤ Suhu keluar	: 200 °C
<i>Fluida dingin</i>	
➤ Suhu masuk	: 95 °C
➤ Suhu keluar	: 312 °C
<i>Rd perancangan</i>	: 0,0092 hr.ft <sup>2</sup> .F/Btu
<i>Rd min</i>	: 0,0010 hr.ft <sup>2</sup> .F/Btu
<i>U<sub>C</sub></i>	: 114,42 Btu/hr.ft <sup>2</sup> .F
<i>U<sub>D</sub></i>	: 55,63 Btu/hr.ft <sup>2</sup> .F
Bahan konstruksi	
➤ <i>Tube</i>	: SA 167 grade 3 TP304
➤ <i>Shell</i>	: SA 167 grade 3 TP304
Spesifikasi <i>Tube</i>	
➤ <i>Fluida</i>	: liquid MDEA keluaran regenerator MDEA 01 <i>commit to user</i>



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

- Panjang : 12 ft = 3,66 m
  - OD tube : 0,75 in = 0,019 m
  - ID tube : 0,48 in = 0,012 m
  - BWG : 10
  - Susunan : *Triangular pitch*, PT = 0,94 in = 0,024 m
  - Jumlah tube : 152 buah
  - Passes : 1
  - Pressure drop : 1,06 psi = 0,072 atm
- Spesifikasi Shell
- Fluida : *larutan MDEA umpan regenerator MDEA 01*
  - ID shell : 12 in = 0,3048 m
  - Baffle space : 7 in = 0,178 m
  - Passes : 1
  - Pressure drop : 0,0009 psi = 0,00006 atm

### 3.26 Heat Exchanger 04

- Kode : E-108
- Fungsi : mendinginkan campuran gas (produk) dari WGS  
ke *absorber 02*
- Jenis : *Shell and Tube*
- Luas transfer panas : 200,226 ft<sup>2</sup> = 18,6 m<sup>2</sup>
- Beban panas : 1.591.128,456 Btu/jam
- Fluida panas
- Suhu masuk : 177,38 °C

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

➤ Suhu keluar : 45 °C

*Fluida dingin*

➤ Suhu masuk : 30 °C

➤ Suhu keluar : 40 °C

*Rd perancangan* : 0,0078 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

*Rd min* : 0,0010 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

*U<sub>C</sub>* : 58 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

*U<sub>D</sub>* : 40 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

*Bahan konstruksi*

➤ *Tube* : Carbon Steel SA 283 grade C

➤ *Shell* : Carbon Steel SA 285 grade C

*Spesifikasi Tube*

➤ *Fluida* : water

➤ *Panjang* : 6 ft = 1,83 m

➤ *OD tube* : 0,75 in = 0,019 m

➤ *ID tube* : 0,62 in = 0,016 m

➤ *BWG* : 10

➤ *Susunan* : Triangular pitch, PT = 0,94 in = 0,024 m

➤ *Jumlah tube* : 170 buah

➤ *Passes* : 1

➤ *Pressure drop* : 0,1 psi = 0,0068 atm

*Spesifikasi Shell*

➤ *Fluida* : gas keluaran WGS

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

- ID shell : 12 in = 0,3048 m
- Baffle space : 9 in = 0,2286 m
- Passes : 1
- Pressure drop : 9,27 psi = 0,63 atm

### 3.27 Heat Exchanger 05

- Kode : E-109
- Fungsi : untuk mendinginkan larutan MDEA yang keluar dari *regenerator MDEA 02* dan memanaskan larutan MDEA yang masuk *Regenerator MDEA 02*
- Jenis : *Shell and Tube*
- Luas transfer panas : 1.633,09 ft<sup>2</sup> = 154,5 m<sup>2</sup>
- Beban panas : 3.144.533,31 Btu/jam
- Fluida panas*
- Suhu masuk : 99 °C
  - Suhu keluar : 54 °C
- Fluida dingin*
- Suhu masuk : 40 °C
  - Suhu keluar : 79,14 °C
- Rd perancangan : 0,0073 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu
- Rd min : 0,0010 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu
- U<sub>C</sub> : 118,38 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F
- U<sub>D</sub> : 63,68 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Bahan konstruksi

- *Tube* : Carbon Steel SA 285 grade C
- *Shell* : Carbon Steel SA 283 grade C

Spesifikasi Tube

- *Fluida* : liquid umpan regenerator 02
- *Panjang* : 12 ft = 3,66 m
- *OD tube* : 0,75 in = 0,019 m
- *ID tube* : 0,62 in = 0,016 m
- *BWG* : 16
- *Susunan* : Triangular pitch, PT = 0,94 in = 0,024 m
- *Jumlah tube* : 116 buah
- *Passes* : 1
- *Pressure drop* : 0,02 psi = 0,0136 atm

Spesifikasi Shell

- *Fluida* : liquid keluaran regenerator 02
- *ID shell* : 12 in = 0,3048 m
- *Baffle space* : 7 in = 0,1778 m
- *Passes* : 1
- *Pressure drop* : 0,31 psi = 0,021 m

**3.28 Heat Exchanger 06**

- Kode : E-110
- Fungsi : untuk mendinginkan larutan MDEA yang keluar dari E-109

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Jenis : *Shell and Tube*  
 Luas transfer panas : 224 ft<sup>2</sup> = 20,86 m<sup>2</sup>  
 Beban panas : 1.324.100 Btu/jam

*Fluida panas*

- Suhu masuk : 416 °C
- Suhu keluar : 200 °C

*Fluida dingin*

- Suhu masuk : 100 °C
- Suhu keluar : 300 °C

Rd perancangan : 0,0012 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

Rd min : 0,0010 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

U<sub>C</sub> : 70,24 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

U<sub>D</sub> : 45,41 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

*Bahan konstruksi*

- *Tube* : *Carbon Steel SA 212 grade B*
- *Shell* : *Carbon Steel SA 283 grade C*

*Spesifikasi Tube*

- *Fluida* : hidrogen
- Panjang : 6 ft = 1,83 m
- OD tube : 0,75 in = 0,019 m
- ID tube : 0,62 in = 0,016 m
- BWG : 16
- Susunan : *Triangular pitch*, PT = 0,94 in = 0,024 m

*commit to user*





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

- Jumlah tube : 127 buah
- Passes : 1
- Pressure drop : 0,06 psi = 0,004 atm

*Spesifikasi Shell*

- Fluida : Dowtherm A
- ID shell : 13,25 in = 0,3365 m
- Baffle space : 9,9375 in = 0,252 m
- Passes : 1
- Pressure drop : 0,04 psi = 0,003 atm

**3.29 Heat exchanger 07**

- Kode : E-113
- Fungsi : untuk memanaskan biogas keluar TT-101
- Jenis : *double pipe*
- Jumlah : 1
- Panjang : 12 ft

*Fluida panas*

- Suhu masuk : 130 °C
- Suhu keluar : 130 °C

*Fluida dingin*

- Suhu masuk : 35 °C
- Suhu keluar : 40 °C

Spesifikasi : *outer pipe, cold fluid(biogas)*

Kapasitas : 3309,16 kg/jam

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Material : Carbon steel SA 283 grade C

Spesifikasi : inner pipe, hot fluid(steam)

Kapasitas : 10,79 kg/jam

Material : Carbon steel SA 283 grade C

Jumlah hairpain : 3

Pressure drop : 0,06 psi

Dirt factor : 0,0031

Luas transfer panas : 31,32 ft<sup>2</sup>

### 3.30 Heat exchanger 08

Kode : E-110

Fungsi : untuk mendinginkan larutan MDEA yang keluar  
dari E-109

Jenis : Shell and Tube

Luas transfer panas :

Beban panas : 622.670,32 Btu/jam

#### *Fluida panas*

➤ Suhu masuk : 54 °C

➤ Suhu keluar : 45 °C

#### *Fluida dingin*

➤ Suhu masuk : 30 °C

➤ Suhu keluar : 35 °C

Rd perancangan : 0,0014 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

Rd min : 0,0010 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

$U_C$  : 182,36 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

$U_D$  : 60 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

Bahan konstruksi

➤ *Tube* : Carbon Steel SA 283 garde C

➤ *Shell* : Carbon Steel SA 283 garde C

Spesifikasi *Tube*

- *Fluida* : water
- *Panjang* : 12 ft = 3,66 m
- *OD tube* : 0,75 in = 0,019 m
- *ID tube* : 0,62 in = 0,016 m
- *BWG* : 16
- *Susunan* : Triangular pitch, PT = 0,94 in = 0,024 m
- *Jumlah tube* : 170 buah
- *Passes* : 1
- *Pressure drop* : 0,54 psi = 0,037 atm

Spesifikasi *Shell*

- *Fluida* : liquid umpan regenerator MDEA 02
- *ID shell* : 29 in = 0,7366 m
- *Baffle space* : 7 in = 0,1778 m
- *Passes* : 1
- *Pressure drop* : 2,76 psi = 0,018 atm

### 3.31 Heat exchanger 09

Kode : E-115

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Fungsi : untuk mendinginkan hidrogen keluar heat exchanger 08 (E-114)

Jenis : *Shell and Tube*

Luas transfer panas : 761,64 ft<sup>2</sup> = 70,79 m<sup>2</sup>

Beban panas : 2.628.900 Btu/jam

*Fluida panas*

➤ Suhu masuk : 200 °C

➤ Suhu keluar : 30 °C

*Fluida dingin*

➤ Suhu masuk : 20 °C

➤ Suhu keluar : 100 °C

Rd perancangan : 0,0013 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

Rd min : 0,0010 hr.ft<sup>2</sup>.F/Btu

U<sub>C</sub> : 52,235 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

U<sub>D</sub> : 49,104 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.F

Bahan konstruksi

➤ *Tube* : *Carbon Steel SA 212 grade B*

➤ *Shell* : *Carbon Steel SA 283 grade C*

Spesifikasi *Tube*

➤ *Fluida* : hidrogen

➤ Panjang : 20 ft = 6,096 m

➤ OD *tube* : 0,75 in = 0,019 m

➤ ID *tube* : 0,62 in = 0,016 m

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

- BWG : 16
- Susunan : *Triangular pitch*, PT = 0,94 in = 0,024 m
- Jumlah tube : 194 buah
- Passes : 4
- Pressure drop : 0,257 psi = 0,0175 atm

*Spesifikasi Shell*

- Fluida : *DowthermA*
- ID shell : 17,25 in = 0,438 m
- Baffle space : 12,9375 in = 0,33 m
- Passes : 2
- Pressure drop : 1,72 psi = 0,12 atm

**3.32 Pompa 01**

- Kode : J-101
- Fungsi : Mengalirkan larutan MDEA dari T-101 ke E-102
- Jenis : *single stage centrifugal pump*
- Jumlah : 1 buah
- Kapasitas : 86,07 gpm
- Daya pompa : 4 HP
- Daya motor : 7,5 HP
- NPSH required* : 5,53 ft = 1,69 m
- NPSH available* : 65,99 ft = 20,11 m
- Pipa yang digunakan
- D, *Nominal size* : 2.5 in = 0,0635 m

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

*Schedule number* : 80  
 OD : 2,875 in = 0,073 m  
 ID : 2,232 in = 0,05669 m

### 3.33 Pompa 02

Kode : J-102  
 Fungsi : Mengalirkan larutan MDEA dari E-102 ke E-101  
 Jenis : *single stage centrifugal pump*  
 Jumlah : 1 buah  
 Kapasitas : 87,79 gpm  
 Daya pompa : 0,5 HP  
 Daya motor : 0,75 HP  
*NPSH required* : 5,6 ft = 1,7 m  
*NPSH available* : 32,6 ft = 9,94 m  
 Pipa yang digunakan  
 D, *Nominal size* : 2.5 in = 0,0635 m  
*Schedule number* : 80  
 OD : 2,875 in = 0,073 m  
 ID : 2,232 in = 0,05669 m

### 3.34 Pompa 03

Kode : J-03  
 Fungsi : Mengalirkan larutan MDEA dari E-101 ke T-101  
 Jenis : *single stage centrifugal pump*  
 Jumlah : 1 buah  
*commit to user*





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Kapasitas	:	69,61 gpm
Daya pompa	:	5 HP
Daya motor	:	7,5 HP
<i>NPSH required</i>	:	4,8 ft = 1,46 m
<i>NPSH available</i>	:	156,32 ft = 57,65 m
Pipa yang digunakan		
D, <i>Nominal size</i>	:	2 in = 0,05 m
Schedule number	:	10
OD	:	2,375 in = 0,06 m
ID	:	2,157 in = 0,054 m

### 3.35 Pompa 04

Kode	:	J-104
Fungsi	:	Mengalirkan <i>refluk</i> hasil bawah reboiler-01 ke E-102
Jenis	:	<i>single stage centrifugal pump</i>
Jumlah	:	1 buah
Kapasitas	:	92,05 gpm
Daya pompa	:	0,5 HP
Daya motor	:	0,75 HP
<i>NPSH required</i>	:	5,8 ft = 1,77 m
<i>NPSH available</i>	:	11,24 ft = 3,43 m
Pipa yang digunakan		
D, <i>Nominal size</i>	:	2,5 in = 0,0635 m

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

*Schedule number* : 80  
 OD : 2,875 in = 0,07302 m  
 ID : 2,323 in = 0,059 m

### 3.36 Pompa 05

Kode : J-105  
 Fungsi : Mengalirkan *refluk* dari D-101 ke T-102  
 Jenis : *single stage centrifugal pump*  
 Jumlah : 1 buah  
 Kapasitas : 13,45 gpm  
 Daya pompa : 0,59 HP  
 Daya motor : 1 HP  
*NPSH required* : 1,6 ft = 0,49 m  
*NPSH available* : 11,94 ft = 3,64 m  
 Pipa yang digunakan  
 D, Nominal size : 1,25 in = 0,03175 m  
 Schedule Number : 40  
 OD : 1,66 in = 0,042 m  
 ID : 1,38 in = 0,035 m

### 3.37 Pompa 06

Kode : J-106  
 Fungsi : Mengalirkan larutan MDEA dari T-103 ke E-110  
 Jenis : *single stage centrifugal pump*  
 Jumlah : 1 buah  
*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Kapasitas	:	109,52 gpm
Daya pompa	:	1,5 HP
Daya motor	:	2,5 HP
<i>NPSH required</i>	:	6,5 ft = 1,98 m
<i>NPSH available</i>	:	65,29 ft = 19,9 m
Pipa yang digunakan		
<i>D, Nominal size</i>	:	3 in = 0,0762 m
<i>Schedule number</i>	:	80
OD	:	3,5 in = 0,0889 m
ID	:	2,9 in = 0,073 m

### 3.38 Pompa 07

Kode	:	J-107
Fungsi	:	Mengalirkan larutan MDEA dari E-109 ke E-110
Jenis	:	<i>single stage centrifugal pump</i>
Jumlah	:	1 buah
Kapasitas	:	113,035 gpm
Daya pompa	:	1 HP
Daya motor	:	1,5 HP
<i>NPSH required</i>	:	6,63 ft = 2,02 m
<i>NPSH available</i>	:	26,49 ft = 8,07 m
Pipa yang digunakan		
<i>D, Nominal size</i>	:	3 in = 0,0762 m
Schedule number	:	80

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

OD : 3,5 in = 0,0889 m

ID : 2,9 in = 0,073 m

### 3.39 Pompa 08

Kode : P-108

Fungsi : Mengalirkan larutan MDEA dari E-110 ke T-103

Jenis : *single stage centrifugal pump*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 112,113 gpm

Daya pompa : 1,5 HP

Daya motor : 2 HP

*NPSH required* : 6,6 ft = 2,01 m

*NPSH available* : 206,75 ft = 63,0174 m

Pipa yang digunakan

*D, Nominal size* : 3 in = 0,0762 m

*Schedule number* : 80

OD : 3,5 in = 0,0889 m

ID : 2,9 in = 0,073 m

### 3.40 Pompa 09

Kode : J-109

Fungsi : Mengalirkan larutan MDEA dari reboiler MDEA  
02 ke E-109

Jenis : *single stage centrifugal pump*

Jumlah : 1 buah  
*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Kapasitas	:	118,116 gpm
Daya pompa	:	1 HP
Daya motor	:	1,5 HP
<i>NPSH required</i>	:	6,8 ft = 2,07 m
<i>NPSH available</i>	:	74,5 ft = 22,07 m
Pipa yang digunakan		
<i>D, nominal size</i>	:	3 in = 0,0762 m
Schedule Number	:	80
OD	:	3,5 in = 0,0889 m
ID	:	2,9 in = 0,073 m

### **3.41 Molecular Sieve Carbon Membrane (MSCM)**

Kode	:	FG-01
Fungsi	:	Memisahkan gas H <sub>2</sub> dari campuran gas lainnya (H <sub>2</sub> O dan CH <sub>4</sub> )
Jenis	:	<i>Carbon membrane</i>
Suhu operasi	:	250-500 °C
Tekanan	:	28-69 atm
Jumlah	:	1 unit
Ukuran pori	:	≤ 1 nm
Porositas	:	0,3-0,6
Bahan dasar	:	<i>Polymeric precursor films (polyimide, polyfurfuryl alcohol, Polyvinylidene chloride atau phenolic resin)</i>

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

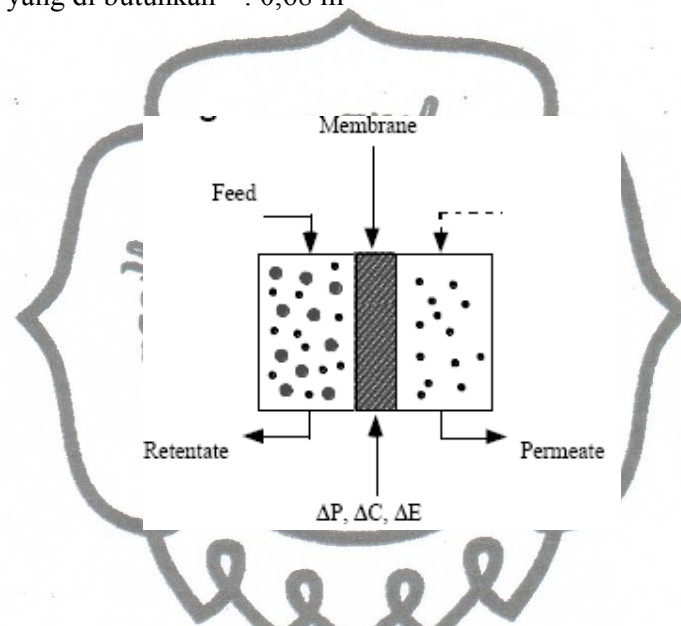
Media : *Macroporous carbon substrate* atau *alumina support tube*

*Hydrogen purity* : 99,99%

*Flux rate* : 91,5 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>

*Flow rate* : 62,075 m<sup>3</sup>/h

Luas area yang di butuhkan : 0,68 m<sup>2</sup>



Gambar 3.1 Prinsip kerja membran

(Sumber : J.W.Phair,S.P.S. Badwal,2006)





## BAB IV

### UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM

#### 4.1 Unit Pendukung Proses

Unit pendukung proses atau yang lebih dikenal dengan sebutan utilitas merupakan bagian penting untuk menunjang proses produksi dalam pabrik.

Unit pendukung proses yang terdapat dalam pabrik Hidrogen adalah :

1. Unit pengadaan air

Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air untuk memenuhi kebutuhan air sebagai berikut :

- a. Air pendingin dan air proses
- b. Air umpan *waste heat boiler*
- c. Air konsumsi umum dan sanitasi
- d. Air pemadam kebakaran

2. Unit penyedia media pendingin reaktor

Unit ini bertugas dalam menyediakan media pendingin reaktor yang berupa *dowthermA* cair. *DowthermA* ini digunakan sebagai media pendingin reaktor yang dilewatkan di dalam *shell* reaktor, kemudian didinginkan dengan air pendingin hingga kembali ke kondisi semula dan disimpan di dalam tangki penyimpanan untuk digunakan kembali. Dalam pengoperasian pabrik diasumsikan dalam jangka waktu setahun, sebesar 10% dari total kebutuhan *dowthermA* perlu ditambahkan sebagai pengganti apabila terjadi kebocoran dalam penyimpanan dan pemipaan.

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

3. Unit pengadaan *steam*

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan *steam* sebagai bahan baku pembuatan Hidrogen dan media pemanas *reboiler* (RB-01 dan RB-02).

4. Unit pengadaan udara tekan

Unit ini bertugas untuk menyediakan udara tekan untuk kebutuhan instrumentasi *pneumatic*, untuk penyediaan udara tekan di bengkel dan untuk kebutuhan umum yang lain.

5. Unit pengadaan listrik

Unit ini bertugas menyediakan listrik sebagai tenaga penggerak untuk peralatan proses, keperluan pengolahan air, peralatan-peralatan elektronik atau listrik AC, maupun untuk penerangan. Listrik di-*supply* dari PLN dan dari *generator* sebagai cadangan bila listrik dari PLN mengalami gangguan.

6. Unit pengadaan bahan bakar

Unit ini bertugas menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan *generator*.

7. Unit pengolahan limbah

Unit ini bertugas untuk mengolah bahan-bahan buangan atau hasil samping. Proses pengolahan yang digunakan adalah *separasi* dengan menggunakan *expansion valve*.

#### 4.1.1 Unit Pengadaan Air

Air umpan *waste heat boiler*, air pendingin, air konsumsi umum dan sanitasi yang digunakan adalah air yang diperoleh dari sungai Musi yang tidak jauh dari lokasi pabrik.

---

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

#### **4.1.1.1 Air pendingin**

Air pendingin yang digunakan adalah air sungai yang diperoleh dari sungai Musi yang tidak jauh dari lokasi pabrik. Alasan digunakannya air sungai sebagai media pendingin adalah karena faktor-faktor sebagai berikut :

- a. Air sungai dapat diperoleh dalam jumlah yang besar dengan biaya murah.
- b. Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air sungai sebagai pendingin adalah partikel-partikel besar/makroba dan partikel-partikel kecil/mikroba sungai yang dapat menyebabkan *fouling* pada alat-alat proses. Air pendingin yang diambil dari sungai disaring terlebih dahulu kemudian ditambahkan Klorin. Adapun persyaratan air yang akan digunakan sebagai pendingin adalah :

- Kekeruhan maksimal 3 ppm
- Bukan air sadah
- Bebas bakteri
- Bebas mineral

#### **4.1.1.2 Air Umpan *Waste Heat Boiler***

Untuk kebutuhan air umpan *waste heat boiler*, sumber air yang digunakan adalah air sungai yang diperoleh dari sungai Musi yang tidak jauh dari lokasi pabrik. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penanganan air umpan *waste heat boiler* adalah sebagai berikut :



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

a. Kandungan yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi di dalam *waste heat boiler* disebabkan karena air mengandung larutan - larutan asam dan gas - gas yang terlarut.

b. Kandungan yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*)

Pembentukan kerak disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam - garam karbonat dan silikat.

c. Kandungan yang dapat menyebabkan pembusaan (*foaming*)

Air yang diambil dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada *waste heat boiler* dan alat penukar panas karena adanya zat - zat organik, anorganik, dan zat - zat yang tidak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terjadi pada alkalinitas tinggi.

#### 4.1.1.3 Air Konsumsi Umum dan Sanitasi

Sumber air untuk keperluan konsumsi dan sanitasi juga berasal dari air sungai. Air ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan air minum, laboratorium, kantor, perumahan, dan pertamanan. Air konsumsi dan sanitasi harus memenuhi beberapa syarat, yang meliputi syarat fisik, syarat kimia, dan syarat bakteriologis.

Syarat fisik :

- Suhu di bawah suhu udara luar
- Warna jernih
- Tidak mempunyai rasa dan tidak berbau

Syarat kimia :

- Tidak mengandung zat organik
- Tidak beracun

*commit to user*

---



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

Syarat bakteriologis :

- Tidak mengandung bakteri – bakteri, terutama bakteri yang *pathogen*.

#### 4.1.1.4 Pengolahan Air

Air yang berasal dari sungai pada umumnya belum memenuhi persyaratan yang diperlukan, biasanya mengandung lumpur atau padatan serta mineral penyebab *foaming*, oksigen bebas dan kadang mengandung asam, sehingga harus menjalani proses pengolahan terlebih dahulu. Tahapan pengolahan air sungai meliputi:

1. Pengendapan awal, merupakan proses mekanis untuk memisahkan padatan-padatan atau lumpur yang terdapat di dalam air dengan menggunakan gaya gravitasi, pada bak pengendapan dilengkapi dengan penyekat yang berfungsi untuk memisahkan padatan atau lumpur yang telah jatuh sehingga tidak terikut oleh aliran air.
2. Dari bak pengendapan dilanjutkan ke bak koagulasi, pada pengaliran ke bak koagulasi dilakukan penginjeksian :
  - a. Alumina, yang berfungsi sebagai flokulan.
  - b. Kalsium hipoklorit (tawas), yang berfungsi sebagai disinfektan.
3. Flok-flok yang terbentuk kemudian di pisahkan dengan menggunakan *clarifier*. Gumpalan flok pada bagian bawah di *blow down*, sedangkan air jernih pada bagian atas di alirkan ke sand *filter*.
4. Penyaringan, air ini dilewatkan melalui *sand filter* (pada tangki penyaring), untuk menyaring partikel-partikel kotoran halus yang masih tertinggal. Kemudian air tersebut ditampung dalam tangki penampungan air bersih.

*commit to user*

---





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Dari sini air kemudian mengalami perlakuan didasarkan pada penggunaannya, yaitu :

➤ **Pengolahan air untuk konsumsi dan sanitasi.**

Ke dalam air produk penyaringan selanjutnya diinjeksikan larutan kalsium hipoklorit untuk mematikan kandungan biologis air. Konsentrasi kalsium hipoklorit dijaga sekitar 0,8-1,0 ppm. Untuk menjaga pH air minum, ditambah larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  sehingga pHnya sekitar 6,8-7,0.

➤ **Pengolahan air sebagai umpan *waste heat boiler*.**

Tahapan pengolahan air menjadi air umpan *waste heat boiler* meliputi:

1. Demineralisasi, merupakan unit penukar ion untuk menghilangkan mineral terlarut dalam air yang berupa ion positif (kation) atau ion negatif (anion). Untuk menyerap ion-ion positif dan negatif digunakan resin penukar ion yang berupa campuran resin *amberlite* dan IRA. Resin *amberlite* digunakan untuk menyerap kation sedangkan IRA untuk menyerap anion.
2. Selanjutnya air dihilangkan gas-gas terlarutnya dengan cara *deaerasi* dengan penambahan *hidrazin*  $\text{N}_2\text{H}_2$ .
3. Kemudian air tersebut ditampung dalam tangki penampungan. Dari sini, air diinjeksikan bahan-bahan kimia, antara lain :
  - a. Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak
  - b. *Dispersant*, berguna untuk mencegah terjadinya penggumpalan / pengendapan fosfat



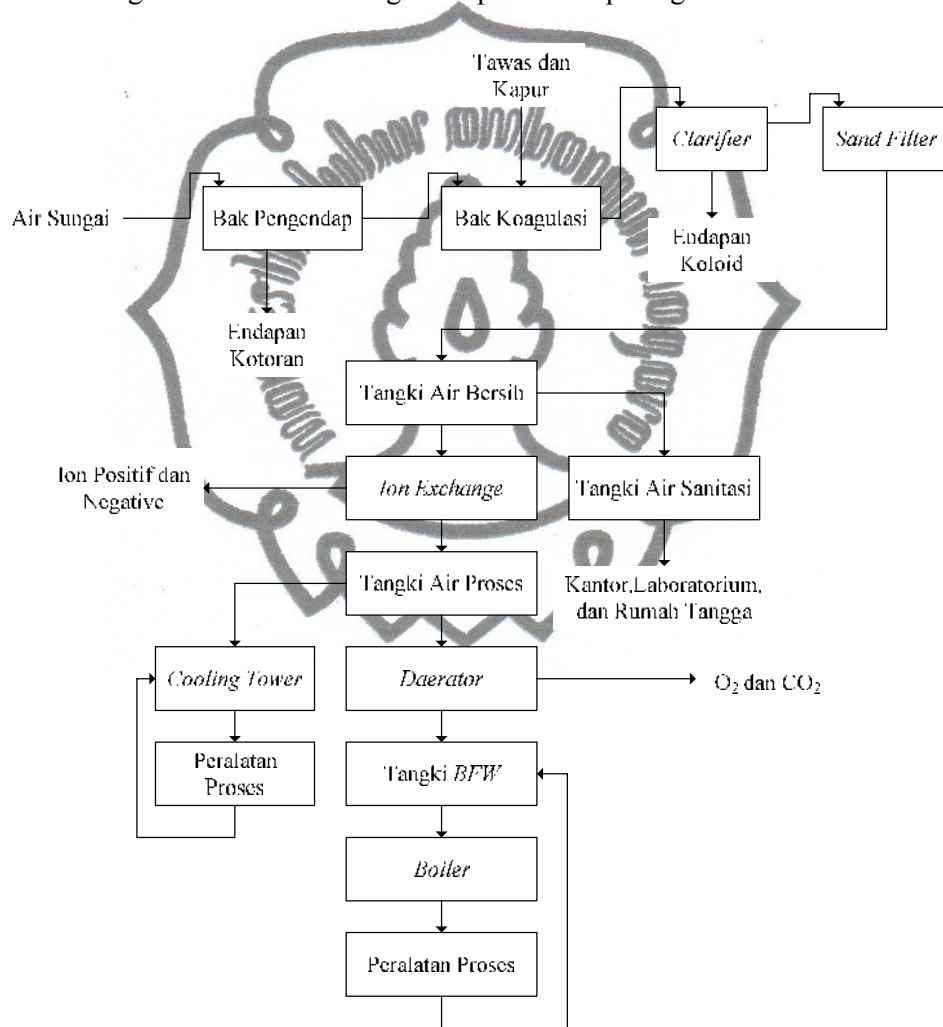


*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

➤ **Pengolahan air pendingin.**

Air bersih disimpan di tangki penyimpanan air bersih, dicampur dengan resirkulasi air pendingin dari *cooling tower* yang kemudian dapat digunakan kembali sebagai pendingin pada peralatan proses.

Pengolahan air secara ringkas dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.1 Skema Pengolahan Air Sungai



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

#### 4.1.1.5 Kebutuhan Air

##### a. Kebutuhan Air Proses

kebutuhan Air untuk Proses = 3193.0190 kg/jam.

##### b. Kebutuhan Air Pendingin

Kebutuhan air pendingin dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kebutuhan air pendingin

No	Kode Alat	Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1.	Jaket-01	Jaket absorber T-101	86095,98
2.	Jaket-02	Jaket absorber T-103	206987,21
3.	E-103	Condenser hasil dari T-102	31200,7174
4.	E-111	Condenser hasil dari T-104	50911,6410
5.	E-101	Cooler untuk larutan MDEA T-101	44154,3627
6.	E-110	Cooler untuk larutan MDEA T-103	31394,5830
7.	E-201	Cooler untuk dowterm A dari WGS reactor	57898,0000
8.	E-202	Cooler untuk dowtermA dari Methanator	33473,0000
9.	E-203	Cooler untuk dowtermA dari E-114	52088,55
10.	E-204	Cooler untuk dowtermA dari E-115	6773,42

Total kebutuhan air pendingin = 600977,46 kg/jam

Diasumsikan air pendingin 90% sirkulasi dan 10% *make-up water*, jadi kebutuhan air *make-up* yang harus disediakan sebesar 60097,75 kg/jam.

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

b. Kebutuhan Air untuk *Steam*

Kebutuhan air untuk *steam* dapat dilihat pada table 4.2.

Tabel 4.2 Kebutuhan air untuk *steam*

No	Kode Alat	Nama Alat	Kebutuhan ( kg/jam )
1.	RB-01	<i>Reboiler</i>	371.6296
2.	RB-02	<i>Reboiler</i>	842.1316
3.	E-113	<i>Heat Exchanger</i>	11

Jumlah air yang digunakan adalah sebesar 7457,6 kg/jam

Diperkirakan air yang hilang sebesar 20% sehingga kebutuhan *make-up* air untuk *steam* = 1491,5 kg/jam

d. Kebutuhan Air Konsumsi Umum dan Sanitasi

Kebutuhan air konsumsi umum dan sanitasi dapat dilihat pada table 4.4.

Tabel 4.3 Kebutuhan air konsumsi umum dan sanitasi

No	Nama Unit	Kebutuhan ( kg/hari)
1.	Perkantoran	9.500
2.	Laboratorium	2400
3.	Kantin	3.000
4.	<i>Hidran/Taman</i>	1.260
5.	Poliklinik	800
6.	Jumlah air	14.660

Kebutuhan air konsumsi umum dan sanitasi = 14.660 kg/hari

= 610,8333 kg/jam

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Total air yang disuplai dari sungai = air proses + *make-up* air umpan  
*boiler* + *make-up* air pendingin + air konsumsi dan sanitasi umum =  
365521,45 kg/jam

#### 4.1.2 Unit Pengadaan *Steam*

*Steam* yang diproduksi pada pabrik Hidrogen ini digunakan sebagai bahan baku dan media pemanas *reboiler*. Untuk memenuhi kebutuhan *steam* digunakan 3 buah *waste heat boiler* ( E-105, E-106, dan E-201). *Steam* yang dihasilkan dari E-106 dan E-201 mempunyai suhu 130°C dan tekanan 2,7 atm, sedangkan *Steam* yang dihasilkan E-105 mempunyai suhu 850 °C dan tekanan 20 atm.

Jumlah *steam* yang dibutuhkan sebesar 4406,7803 kg/jam. Untuk menjaga kemungkinan kebocoran *steam* pada saat distribusi dan *make up blowdown* pada *boiler* maka, jumlah *steam* dlebihkan sebanyak 20 %. Jadi jumlah *steam* yang dibutuhkan adalah 5288,1364 kg/jam.

Perancangan E-105 :

Dirancang untuk memenuhi kebutuhan *steam*

*Steam* yang dihasilkan : T = 1.562 °F ( 850 °C )

P = 294 psia ( 20 atm )

$\lambda_{steam}$  = 4.797,145 BTU/lbm



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Perancangan E-106 dan E-201 :

Dirancang untuk memenuhi kebutuhan *steam*

Steam yang dihasilkan : T = 266 °F ( 130 °C )  
P = 39,69 psia ( 2,7 atm )  
 $\lambda_{steam}$  = 1.151,123 BTU/lbm

**Spesifikasi Waste Heat boiler yang dibutuhkan :**

**1.E-105**

Kode : E-105  
Fungsi : Memenuhi kebutuhan *steam proses*  
Jenis : *Fire tube boiler*  
Jumlah : 1 buah  
Tekanan *steam* : 294 psia (20 atm)  
Suhu *steam* : 1.562 °F (850 °C)  
Efisiensi : 80 % (www.indonesia-property.com)  
Media pemanas : *Flue Gas* keluaran *reformer*

**2.E-106**

Kode : E-106  
Fungsi : Memenuhi kebutuhan *steam umpan reboiler*  
Jenis : *Fire tube boiler*  
Jumlah : 1 buah  
Tekanan *steam* : 39,69 psia (2,7 atm)  
Suhu *steam* : 266 °F (130 °C)

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Efisiensi : 80 % (www.indonesia-property.com)  
Media pemanas : Produk keluaran *reformer*

### 3.E-201

Kode : E-201  
Fungsi : Memenuhi kebutuhan *steam* umpan *reboiler*  
Jenis : *Fire tube boiler*  
Jumlah : 1 buah  
Tekanan *steam* : 39,69 psia (2,7 atm)  
Suhu *steam* : 266 °F (130 °C)  
Efisiensi : 80 % (www.indonesia-property.com)  
Media pemanas : *Flue gas* keluaran *reformer*

### 4.1.3 Unit Pengadaan Udara Tekan

Kebutuhan udara tekan untuk prarancangan pabrik Hidrogen ini diperkirakan sebesar 100 m<sup>3</sup>/jam, tekanan 100 psi dan suhu 35°C. Alat untuk menyediakan udara tekan berupa kompresor yang dilengkapi dengan *dryer* yang berisi *silica gel* untuk menyerap kandungan air sampai maksimal 84 ppm.

#### Spesifikasi kompresor yang dibutuhkan :

Kode : JC-102  
Fungsi : Memenuhi kebutuhan udara tekan  
Jenis : *Single Stage Reciprocating Compressor*  
Jumlah : 1 buah

*commit to user*





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

Kapasitas	: 100 m <sup>3</sup> /jam
Tekanan <i>suction</i>	: 14,7 psi (1 atm)
Tekanan <i>discharge</i>	: 100 psi (6,8 atm)
Suhu udara	: 35 °C
Efisiensi	: 80 %
Daya kompresor	: 11 HP

#### 4.1.4 Unit Pengadaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik di pabrik Hidrogen ini dipenuhi oleh PLN dan *generator* pabrik. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. *Generator* yang digunakan adalah *generator* arus bolak-balik dengan pertimbangan :

- Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar
- Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai kebutuhan

Kebutuhan listrik di pabrik ini antara lain terdiri dari :

1. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
2. Listrik untuk penerangan
3. Listrik untuk AC
4. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi
5. Listrik untuk alat-alat elektronik

Besarnya kebutuhan listrik masing – masing keperluan di atas dapat diperkirakan sebagai berikut :

---

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

#### 4.1.4.1 Listrik untuk keperluan proses dan utilitas

Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dan keperluan pengolahan air dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dan utilitas

Nama Alat	Jumlah	HP	Total HP
J-101	1	7,5	7,5
J-102	1	0,75	0,75
J-103	1	7,5	7,5
J-104	1	0,75	0,75
J-105	1	1	1
J-106	1	2,5	2,5
J-107	1	1,5	1,5
J-108	1	2	2
J-109	1	1,5	1,5
JC-101	1	40,68	40,68
JC-102	1	32,64	32,64
JC-103	1	55,9	55,9
PWT-01	1	1	1
PWT-02	1	0,25	0,25
PWT-03	1	2	2
PWT-04	1	3	3
PWT-05	1	0,25	0,25
PWT-06	1	3	3
PWT-07	1	0,5	0,5
PWT-08	1	4	4

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

PWT-09	1	0,25	0,25
PWT-10	1	0,25	0,25
PWT-11	1	0,75	0,75
PU-01	1	1	1
PU-02	1	0,25	0,25
PU-03	1	0,75	0,75
PU-04	1	0,2	0,2
PU-05	1	1,75	1,75
PU-06	1	1,75	1,75
PU-07	1	0,5	0,5
CU	1	11	11
TF	1	5	5
CT	2	3	6
Jumlah			208,17

Jadi jumlah listrik yang dikonsumsi untuk keperluan proses dan utilitas sebesar 208,17 HP. Diperkirakan kebutuhan listrik untuk alat yang tidak terdiskripsikan sebesar  $\pm 20\%$  dari total kebutuhan. Maka total kebutuhan listrik adalah 249,8 HP atau sebesar 372,56 kW.



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

#### 4.1.4.2 Listrik untuk penerangan

Untuk menentukan besarnya tenaga listrik digunakan persamaan :

$$L = \frac{a.F}{U.D}$$

dengan :

L : Lumen per outlet

a : Luas area, ft<sup>2</sup>

F : foot candle yang diperlukan (tabel 13 Perry 6<sup>th</sup> ed)

U : Koefisien utilitas (tabel 16 Perry 6<sup>th</sup> ed)

D : Efisiensi lampu (tabel 16 Perry 6<sup>th</sup> ed)

Tabel 4.5 Jumlah *Lumen* berdasarkan luas bangunan

Bangunan	Luas (m <sup>2</sup> )	Luas (ft <sup>2</sup> )	F	U	D	F/U.D	lumen
Pos keamanan	30	322,91	20	0,42	0,75	63,49	20.502,19
Parkir	500	5.381,82	10	0,49	0,75	27,21	146.444,20
Musholla	300	3.229,09	20	0,55	0,75	48,48	156.562,16
Kantin	150	1.614,55	20	0,51	0,75	52,29	84.420,77
Kantor	1.500	16.145,47	35	0,6	0,75	77,78	1.255.759,01
Poliklinik	400	4.305,46	20	0,56	0,75	47,62	205.021,88
Ruang kontrol	300	3.229,09	40	0,56	0,75	95,24	307.532,82
Laboratorium	300	3.229,09	40	0,56	0,75	95,24	307.532,82
Proses	416	4.477,68	30	0,59	0,75	67,80	303.571,40
Utilitas	1.400	15.069,11	10	0,59	0,75	22,60	340.544,80
Ruang generator	300	3.229,09	10	0,51	0,75	26,14	84.420,77
Bengkel	250	2.690,91	40	0,51	0,75	104,58	281.402,58
Garasi	400	4.305,46	10	0,51	0,75	26,14	112.561,03

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Gudang	400	4.305,46	10	0,51	0,75	26,14	112.561,03
Pemadam	250	2.690,91	20	0,51	0,75	52,29	140.701,29
Tangki bahan baku	45,34	488,04	10	0,51	0,75	26,14	12.759,24
Tangki produk	45,34	488,04	10	0,51	0,75	26,14	12.759,24
Jalan dan taman	2.400	25.832,76	5	0,55	0,75	12,12	313.124,32
Area perluasan	2.500	26.909,12	5	0,57	0,75	11,70	314.726,57
Jumlah	11.886,68	127944,1					4.512.908,10

Jumlah *lumen* :

\* untuk penerangan dalam ruangan = 3885057,232 lumen

\* untuk penerangan bagian luar ruangan = 627850,892 lumen

Untuk semua area dalam bangunan direncanakan menggunakan lampu *fluorescent* 40 Watt dimana satu buah lampu *instant starting daylight* 40 W mempunyai 1.920 *lumen* (Tabel 18 Perry 6<sup>th</sup> ed.).

Jadi jumlah lampu dalam ruangan =  $3.885.057,322 / 1.920$   
= 2023,47 buah

Untuk penerangan bagian luar ruangan digunakan lampu *mercury* 100 Watt, dimana *lumen output* tiap lampu adalah 3.000 *lumen* (Perry 6<sup>th</sup> ed.).

Jadi jumlah lampu luar ruangan =  $627.850,892 / 3.000$   
= 209 buah

Total daya penerangan =  $(40 \text{ W} \times 2023,47 + 100 \text{ W} \times 209)$   
= 101.867,06 W  
= 101,87 kW

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

#### 4.1.4.3 Listrik untuk AC

Diperkirakan menggunakan tenaga listrik sebesar 15.000 Watt atau 15 kW untuk 50 AC dengan tenaga listrik 300 W untuk tiap AC.

#### 4.1.4.4 Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi

Diperkirakan menggunakan tenaga listrik sebesar 10.000 Watt atau 10 kW.

Tabel 4.6 Total kebutuhan listrik pabrik

No.	Kebutuhan Listrik	Tenaga listrik, kW
1.	Listrik untuk keperluan proses dan utilitas	372,56
2.	Listrik untuk keperluan penerangan	101,867
3.	Listrik untuk AC	15
4.	Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi	10
	Total	499,425

*Generator* yang digunakan sebagai cadangan sumber listrik mempunyai efisiensi 80%, sehingga *generator* yang disiapkan harus mempunyai *output* sebesar 624,28 kW.

Dipilih menggunakan *generator* dengan daya 1000 kW, sehingga masih tersedia cadangan daya sebesar 80,422 kW.

Spesifikasi *generator* yang diperlukan :

Jenis	: AC <i>generator</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas / Tegangan	: 1000 kW ; 220/360 Volt
Efisiensi	: 80 %
Bahan bakar	: IDO

*commit to user*





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

#### 4.1.5 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar mempunyai tugas untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar *Furnace* dan *Generator*. Bahan bakar yang digunakan adalah:

##### 4.1.5.1 Furnace

Jenis bahan bakar yang digunakan adalah *biogas* hasil pengolahan limbah cair kelapa sawit. *Biogas* diperoleh dari hasil pengolahan industri kelapa sawit di daerah Sumatera Selatan. Pemilihan *biogas* sebagai bahan bakar didasarkan pada alasan :

1. Mudah didapat
2. Lebih ekonomis
3. Mudah dalam penyimpanan
4. Energi terbarukan

Bahan biogas yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Table 4.7 Data komposisi biogas dari POME

Senyawa	%V
Metana(CH <sub>4</sub> )	62.5
Karbon dioksida(CO <sub>2</sub> )	37
Hydrogen sulfide(H <sub>2</sub> S)	5000 Vppm

( [www.claverton-energy.com](http://www.claverton-energy.com) )

Beban panas furnace sebesar 67.302.561 kJ/jam, dari perhitungan tiap 1 Nm<sup>3</sup>/jam biogas dapat menghasilkan 8113,63 kJ/jam, maka kebutuhan *Biogas* bahan bakar *Furnace* sebesar 8.295 Nm<sup>3</sup>/jam.

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

#### 4.1.5.2 Generator

Jenis bahan bakar yang digunakan adalah IDO (*Industrial Diesel Oil*). IDO diperoleh dari Pertamina dan distributornya. Pemilihan IDO sebagai bahan bakar didasarkan pada alasan :

1. Mudah didapat
2. Lebih ekonomis
3. Mudah dalam penyimpanan

Bahan bakar solar yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

<i>Specific gravity</i>	: 0,8124
<i>Heating Value</i>	: 16.779 Btu/lb
Efisiensi bahan bakar	: 80%
Densitas	: 50,5664 lb/ft <sup>3</sup>

Kebutuhan bahan bakar untuk *generator*

$$\text{Bahan bakar} = \frac{\text{Kapasitas alat}}{\text{eff} \cdot \rho \cdot h}$$

$$\text{Kapasitas generator} = 500 \text{ kW}$$

$$= 1.706.077,05 \text{ Btu/jam}$$

$$\text{Kebutuhan bahan bakar} = 71,17 \text{ L/jam}$$

#### 4.2 Laboratorium

Laboratorium memiliki peranan sangat besar di dalam suatu pabrik untuk memperoleh data – data yang diperlukan. Data – data tersebut digunakan untuk evaluasi unit-unit yang ada, menentukan tingkat efisiensi, dan untuk pengendalian mutu.

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

Pengendalian mutu atau pengawasan mutu di dalam suatu pabrik pada hakekatnya dilakukan dengan tujuan mengendalikan mutu produk yang dihasilkan agar sesuai dengan standar yang ditentukan. Pengendalian mutu dilakukan mulai bahan baku, saat proses berlangsung, dan juga pada hasil atau produk.

Pengendalian rutin dilakukan untuk menjaga agar kualitas dari bahan baku dan produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Dengan pemeriksaan secara rutin juga dapat diketahui apakah proses berjalan normal atau menyimpang. Jika diketahui analisa produk tidak sesuai dengan yang diharapkan maka dengan mudah dapat diketahui atau diatasi.

Laboratorium berada di bawah bidang teknik dan perekayasaan yang mempunyai tugas pokok antara lain :

- a. Sebagai pengontrol kualitas bahan baku dan pengontrol kualitas produk
- b. Sebagai pengontrol terhadap proses produksi
- c. Sebagai pengontrol terhadap mutu air pendingin, air umpan *boiler*, dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi

Laboratorium melaksanakan kerja 24 jam sehari dalam kelompok kerja *shift* dan *non-shift*.

1. Kelompok *shift*

Kelompok ini melaksanakan tugas pemantauan dan analisa – analisa rutin terhadap proses produksi. Dalam melaksanakan tugasnya,

*commit to user*

---



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

kelompok ini menggunakan sistem bergilir, yaitu sistem kerja *shift* selama 24 jam dengan dibagi menjadi 3 *shift*. Masing – masing *shift* bekerja selama 8 jam.

2. Kelompok *non-shift*

Kelompok ini mempunyai tugas melakukan analisa khusus yaitu analisa yang sifatnya tidak rutin dan menyediakan reagen kimia yang diperlukan di laboratorium. Dalam rangka membantu kelancaran pekerjaan kelompok *shift*, kelompok ini melaksanakan tugasnya di laboratorium utama dengan tugas antara lain :

- a. Menyediakan reagen kimia untuk analisa laboratorium
- b. Melakukan analisa bahan pembuangan penyebab polusi
- c. Melakukan penelitian atau percobaan untuk membantu kelancaran produksi

Dalam menjalankan tugasnya, bagian laboratorium dibagi menjadi :

1. Laboratorium fisik
2. Laboratorium analitik
3. Laboratorium penelitian dan pengembangan

#### **4.2.1. Laboratorium Fisik**

Bagian ini bertugas mengadakan pemeriksaan atau pengamatan terhadap sifat – sifat bahan baku, produk, dan air. Pengamatan yang dilakukan yaitu antara lain :

- *specific gravity*
- viscositas

*commit to user*

---



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

- kandungan air

#### 4.2.2. Laboratorium Analitik

Bagian ini mengadakan pemeriksaan terhadap bahan baku dan produk mengenai sifat – sifat kimianya.

Analisa yang dilakukan antara lain :

- kadar kandungan kimiawi dalam produk
- kandungan logam

#### 4.2.3. Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

Bagian ini bertujuan untuk mengadakan penelitian, misalnya :

- diversifikasi produk
- perlindungan terhadap lingkungan

#### 4.2.4. Prosedur Analisa Bahan Baku dan Produk

##### 4.2.4.1. Analisa Kandungan Sulfur (H<sub>2</sub>S)

Prinsip : Sulfur akan diikat sebagai CdS dan dibebaskan kembali dengan penambahan HCl. Sulfur yang dibebaskan akan direduksi oleh iodium (I<sub>2</sub>). Kelebihan iod dititrasi dengan larutan baku *natrium thiosulfat*.

Tujuan : Untuk menetapkan kandungan sulfur

Metode : Iodometri

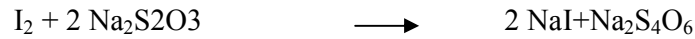
Reaksi:



*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*



Alat-alat yang digunakan :

- Erlenmeyer 500 ml
- Buret
- *Wattest meter*
- Pipet volum 15 ml, 5ml, dan 20 ml
- Penyerap gas

Pereaksi :

- Cd asetat
- NaOH 10%
- HCl 0,1 N
- Iod 0,01 N
- Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,01 N
- Indikator Amilum

Prosedur:

- Erlenmenyer diisi dengan 300 ml air dingin, kemudian ditambahkan 15 ml NaOH 10%
- Erlenmeyer disumbat dengan penyebar gas dan dihubungkan dengan *wattest meter*.
- Biogas dialirkan selama 2 jam
- Membaca penunjukkan *wattest meter* dan sumbat penyebar gas dilepaskan

*commit to user*





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

- Menambahkan HCl 0,1 N sebanyak 20 ml dan 20 ml larutan I2 0,01 N kedalam erlenmeyer, kemudian titrasi dengan larutan *natrium thiosulfat* 0,01 N beberapa ml
- Menambahkan beberapa tetes indikator amilum dan titrasi diteruskan hingga diperoleh TAT

#### 4.2.4.2. Analisa kandungan gas CO<sub>2</sub>

Prinsip : Gas CO<sub>2</sub> dengan larutan KOH akan membentuk kalium karbonat

Tujuan : Menetapkan kadar gas CO<sub>2</sub>

Metode : Penetapan dengan larutan orsalat

Reaksi :



Alat-alat yang digunakan :

- *Sampling bulb*
- Alat orsalat
- Buret
- Pipet

Pereaksi: Larutan KOH 50%

Prosedur :

- *Sampling bulb* diisi dengan air.
- Sampel gas-gas dialirkan sehingga semua air keluar dan *sampling bulb* segera ditutup

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

- Tekanan gas dikurangi dengan memutar kran *sampling bulb* dengan cepat beberapa kali dan dihubungkan dengan alat orsalat.
- Gas sebanyak 100 ml dialirkan dalam buret.
- Sampel gas dilewatkan kedalam pipet yang berisi KOH 50%.
- Penyerapan diteruskan beberapa kali sampai tidak terjadi perubahan volume.

Perhitungan:

$$\text{CO}_2 (\% \text{ volume}) = 100\% - \% \text{ volume gas setelah penyerapan}$$

#### 4.2.4.3. Analisa Hidrogen (H<sub>2</sub>)

Metode : Kromatografi

Prinsip : Pemisahan komponen cuplikan dengan kromatografi gas berdasarkan adsorpsi atau penyerapan zat padat dalam kolom.

Alat-alat yang digunakan:

- Sampling bulb
- Alat kromatografi

Pereaksi : Gas Helium

Prosedur :

- Sampling bulb diisi dengan air dan segera ke lapangan untuk mengambil sampel.
- Buret diisi dengan sampel gas sebanyak 100 ml.

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

- Alat kromatografi disiapkan dengan menekan tombol “in sintesa term” kemudian F1 dan F6.
- Tombol F8 ditekan lalu F1 dan ditunggu sampai ready dan pointer telah stabil.
- Contoh gas 20-50 ml di injeksikan pada posisi injektor “B”.
- Aliran gas dihentikan, atur posisi injektor “A” dan segera tekan “run”.
- Data yang keluar pada *recorder* dicatat.

#### 4.2.5. Analisa Air

Air yang dianalisis antara lain:

1. Air pendingin
2. Air umpan boiler
3. Air limbah
4. Air konsumsi umum dan sanitasi

Parameter yang diuji antara lain warna, pH, kandungan klorin, tingkat kekeruhan, total kesadahan, jumlah padatan, total alkalinitas, sulfat, silika, dan konduktivitas air.

Alat-alat yang digunakan dalam laboratorium analisa air ini antara lain:

1. pH meter, digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman/kebasaan air.
2. Spektrofotometer, digunakan untuk mengetahui konsentrasi suatu senyawa terlarut dalam air.

*commit to user*

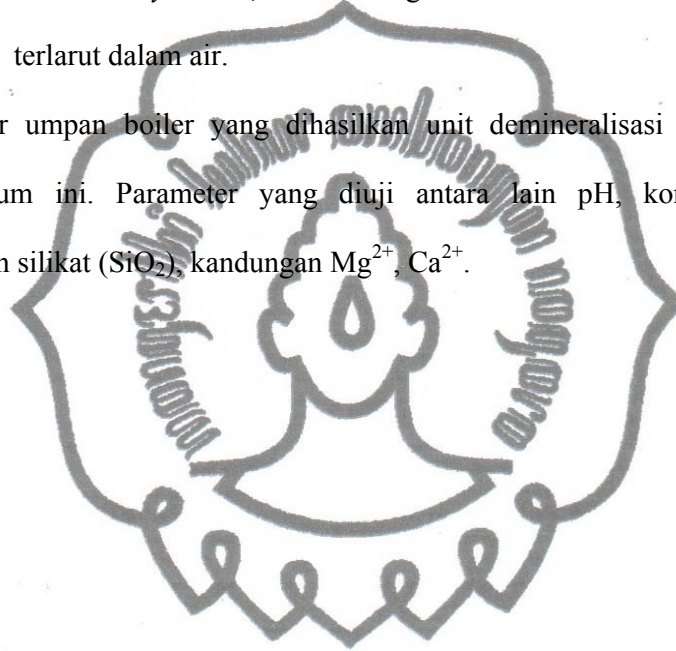


*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

3. *Spectroscopy*, digunakan untuk mengetahui kadar silika, sulfat, hidrazin, turbiditas, kadar fosfat, dan kadar sulfat.
4. Peralatan titrasi, untuk mengetahui jumlah kandungan klorida, kesadahan dan alkalinitas.
5. *Conductivity meter*, untuk mengetahui konduktivitas suatu zat yang terlarut dalam air.

Air umpan boiler yang dihasilkan unit demineralisasi juga diuji oleh laboratorium ini. Parameter yang diuji antara lain pH, konduktivitas dan kandungan silikat (SiO<sub>2</sub>), kandungan Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>.



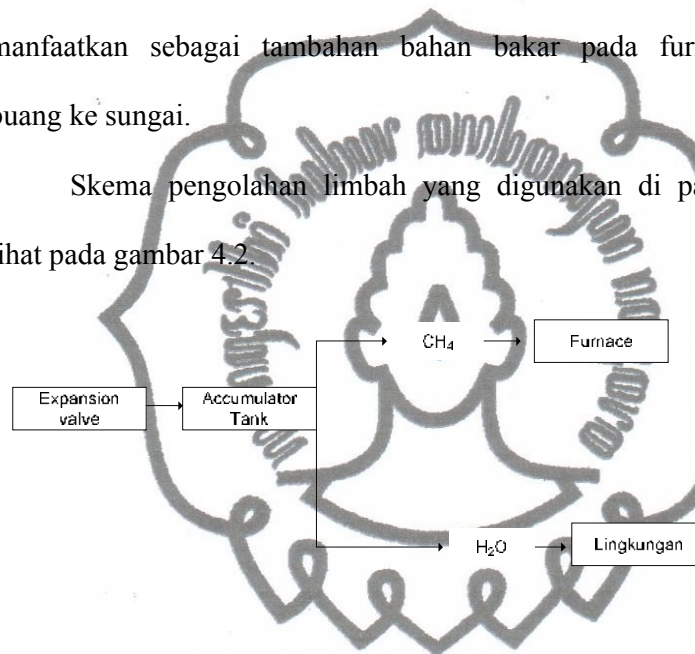


*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

### 4.3 Unit Pengolahan Limbah

Limbah cairan yang dibuang mempunyai komposisi CH<sub>4</sub> dan H<sub>2</sub>O. Limbah ini diolah dengan memisahkan antara CH<sub>4</sub> dan H<sub>2</sub>O. Pemisahan yang dilakukan dengan menurunkan tekanan dari 40 atm menjadi 1 atm pada suhu tetap sehingga akan didapatkan CH<sub>4</sub> sebagai fase gas, H<sub>2</sub>O sebagai fase cair. CH<sub>4</sub> dimanfaatkan sebagai tambahan bahan bakar pada furnace, sedangkan H<sub>2</sub>O dibuang ke sungai.

Skema pengolahan limbah yang digunakan di pabrik hidrogen dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Skema pengolahan limbah



## BAB V

### MANAJEMEN PERUSAHAAN

#### 5.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan pada Prarancangan Pabrik Hidrogen ini adalah Perseroan Terbatas. Perseroan Terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham, dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan dari perusahaan atau perseroan terbatas tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam perseroan terbatas, pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

Pabrik Hidrogen yang akan didirikan mempunyai :

- » Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)
- » Lapangan Usaha : Industri Gas
- » Lokasi Perusahaan : Palembang, Sumatera Selatan

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan ini didasarkan atas beberapa faktor, antara lain:

1. Mudah mendapatkan modal dengan cara menjual saham di pasar modal atau perjanjian tertutup dan meminta pinjaman dari pihak yang berkepentingan seperti badan usaha atau perseorangan.

*commit to user*





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

2. Tanggung jawab pemegang saham bersifat terbatas, artinya kelancaran produksi hanya akan ditangani oleh direksi beserta karyawan sehingga gangguan dari luar dapat dibatasi.
3. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya, dan karyawan perusahaan.
4. Efisiensi dari manajemen  
Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang cukup cakap dan berpengalaman.
5. Lapangan usaha lebih luas  
Suatu Perseroan Terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.
6. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan komisaris.

(Djoko, 2003)

## **5.2 Struktur Organisasi**

Struktur organisasi merupakan salah satu faktor penting yang dapat menunjang kelangsungan dan kemajuan perusahaan, karena berhubungan dengan komunikasi yang terjadi dalam perusahaan demi tercapainya kerjasama yang baik antar karyawan. Untuk mendapatkan sistem



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

organisasi yang baik maka perlu diperhatikan beberapa asas yang dapat dijadikan pedoman, antara lain:

- ♦ Pendelegasian wewenang
- ♦ Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
- ♦ Pembagian tugas kerja yang jelas
- ♦ Kesatuan perintah dan tanggung jawab
- ♦ Sistem kontrol atas kerja yang telah dilaksanakan
- ♦ Organisasi perusahaan yang fleksibel

(Djoko, 2003)

Dengan berpedoman terhadap asas - asas tersebut, maka dipilih organisasi kerja berdasarkan *Sistem Line and Staff*. Pada sistem ini, garis wewenang lebih sederhana, praktis dan tegas. Demikian pula dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya akan bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Untuk kelancaran produksi, perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli di bidangnya. Bantuan pikiran dan nasehat akan diberikan oleh staf ahli kepada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada 2 kelompok orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini, yaitu:

1. Sebagai garis atau lini, yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.

*commit to user*

---



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

2. Sebagai staf, yaitu orang - orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya, dalam hal ini berfungsi untuk memberi saran - saran kepada unit operasional.

(Djoko, 2003)

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, sedangkan dalam pelaksanaan tugas sehari - harinya diwakili oleh Dewan Komisaris, sementara itu tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi dan Direktur Keuangan-Umum. Direktur Produksi membawahi bidang produksi dan teknik, sedangkan direktur keuangan dan umum membawahi bidang pemasaran, keuangan, dan administrasi. Kedua direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang akan bertanggung jawab atas bagian dalam perusahaan, sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi para karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh seorang kepala regu dimana setiap kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas masing - masing seksi. (Gunawan, 2003)

Manfaat adanya struktur organisasi adalah sebagai berikut :

- a. Menjelaskan, membagi, dan membatasi pelaksanaan tugas dan tanggung jawab setiap orang yang terlibat di dalamnya
- b. Penempatan tenaga kerja yang tepat

*commit to user*

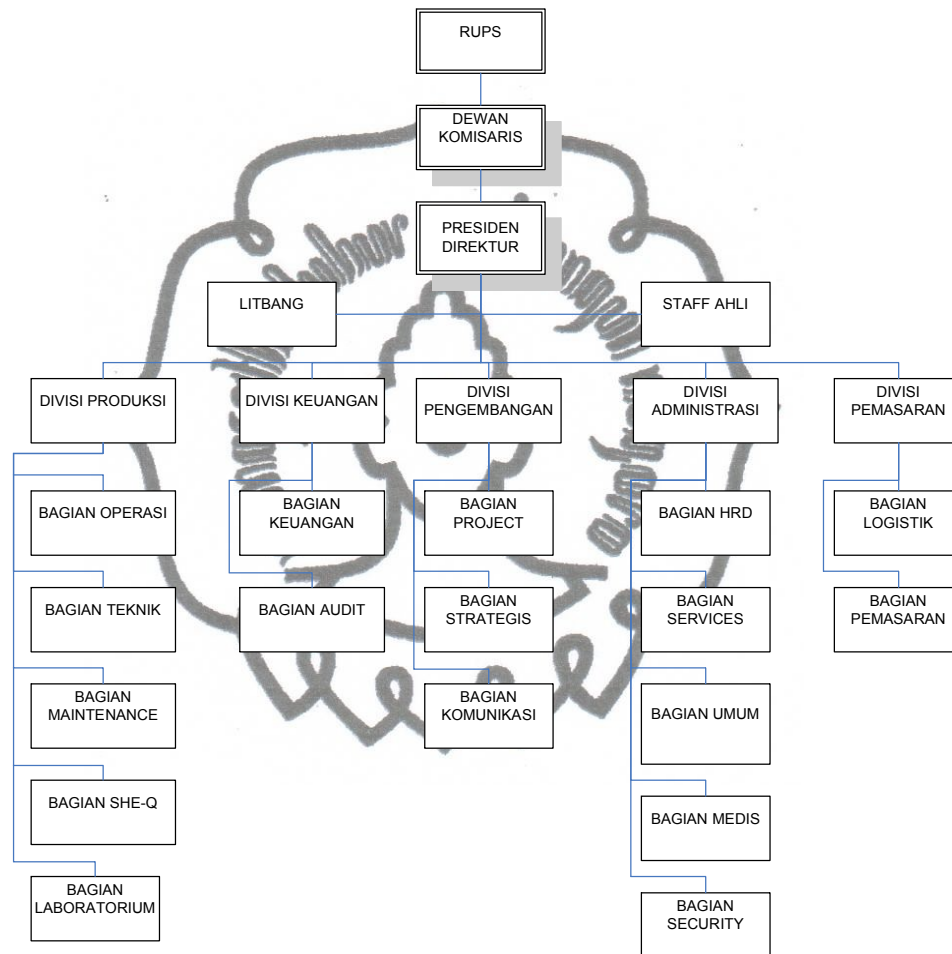
---



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

- c. Pengawasan, evaluasi dan pengembangan perusahaan serta manajemen perusahaan yang lebih efisien.

Struktur organisasi pabrik Hidrogen sebagai berikut :



Gambar 5.1 Struktur organisasi pabrik Hidrogen

### 5.3 Tugas dan Wewenang

#### 5.3.1 Pemegang Saham

Pemegang Saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Para pemilik saham adalah pemilik perusahaan. Kekuasaan

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut para pemegang saham berwenang :

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
2. Mengangkat dan memberhentikan Direksi
3. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta laba rugi tahunan perusahaan

### 5.3.2 Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemilik saham sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab kepada pemilik saham.

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

- \* Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber - sumber dana dan pengarahannya
- \* Mengawasi tugas - tugas direksi
- \* Membantu direksi dalam tugas - tugas penting

(Gunawan, 2003)

### 5.3.3 Presiden Direktur

Presiden Direktur merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju mundurnya perusahaan. Presiden Direktur bertanggung jawab kepada dewan komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan.

*commit to user*

---



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

Presiden Direktur membawahi divisi-divisi yang masing-masing dipimpin seorang direktur. Divisi-divisi tersebut antara lain:

### 5.3.3.1 Divisi Produksi

Divisi Produksi bertanggung jawab atas kelancaran pengolahan dan perawatan pabrik. Divisi ini terbagi atas lima departemen, yaitu:

#### 1. Bagian Teknik

Bagian Teknik bertanggung jawab untuk memberikan bantuan teknis kepada semua bagian yang berkaitan dengan kelancaran dan efisiensi pabrik. Bentuk bantuan itu antara lain berupa:

- *Troubleshooting* untuk permasalahan-permasalahan yang memerlukan analisa yang mendalam.
- Perencanaan produksi berdasarkan permintaan.
- *Quality Assurance/Quality Control*, yaitu memberikan jaminan mutu dari obyek yang diverifikasi dan yang diperiksa secara fisik sejak mulai dari studi kelayakan hingga beroperasinya peralatan-peralatan tersebut, serta pengendalian kualitas produksi hidrogen berdasarkan hasil laboratorium.
- *Project Engineering*, yaitu melakukan modifikasi-modifikasi terhadap peralatan pabrik untuk meningkatkan kehandalan dan efisiensi.





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

2. Bagian Operasi

Tugas bagian ini adalah menjalankan dan mengendalikan proses pengolahan biogas menjadi hidrogen mulai dari penerimaan gas umpan, pemrosesan gas, penyimpanan, hingga pemipaan 24 jam sehari.

3. Bagian *Maintenance*

Bagian *Maintenance* bertanggung jawab atas perencanaan dan pelaksanaan pemeliharaan peralatan baik di dalam dan luar plant. Filosofi bagian ini adalah pemeliharaan peralatan plant untuk mendapatkan hasil aman (*safe*), handal (*reliable*), efisien, serta meningkatkan kemampuan karyawan untuk menghadapi teknologi maju.

4. Bagian *Safety Health and Environmental Quality (SHE-Q)*

Bertanggungjawab atas keselamatan yang berhubungan dengan pengoperasian, perencanaan, pengawasan dan pemeliharaan pabrik, serta keselamatan karyawan seperti penanggulangan kebakaran dan pengawasan terhadap kelengkapan peralatan keselamatan kerja

5. Bagian Laboratorium

Bertanggungjawab mengontrol kualitas produk hidrogen, bahan baku, dan limbah



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

### 5.3.3.2 Divisi Keuangan

1. Bagian Keuangan

Bertanggungjawab atas pengelolaan administrasi keuangan dan transaksi perusahaan serta membuat pembukuan perusahaan.

2. Bagian *Audit*

Bertanggung jawab atas audit internal berupa audit keuangan dan aset perusahaan.

### 5.3.3.3 Divisi Pengembangan

Divisi Pengembangan bertanggungjawab atas proyek-proyek modifikasi dan perluasan pabrik yang dapat ditangani perusahaan serta pengelolaan data untuk seluruh keperluan pabrik. Divisi Pengembangan terdiri dari tiga departemen, yaitu:

1. Bagian *Project*

Bagian *Project* bertanggungjawab atas jadwal perencanaan proyek-proyek di perusahaan, pengontrolan keuangan yang dialokasikan pada proyek serta pelaksanaan proyek yang dilaksanakan oleh Divisi Pengembangan.

2. Bagian Komunikasi

Bagian Komunikasi bertugas melaksanakan sistem pengelolaan data informasi, pengelolaan sistem telekomunikasi di lingkungan perusahaan dan pengelolaan perpustakaan.



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

3. Bagian Strategis

Bagian strategis bertugas untuk membantu bagian lain dalam mengadakan perencanaan dan pelaksanaan suatu proyek yang dilaksanakan oleh kontraktor di perusahaan, melakukan evaluasi pelaksanaan kepada sistem manajemen perusahaan terhadap adanya perluasan pabrik yang berskala besar dan juga sebagai koordinator.

**5.3.3.4 Divisi Administrasi**

Divisi Administrasi bertanggung jawab atas pengelolaan sumber daya manusia, manajemen, meningkatkan kemampuan dan kesejahteraan karyawan. Divisi ini dibagi menjadi lima bagian:

1. Bagian *Human Resources and Development*

*Human Resources and Development* bertanggung jawab atas masalah kepegawaian dan peningkatan kemampuan para karyawan.

2. Bagian *Services*

Bagian *Services* bertanggung jawab atas penyediaan fasilitas yang layak bagi karyawan dan keluarga, seperti perumahan, sarana olahraga dan hiburan.

3. Bagian Medis

Bagian Medis bertanggung jawab atas kesehatan bagi para karyawan dan keluarga.



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

#### 4. Bagian Umum

Bagian Umum bertanggung jawab atas pelayanan sarana dan prasarana secara menyeluruh untuk karyawan dan keluarga dan masyarakat luas.

#### 5. Bagian Keamanan

Bagian Keamanan bertanggung jawab atas keamanan baik di pabrik maupun di perumahan para karyawan.

(PT. Badak NGL Bontang)

#### 5.3.3.5 Divisi Pemasaran

Divisi Pemasaran bertanggung jawab atas penjualan produk maupun pengadaan barang-barang yang diperlukan perusahaan, baik untuk keperluan produksi atau keperluan non teknis. Divisi ini dibagi atas:

##### 1. Bagian Logistik

Departemen ini bertanggung jawab atas pengadaan barang atau peralatan yang digunakan oleh perusahaan serta penyimpanannya

##### 2. Bagian Pemasaran

Bagian Pemasaran bertanggung jawab atas perencanaan strategi penjualan hasil produksi dan pengaturan distribusi hasil produksi.

#### 5.3.4 Staf Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga - tenaga ahli yang bertugas membantu direktur dalam menjalankan tugasnya, baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada direktur



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

utama sesuai dengan bidang keahlian masing - masing. Tugas dan wewenang staf ahli meliputi :

1. Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan.
2. Memberi masukan - masukan dalam perencanaan dan pengembangan perusahaan.
3. Memberi saran - saran dalam bidang hukum.

(Djoko, 2003)

#### **5.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan**

Pabrik hidrogen direncanakan beroperasi 300 hari dalam satu tahun dan proses produksi berlangsung 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perawatan, perbaikan, *shutdown*. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan digolongkan dalam dua golongan yaitu :

##### **5.4.1 Karyawan non *shift***

Karyawan non *shift* adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan harian adalah direktur, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta karyawan yang berada di kantor.

Karyawan harian dalam satu minggu akan bekerja selama 5 hari dengan pembagian kerja sebagai berikut :

Jam kerja :

- Hari Senin – Kamis : Jam 07.00 – 16.00
- Hari Jum'at : Jam 07.00 – 17.00

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

Jam Istirahat :

- Hari Senin – Kamis : Jam 12.00 – 13.00
- Hari Jum'at : Jam 11.00 – 13.00

#### 5.4.2 Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang secara langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian - bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan shift ini adalah operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gedung dan bagian - bagian yang harus selalu siaga untuk menjaga keselamatan serta keamanan pabrik.

Para karyawan *shift* akan bekerja secara bergantian selama 24 jam dengan pengaturan sebagai berikut :

*Shift* Pagi : Jam 07.00 – 15.00

*Shift* Sore : Jam 15.00 – 23.00

*Shift* Malam : Jam 23.00 – 07.00

Untuk karyawan *shift* ini dibagi menjadi 4 regu (A/B/C/D) dimana tiga regu bekerja dan satu regu istirahat serta dikenakan secara bergantian. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan pemerintah, regu yang masuk tetap harus masuk.

---

*commit to user*





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Tabel 5.1 Jadwal pembagian kelompok *shift*

Tgl	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pagi	D	D	A	A	B	B	C	C	C	D
Sore	C	C	D	D	A	A	B	B	B	C
Malam	B	B	C	C	D	D	A	A	A	B
Off	A	A	B	B	C	C	D	D	D	A

Tgl	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pagi	D	A	A	B	B	B	C	C	D	D
Sore	C	D	D	A	A	A	B	B	C	C
Malam	B	C	C	D	D	D	A	A	B	B
Off	A	B	B	C	C	C	D	D	A	A

Tgl	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Pagi	A	A	A	B	B	C	C	D	D	A
Sore	D	D	D	A	A	B	B	C	C	D
Malam	C	C	C	D	D	A	A	B	B	C
Off	B	B	B	C	C	D	D	A	A	B

Jadwal untuk tanggal selanjutnya berulang ke susunan awal.

Kelancaran produksi dari suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh faktor kedisiplinan para karyawannya dan akan secara langsung mempengaruhi kelangsungan dan kemajuan perusahaan. Untuk itu kepada seluruh karyawan perusahaan dikenakan absensi. Disamping itu masalah

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

absensi digunakan oleh pimpinan perusahaan sebagai salah satu dasar dalam mengembangkan karier para karyawan di dalam perusahaan.

(Djoko, 2003)

## **5.5 Status Karyawan dan Sistem Upah**

Pada pabrik ini sistem upah karyawan berbeda - beda tergantung pada status, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Menurut status karyawan dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu :

### **5.5.1 Karyawan Tetap**

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian, dan masa kerjanya.

### **5.5.2 Karyawan Harian**

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi tanpa SK direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

### **5.5.3 Karyawan Borongan (Kontraktor)**

Yaitu karyawan yang digunakan oleh pabrik bila diperlukan saja. Menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

## **5.6 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji**

### **5.6.1 Penggolongan Jabatan**

1. Presiden Direktur : Sarjana Ekonomi / Teknik / Hukum
2. Kadiv Produksi : Sarjana Teknik Kimia
3. Kadiv Keuangan : Sarjana Ekonomi
4. Kadiv Pengembangan : Sarjana Teknik Kimia/Industri

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

- 
- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| 5. Kadiv Administrasi          | : Sarjana Ekonomi                           |
| 6. Kadiv Pemasaran             | : Sarjana Ekonomi                           |
| 7. Staf Ahli                   | : Sarjana Teknik Kimia / Mesin /<br>Elektro |
| 8. Litbang                     | : Sarjana Teknik Kimia                      |
| 9. Kepala Bagian Operasi       | : Sarjana Teknik Kimia                      |
| 10. Kepala Bagian Teknik       | : Sarjana Teknik Kimia / Mesin /<br>Elektro |
| 11. Kepala Bagian Maintenance  | : Sarjana Teknik Mesin Elektro              |
| 12. Kepala SHE-Q               | : Sarjana Keselamatan Kerja                 |
| 13. Kepala Bagian Laboratorium | : Sarjana Kimia                             |
| 14. Kepala Bagian Audit        | : Sarjana Ekonomi / Teknik Kimia            |
| 15. Kepala Bagian Keuangan     | : Sarjana Ekonomi                           |
| 16. Kepala Bagian Project      | : Sarjana Ekonomi/Hukum                     |
| 17. Kepala Bagian Strategis    | : Sarjana Teknik Industri                   |
| 18. Kepala Bagian Komunikasi   | : Sarjana Informatika                       |
| 19. Kepala Bagian Logistik     | : Sarjana Teknik Industri                   |
| 20. Kepala Bagian Pemasaran    | : Sarjana Teknik Kimia / Industri           |
| 21. Kepala Bagian HRD          | : Sarjana Teknik Kimia                      |
| 22. Kepala Bagian Services     | : Sarjana Teknik Mesin                      |
| 23. Kepala Bagian Umum         | : Sarjana Teknik Kimia                      |
| 24. Kepala Bagian Medis        | : Dokter                                    |
| 25. Kepala Bagian Keamanan     | : D3  |

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

26. Karyawan : D3 atau STM
27. Sekretaris : D3 Sekretaris
28. Tenaga Kesehatan : Dokter atau Perawat
29. Sopir, Keamanan, Pesuruh : SLTA / Sederajat

### 5.6.2 Jumlah Karyawan dan Gaji

Jumlah Karyawan harus ditentukan dengan tepat, sehingga semua pekerjaan dapat diselenggarakan dengan baik dan efektif

Tabel 5.2 Jumlah Karyawan Menurut Jabatan

No.	Jabatan	Jumlah
1	Presiden Direktur	1
2	Kadiv Produksi	1
3	Kadiv Keuangan	1
4	Kadiv Pengembangan	1
5	Kadiv Administrasi	1
6	Kadiv Pemasaran	1
7	Staff Ahli	5
8	Litbang	5
9	Sekretaris	6
10	Kepala Bagian Operasi	1
11	Kepala Bagian Teknik	1
12	Kepala Bagian Maintenance	1
13	Kepala SHE-Q	1
14	Kepala Bagian Laboratorium	1
15	Kepala Bagian Audit	1
16	Kepala Bagian Keuangan	1
17	Kepala Bagian Project	1
18	Kepala Bagian Strategis	1
19	Kepala Bagian Komunikasi	1

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

20	Kepala Bagian Logistik	1
21	Kepala Bagian Pemasaran	1
22	Kepala Bagian HRD	1
23	Kepala Bagian Services	1
24	Kepala Bagian Umum	1
25	Kepala Bagian Medis	1
26	Kepala Bagian Keamanan	1
27	Karyawan Operasi (Operator)	24
28	Karyawan Operasi (non Operator)	16
29	Karyawan Teknik (Engineer)	10
30	Karyawan Teknik (non engineer)	15
31	Karyawan Maintenance	10
32	Karyawan SHE-Q	10
33	Karyawan Laboratorium	10
34	Karyawan Audit	2
35	Karyawan Keuangan	5
36	Karyawan Project	10
37	Karyawan Strategis	4
38	Karyawan Komunikasi	2
39	Karyawan Logistik	5
40	Karyawan Pemasaran	5
41	Dokter	5
42	Perawat	9
43	Sopir	6
44	Pesuruh	14
45	Security	24
46	Karyawan HRD	4
44	Karyawan Administrasi	6
	Total	235

*commit to user*



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Perincian Golongan dan Gaji Karyawan

Gol.	Jabatan	Gaji/Bulan	Kualifikasi
I.	Direktur Utama	Rp. 50.000.000,00	S1/S2/S3
II.	Kadiv	Rp. 30.000.000,00	S1/S2
III.	Staff Ahli	Rp. 10.000.000,00	S1/S2
IV.	Kepala Bagian	Rp. 15.000.000,00	S1
V.	Engineer	Rp. 10.000.000,00	S1
VI.	Operator	Rp. 5.000.000,00	D3/STM
VII.	Sekretaris	Rp. 2.500.000,00	D3/ SMEA
VIII.	Karyawan Biasa	Rp. 2.000.000 - 3.000.000	SLTA/D1/D3

### 5.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada para karyawan, antara lain:

#### 5.7.1 Gaji Pokok

Diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan

#### 5.7.2 Tunjangan

Berupa tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan dan tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jam lembur.





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

### **5.7.3 Cuti**

Cuti tahunan yang diberikan kepada karyawan selama 12 hari dalam 1 tahun. Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

### **5.7.4 Pakaian Kerja**

Diberikan kepada setiap karyawan setiap tahun sejumlah tiga pasang.

### **5.7.5 Pengobatan**

Bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang - undang yang berlaku. Bagi karyawan yang menderita sakit tidak diakibatkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijakan perusahaan.

### **5.7.6 Asuransi Tenaga Kerja**

Asuransi tenaga kerja diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebih dari 10 orang atau dengan gaji karyawan lebih besar dari Rp. 1.000.000,00 per bulan.

## **5.8 Manajemen Perusahaan**

Manajemen produksi merupakan salah satu bagian dari manajemen perusahaan yang fungsi utamanya adalah menyelenggarakan semua kegiatan untuk memproses bahan baku menjadi produk dengan mengatur penggunaan faktor - faktor produksi sedemikian rupa sehingga proses produksi berjalan sesuai dengan yang direncanakan.



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

Manajemen produksi meliputi manajemen perancangan dan pengendalian produksi. Tujuan perencanaan dan pengendalian produksi mengusahakan perolehan kualitas produk sesuai target dalam jangka waktu tertentu. Dengan meningkatnya kegiatan produksi maka selayaknya diikuti dengan kegiatan perencanaan dan pengendalian agar penyimpangan produksi dapat dihindari.

Perencanaan sangat erat kaitannya dengan pengendalian dimana perencanaan merupakan tolak ukur bagi kegiatan operasional sehingga penyimpangan yang terjadi dapat diketahui dan selanjutnya dikembalikan pada arah yang sesuai.

### **5.8.1 Perencanaan Produksi**

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada direktur keuangan dan umum. Hal yang perlu dipertimbangkan yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal adalah kemampuan pabrik sedangkan faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan.

#### **1. Kemampuan Pabrik**

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

» Bahan Baku

Dengan pemakaian yang memenuhi kualitas dan kuantitas, maka akan mencapai jumlah produk yang diinginkan.

*commit to user*

---



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

» Tenaga kerja

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian, sehingga diperlukan pelatihan agar kemampuan kerja sesuai dengan yang diinginkan.

» Peralatan

Dipengaruhi oleh keandalan dan kemampuan mesin yaitu jam kerja efektif dan beban yang diterima.

## 2. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu :

- \* Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- \* Kemampuan pasar lebih kecil dari kemampuan pabrik.

### 5.8.2 Pengendalian Produksi

Setelah perencanaan produksi disusun dan proses produksi dijalankan, perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk dengan mutu sesuai dengan standard dan jumlah produk sesuai dengan rencana dalam jangka waktu sesuai jadwal.

#### a. Pengendalian Kualitas

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku tidak baik, kerusakan alat, dan penyimpangan operasi. Hal - hal tersebut dapat diketahui dari monitor atau hasil analisis laboratorium.

*commit to user*

---



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

**b. Pengendalian Kuantitas**

Penyimpangan kuantitas terjadi karena kesalahan operator, kerusakan mesin, keterlambatan bahan baku serta perbaikan alat yang terlalu lama.

Penyimpangan perlu diketahui penyebabnya, baru dilakukan evaluasi. Kemudian dari evaluasi tersebut diambil tindakan seperlunya dan diadakan perencanaan kembali dengan keadaan yang ada.

**c. Pengendalian Waktu**

Untuk mencapai kuantitas tertentu perlu adanya waktu tertentu pula.

**d. Pengendalian Bahan Proses**

Bila ingin dicapai kapasitas produksi yang diinginkan maka bahan proses harus mencukupi sehingga diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekurangan.



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

## **BAB VI**

### **ANALISA EKONOMI**

Perancangan pabrik hidrogen ini dilakukan evaluasi atau penilaian investasi dengan maksud untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang ini dapat menguntungkan atau tidak. Yang terpenting dari perancangan ini adalah estimasi harga dari alat - alat, karena harga ini dipakai sebagai dasar untuk estimasi analisa ekonomi tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan atau tidak jika didirikan.

#### **6.1 Penafsiran Harga Peralatan**

Harga peralatan proses tiap alat tergantung pada kondisi ekonomi yang sedang terjadi. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangat sulit sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga suatu alat dari data peralatan serupa tahun-tahun sebelumnya. Penentuan harga peralatan dilakukan dengan menggunakan data indeks harga.

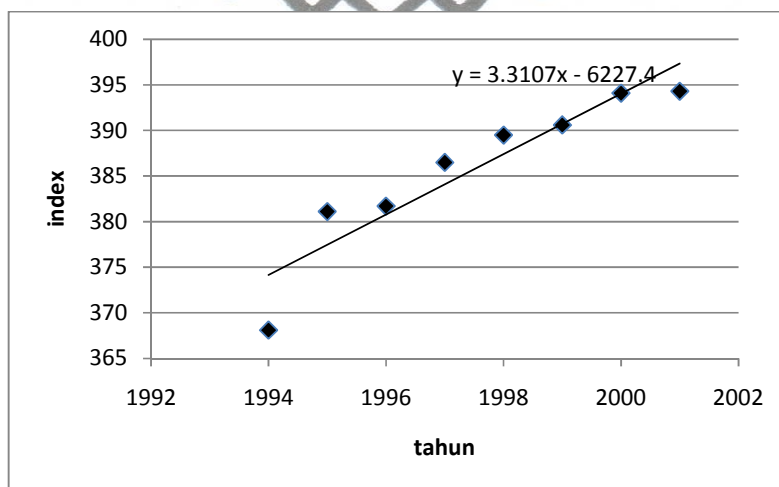


*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Tabel 6.1 Indeks Harga Alat

<i>Cost Indeks tahun</i>	<i>Chemical Engineering Plant Index</i>
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	390,4

(Peters & Timmerhaus, 2003)



Gambar 6.1 Grafik Linierisasi Index Harga





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Dengan asumsi kenaikan indeks linear, maka dapat diturunkan persamaan *least square* sehingga didapatkan persamaan berikut:

$$Y = 3.310 X - 6227$$

Tahun 2014 adalah tahun ke 20, sehingga indeks tahun 2014 adalah 439,34. Harga alat dan yang lainnya diperkirakan pada tahun evaluasi (2014) dan dilihat dari grafik pada referensi. Untuk mengestimasi harga alat tersebut pada masa sekarang digunakan persamaan :

$$E_y = E_x \cdot \frac{N_y}{N_x}$$

$E_y$  = Harga pembelian pada tahun 2014

$E_x$  = Harga pembelian pada tahun 2002

$N_y$  = Indeks harga pada tahun 2014

$N_x$  = Indeks harga pada tahun 2002

(Peters & Timmerhaus, 2003)

## 6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi	: 43.200.000 Nm <sup>3</sup> /tahun
Satu tahun operasi	: 300 hari
Pabrik didirikan	: 2014
Harga bahan baku biogas	: US \$ 0.1/kg



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

---

### 6.3 Penentuan *Total Capital Investment* (TCI)

Asumsi - asumsi dan ketentuan yang digunakan dalam analisa ekonomi :

1. Pengoperasian pabrik dimulai tahun 2015. Proses yang dijalankan adalah proses kontinyu
2. Kapasitas produksi adalah 43.200.000 Nm<sup>3</sup>/tahun
3. Jumlah hari kerja adalah 300 hari per tahun
4. *Shut down* pabrik dilaksanakan selama 60 hari dalam satu tahun untuk perbaikan alat-alat pabrik
5. Modal kerja yang diperhitungkan selama 1 bulan
6. Umur alat - alat pabrik diperkirakan 10 tahun.
7. Nilai rongsokan (*Salvage Value*) adalah 0.
8. Situasi pasar, biaya dan lain - lain diperkirakan stabil selama pabrik beroperasi
9. Upah buruh asing US \$ 10 per *manhour*
10. Upah buruh lokal Rp. 30.000,00 per *manhour*
11. Satu *manhour* asing = 3,2 *manhour* Indonesia
12. Kurs rupiah yang dipakai Rp. 10.000,00



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

## 6.4 Hasil Perhitungan

### 6.4.1 Fixed Capital Investment (FCI)

Tabel 6.2 Fixed Capital Investment

No	Keterangan	US \$	Rupiah	Total (Rupiah)
1	<i>Purchase equipment cost</i>	2.504.335		25.043.346.718,78
2	instalasi	146.766	3.363.978.500	3.363.978.500
3	pemipaan	244.609	1.659.840.000	1.659.840.000
4	instrumentasi	141.524	105.111	1.415.345.402
5	isolasi	34.944	553.280.000	902.722.047
6	listrik	93.185	221.313.297	1.153.158.7561
7	bangunan	349.442		3.494.420.472
8	tanah dan perbaikan	174.721	17.830.035.000	19.577.245.236
9	utilitas	520.028		5.200.282.121
<i>Physical Plant Cost</i>		4.209.554	23.628.551.908	61.514.537.172,75
10.	<i>Engineering &amp; Construction</i>	841.911	4.725.710.382	13.144.818.218
<i>Direct Plant Cost</i>		5.051.465	28.354.262.289	73.8178.444.607
11.	<i>Contractor's fee</i>	505.146	2.835.426.229	7.886.890.930,93
12.	<i>Contingency</i>	1.262.866	7.088.565.572	20.059.588.728,88
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		6.819.477	38.278.254.091	106.473.027.567,55



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

#### 6.4.2 Working Capital Investment (WCI)

Tabel 6.3 *Working Capital Investment*

No.	Jenis	US \$	Rp.	Total Rp.
1.	Persediaan Bahan baku	14.936.4366	-	149.364.362.191,01
2.	Persediaan Bahan dalam proses	4.280	15.143.632	57.947.396,39
3.	Persediaan Produk	941.683	3.331.598.941	12.748.427.207
4.	<i>Extended Credit</i>	2.490.886	-	24.908.860.235,29
5.	<i>Available Cash</i>	941.683	3.331.598.941	12.748.427.207
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>		4.3784.532	6.678.341.514	50.463.662.045

#### 6.4.3 Total Capital Investment (TCI)

$$\text{TCI} = \text{FCI} + \text{WCI} = \text{Rp} \quad 156.936.689.612,39$$



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

#### 6.4.4 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Tabel 6.4 *Direct Manufacturing Cost*

No.	Jenis	US \$	Rp.	Total Rp.
1.	Harga Bahan Baku	2.740.055	-	27.400.550.079,31
2.	Gaji Pegawai	-	6.024.000.000	6.024.000.000
3.	Supervisi	-	2.880.000.000	2.520.000.000
4.	<i>Maintenance</i>	409.169	2.488.086.516	6.579.7723.9248,51
5.	<i>Plant Supplies</i>	40.917	248.808.652	657.977.292
6.	<i>Royalty &amp; Patent</i>	1.494.532	-	14.954.316.141,18
7.	Utilitas	2.26.174	11.483.476.227	32.745.211.694,27
<i>Direct Manufacturing Cost</i>		6.810.846	23.124.371.395	91.232.828.132

#### 6.4.5 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Tabel 6.5 *Indirect Manufacturing Cost*

No.	Jenis	US \$	Rp.	Total Rp.
1.	<i>Payroll Overhead</i>	-	1.204.800.000	1.204.800.000
2.	<i>Laboratory</i>	-	1.204.800.000	1.204.800.000
3.	<i>Plant Overhead</i>	-	6.024.000.000	6.024.000.000
4.	<i>Packaging &amp; Shipping</i>	2.989.063	-	29.890.632.282,35
<i>Indirect Manufacturing Cost</i>		2.989.063	8.433.600.000	38.324.232.282



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

#### 6.4.6 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

Tabel 6.6 *Fixed Manufacturing Cost*

No.	Jenis	US \$	Rp.	Total Rp.
1.	Depresiasi	681.948	3.827.825.409	10.647.302.756,76
2.	Property Tax	136.390	765.565.082	2.129.460.551,35
3.	Asuransi	681.948	3.827.825.409	10.647.302.756,76
<i>Fixed Manufacturing Cost</i>		1.500.285	8.421.215.900	23.424.066.065

#### 6.4.7 Total Manufacturing Cost (TMC)

$$\begin{aligned} \text{TMC} &= \text{DMC} + \text{IMC} + \text{FMC} \\ &= \text{Rp. 152.981.126.479} \end{aligned}$$

#### 6.4.8 General Expense (GE)

Tabel 6.7 *General Expense*

No.	Jenis	US \$	Rp.	Total Rp.
1.	Administrasi	-	5.875.000.000	5.875.000.000
2.	Sales	7.771.564	-	77.715.643.934
3.	Research	1.195.625	-	11.956.252.912,94
4.	Finance	304.170	334.002.319	3.375.703.014
<i>General Expense (GE)</i>		9.271.360	6.209.002.319	98.922.559.861





*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

#### 6.4.9 Total Production Cost (TPC)

$$\text{TPC} = \text{TMC} + \text{GE} = \text{Rp. } 251.903.726.340,15$$

#### 6.4.10 Analisa Kelayakan

##### a. Fixed manufacturing Cost ( Fa )

Depresiasi	= Rp	10.647.302.756,76
Property Tax	= Rp	2.129.460.551,35
Asuransi	= Rp	10.647.302.756,76
<b>Fa</b>	= Rp	<b>23.424.066.065</b>

##### b. Variabel Cost ( Va )

Raw material	= Rp	27.400.550.079
Packaging + transport	= Rp	29.890.632.282
Utilitas	= Rp	32.343.559.982
Royalti	= Rp	1.494.532
<b>Va</b>	= Rp	<b>89.636.236.876</b>

##### c. Regulated Cost ( Ra )

Labor	= Rp	6.024.000.000
Supervisi	= Rp	2.880.000.000
Payroll Overhead	= Rp	1.204.800.000
Plant Overhead	= Rp	6.024.000.000
Laboratorium	= Rp	1.204.800.000
General Expense	= Rp	98.922.599.861
Maintenance	= Rp	6.691.953.458
Plant Supplies	= Rp	657.977.772,93
<b>Ra</b>	= Rp	<b>123.497950.078</b>

##### d. Penjualan ( Sa )

<b>Penjualan ( Sa )</b>	= Rp	<b>298.906.332.824</b>
$\text{BEP} = ( \text{Fa} + 0,3 \text{ Ra} ) / ( \text{Sa} - \text{Va} - 0,7 \text{ Ra} ) \times 100 \%$		
<b>BEP</b>	=	<b>49,24 %</b>
$\text{SDP} = ( (0,3 \text{ Ra} ) / ( \text{Sa} - \text{Va} - 0,7 \text{ Ra} ) ) \times 100 \%$		
<b>SDP</b>	=	<b>30,17 %</b>

##### e. Percent Return on Investment (% ROI)

$$\% = \frac{\text{Profit}}{\text{Investment}} \times 100\%$$

%ROI sebelum pajak		
Profit sebelum pajak	= Rp	47.002.596.483



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

FCI	=	Rp	106.473.027.586
% ROI sebelum pajak	=		44,15%
%ROI setelah pajak			
Pajak 25% (UUPPh, 2010)	=	Rp	11.694.203.541
<i>Profit</i> setelah pajak	=	Rp	35.251.947.363
% ROI	=		33,11%

**f. Pay Out Time ( POT )**

$$= \frac{\text{FCI}}{(\text{Profit sebelum pajak} + \text{Depresiasi})}$$

POT sebelum pajak			
FCI	=	Rp	106.473.027.586
<i>Profit</i> sebelum pajak	=	Rp	47.002.596.483
Depresiasi	=	Rp	10.647.302.757
POT	=	1,85 tahun	
POT Setelah pajak			
<i>Profit</i> setelah pajak	=	Rp	35.251.947.363
POT	=	2,3 tahun	

**g. Discounted Cash Flow (DCF)**

*Future value analysis*

Persamaan:

$$(FC+WC)(1+i)^n = WC+ SV+C ((1+i)^{n-3}+ (1+i)^{n-4} + \dots + (1+i)^0)$$

FC	=	Rp	108.321.779.136
WC	=	Rp	50.644.864.502
SV = <i>salvage value</i>	=	Rp	0
Finance	=	Rp	3.404.735.929
diperkirakan umur pabrik	=	10 Tahun	
N	=	12 Tahun	
C=laba setelah pajak+ <i>finance</i> + besarnya depresiasi	=	Rp	49.319.524.46

dilakukan *trial* harga i untuk memperoleh harga kedua sisi persamaan sama .

dengan <i>trial</i> and <i>error</i> diperoleh nilai i	=	0,2405
	=	24,05 %



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Tabel 6.8 Analisa Kelayakan

Keterangan	Perhitungan	Batasan
1. Persen <i>Return of Investment</i> (% ROI)		
ROI sebelum pajak	44,15%	min. 44 % (Untuk resiko tinggi)
ROI setelah pajak	33,11%	-
2. <i>Pay Out Time</i> (POT)		
POT sebelum pajak,	1,85	maks.2 th (untuk resiko tinggi)
POT setelah pajak	2,4	-
3. <i>Break Even Point</i> (BEP)	49,24%	40 - 60 %
4. <i>Shut Down Point</i> (SDP)	30,17%	-
5. <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	24,05%	12.6%

### KESIMPULAN

Analisa yang dilakukan untuk mendapatkan beberapa parameter kelayakan ekonomi, antara lain :

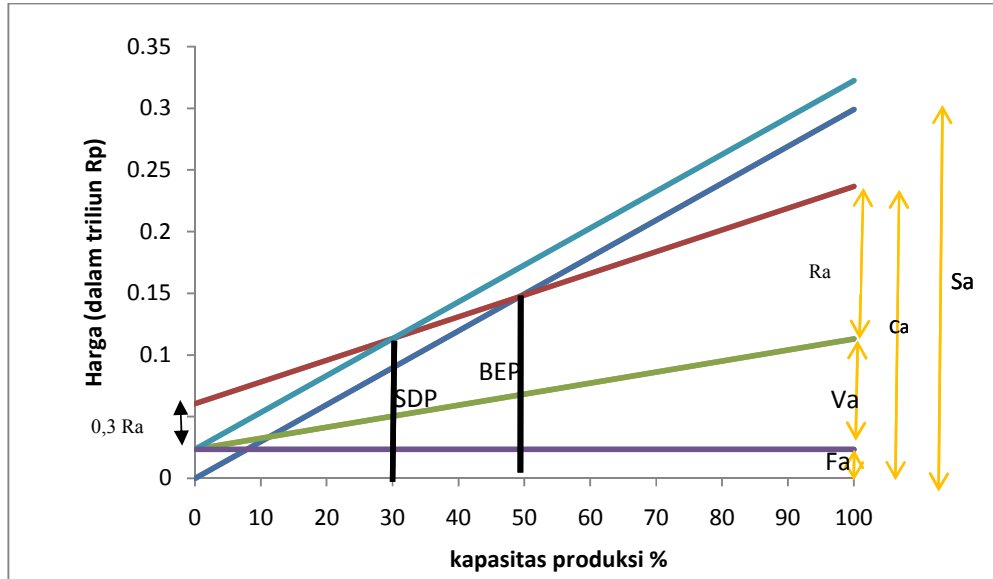
1. *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 44,15%
2. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 1,85 tahun
3. *Break Event Point* (BEP) sebesar 49,24%
4. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 30,17%
5. *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 24,05%

Dari parameter yang dianalisa didapatkan nilai yang memenuhi batasan untuk setiap parameternya, sehingga pabrik ini dapat dinyatakan layak didirikan secara ekonomi untuk pabrik beresiko tinggi.



*Prarancangan Pabrik Hidrogen  
dari Biogas Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Kapasitas 43.200.000 Nm<sup>3</sup> / Tahun*

Grafik hasil analisa ekonomi dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 6.2 Grafik Analisa Kelayakan