

SKRIPSI

**“PRA RANCANGAN PABRIK HIDROGEN DARI BIOGAS
PLANT MENGGUNAKAN METODE *CHEMICAL LOOPING*
DENGAN KAPASITAS 44.000 TON/TAHUN”**



MUHAMMAD AFDOL ZIKRI
(2110017411033)

*Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Pada
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta*

UNIVERSITAS BUNG HATTA
JANUARI 2023



JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI – UNIVERSITAS BUNG HATTA

Kampus III – Jl. Gajah Mada, Gunung Pangilun, telp. (0751) 54257 Padang

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**PRA RANCANGAN PABRIK HIDROGEN DARI BIOGAS PLANT
MENGUNAKAN METODE CHEMICAL LOOPING DENGAN
KAPASITAS 44.000 TON/TAHUN**

OLEH :

MUHAMMAD AFDOL ZIKRI

2110017411033

Disetujui Oleh :

Pembimbing

Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T

Diketahui Oleh :

Fakultas Teknologi Industri

Dekan

Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Kimia

Ketua

Dr. Firdaus, S.T., M.T.



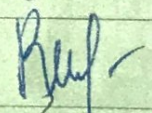
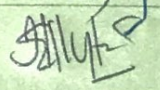
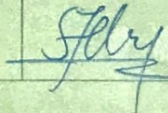
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
SKRIPSI

PRA RANCANGAN PABRIK HIDROGEN DARI BIOGAS PLANT
MENGUNAKAN METODE CHEMICAL LOOPING DENGAN
KAPASITAS 44.000 TON/TAHUN

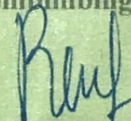
Oleh :

MUHAMMAD AFDOL ZIKRI
2110017411033

Sidang Tugas Akhir Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta Dengan Team Penguji :

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
Ketua	Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T, M.T	
Anggota	1. Ellyta Sari, S.T, M.T	
	2. Erda Rahmilaila Desfitri, S.T, M.Eng., Ph.D	

Pembimbing

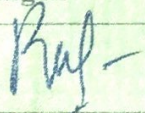
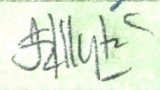



Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T, M.T

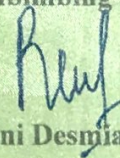


**LEMBAR PENGESAHAN REVISI LAPORAN SKRIPSI/
PRA RANCANGAN PABRIK**

Nama : Muhammad Afdol Zikri
NPM : 2110017411033
Tanggal Sidang : 28 Februari 2023

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
Ketua	Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T.	
Anggota	1. Ellyta Sari S.T, M.T	
	2. Erda Rahmilaila Desfitri, S.T, M.Eng., Ph.D	

Pembimbing



Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T, M.T

INTISARI

Pra Rancangan Pabrik Hidrogen dari Biogas Plant Menggunakan Metode *Chemical Looping* dengan Kapasitas 44.000 ton/tahun direncanakan untuk memenuhi kebutuhan dalam dan luar negeri. Dari analisa teknis dan ekonomi yang dilakukan, maka Pabrik Hidrogen dari Biogas Plant Menggunakan Metode *Chemical Looping* dengan Kapasitas 44.000 ton/tahun, layak didirikan pada tahun 2030 di Tenggarong, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur

Pra Rancangan Pabrik Hidrogen dari Biogas Plant Menggunakan Metode *Chemical Looping* dengan Kapasitas 44.000 ton/tahun merupakan perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *line and staff* dengan jumlah tenaga kerja 100 orang yang terdiri dari 64 karyawan *shift* dan 36 orang karyawan *non shift*.

Dari perhitungan analisa ekonomi, maka Pabrik Hidrogen dari Biogas Plant Menggunakan Metode *Chemical Looping* dengan Kapasitas 44.000 ton/tahun ini layak didirikan dengan :

- *Fixed Capital Investment (FCI)* = US\$ 1.055.216.283,99
= Rp 687.123.405.812,83
- *Working Capital Investment (WCI)* = US\$ 186.214.638,35
= Rp 121.257.071.614,03
- *Total Capital Investment (TCI)* = US\$ 1.241.430.922,34
= Rp 808.380.477.426,86
- *Total Sales (TS)* = US\$ 957,138,075.31
= Rp 14,194,357,656,903.80
- *ROI before tax* = 23 %
- *ROI after tax* = 20 %
- *POT before tax* = 2,96 tahun
- *POT after tax* = 3,24 tahun
- *Break Event Point (BEP)* = 32 %
- *Shut Down Point (SDP)* = 11 %

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, karena telah memberikan kesempatan kepada kita untuk dapat menuntut ilmu di muka bumi ini, sehingga pada kesempatan ini berkat keridha'an dan bantuan-Nya penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Prarancangan Pabrik Hidrogen dari Biogas Menggunakan *Chemical Looping* dengan Kapasitas Produksi 44.000 Ton/Tahun.

Adapun tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah dalam rangka memenuhi salah satu syarat akademis untuk menyelesaikan pendidikan di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.

Pembuatan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Eng Reni Desmiarti, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.
2. Bapak Dr. Firdaus, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Bung Hatta Padang sekaligus telah memberikan arahan dan kesempatan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Prof. Dr. Eng Reni Desmiarti, S.T., M.T., selaku Pembimbing yang telah memberikan arahan dan membagi pengetahuannya hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen Teknik Kimia Universitas Bung Hatta yang telah memberikan ilmu pengetahuannya untuk penyelesaian tugas akhir ini.
5. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan moral dan material kepada penulis.
6. Rekan-rekan di Teknik Kimia yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan bertukar pendapat.

Penulis menyadari tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan meskipun penulis telah berusaha semaksimal mungkin. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran dari pembaca demi perbaikan karya tulis ini.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

Padang, Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR.....

BAB 1 PENDAHULUAN..... 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Kapasitas Pabrik..... 2

1.3 Lokasi Pabrik 6

1.3.1 Lokasi alternatif I (Tenggarong, Kab-Kutai Kartanegara,
Kalimantan Timur)..... 7

1.3.2 Lokasi alternatif II (Sebawi, Kab-Sambas,
Kalimantan Barat)..... 9

1.3.3 Lokasi alternatif III (Muara Sungsang, Kab- Banyuasin
Sumatera Selatan) 11

1.3.4 Pemilihan Lokasi Pabrik 13

BAB II TINJAUAN UMUM..... 14

2.1 Tinjauan Umum 14

2.1.1 Hidrogen 14

2.1.2 Biogas 15

2.2 Tinjauan Proses 16

2.2.1 Proses Chemical Looping 16

2.2.2 Proses Supercritical water gasification of coal 17

2.2.3 Proses Plasma Steam Methane Reforming 19

2.3.Sifat Fisika dan Kimia 21

2.3.1Bahan Baku..... 21

2.3.2 Produk..... 23

BAB III TAHAPAN DAN DESKRIPSI PROSES 25

3.1 Tahapan Proses dan Blok Diagram 25

3.1.1 Tahapan Proses..... 25

3.1.2 Diagtam Alir Proses 25

3.2 Deskripsi Proses dan Flowsheet.....	26
3.2.1 Deskripsi Proses	26
3.2.2 Proses Flow Diagram	26
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI	28
4.1 Neraca Massa	28
4.3 Neraca Energi.....	35
BAB V UTILITAS	45
5.1 Unit Penyediaan Listrik.....	45
5.2 Unit Pengadaan Air	45
5.2.1 Air Sanitasi	46
5.2.2 Air Proses	53
5.2.3 Air Pendingin.....	56
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN	57
6.1 Spesifikasi Peralatan Utama	57
6.1.1 Kompresor	57
6.1.2 Kompresor	58
6.1.3 Kompresor	59
6.1.4 Kompresor	60
6.1.5 Tangki Penyimpanan Hidrogen	61
6.1.6 Tangki Penyimpanan Carbon dioksida.....	62
6.1.7 Tangki Penyimpanan Nitrogen	63
6.1.8 Pompa	64
6.1.9 Kondensor	65
6.1.10 Kondensor	66
6.1.11 Reaktor Oksidasi	67
6.1.12 Reaktor Reducer.....	68
6.1.13 Combustor.....	69
6.1.14 Heat Exchanger	70
6.1.15 Heat Exchanger	71
6.1.16 Heat Exchanger	72
6.1.17 Heat Exchanger	73
6.1.18 Heat Exchanger	74

6.1.19 Heat Exchanger	75
6.1.20 Heat Exchanger	76
6.1.21 Separator.....	77
6.1.22 Blower	78
6.1.23 Blower	79
6.1.24 Gas Expander	80
6.1.25 Desulfurizer	81
6.1.26 Cyclone.....	82
6.2 Spesifikasi Peralatan Utilitas	83
6.2.1 Pompa Air Sungai	83
6.2.2 Bak Penampung Air Sungai.....	84
6.2.3 Tangki Pelarutan PAC.....	85
6.2.4 Tangki Pelarutan Kapur Tohor	86
6.2.5 Tangki Pelarutan Kaporit.....	87
6.2.6 Unit Pengolahan <i>Raw Water</i>	88
6.2.7 <i>Sand Filter</i>	93
6.2.8 Bak Penampungan Air Bersih.....	94
6.2.9 <i>Softener Tank</i>	95
6.2.10 Tangki Air <i>Demin</i>	96
6.2.11 <i>Cooling Tower</i>	97
BAB VII TATA LETAK PABRIK DAN K3LH (KESEHATAN,	
KESELAMATAN, KERJA DAN LINGKUNGAN HIDUP	98
7.1 Tata Letak Pabrik	98
7.2 Kesehatan, Keselamatan, Kerja dan Lingkungan Hidup.....	102
7.2.1 Sebab – Sebab Terjadinya Kecelakaan	102
7.2.2 Identifikasi Bahaya pada Alat Proses.....	104
7.2.3 Peningkatan Usaha Keselamatan Kerja.....	110
7.2.4 Alat Pelindung Diri (APD).....	110
BAB VIII ORGANISASI PERUSAHAAN	116
8.1 Bentuk Perusahaan	116
8.2 Struktur Organisasi.....	116
8.3 Tugas dan Wewenang.....	117

8.3.1 Pemegang Saham	119
8.3.2 Dewan Komisaris	119
8.3.3 Direktur Utama	119
8.3.4 Kepala Bagian.....	120
8.4 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji.....	124
8.5 Sistem Kerja.....	124
8.5.1 Waktu Kerja Karyawan <i>Non Shift</i>	124
8.5.2 Waktu Kerja Karyawan <i>Shift</i>	125
8.6 Jumlah Karyawan.....	125
8.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	126
BAB IX ANALISA EKONOMI	129
9.1 <i>Total Capital Investment (TCI)</i>	129
9.2 Biaya Produksi (<i>Total Production Cost</i>)	130
9.3 Harga Jual (<i>Total Sales</i>)	131
9.4 Perhitungan Profit	131
9.5 Tinjauan Kelayakan Pabrik.....	131
9.5.1 Faktor Lang	132
9.5.2 Return Of Investment (ROI)	133
9.5.3 Waktu Pengembalian Modal (Pay Out Time)	133
9.5.4 Discount Cash Flow Rate Of Return (DCFRR)	134
9.5.5 Break Event Point (BEP) dan Shut Down Point (SDP).....	135
9.5.6 Sensitivity Analysis	137
BAB X TUGAS KHUSUS.....	140
10.1 Pendahuluan.....	140
10.2 Rancangan Alat	141
10.3.1 <i>Pompa</i>	141
10.3.2 <i>Tangki Hidrogen</i>	153
10.3.3 <i>Cyclone</i>	158
10.3.4 <i>Cooler</i>	163
10.3.5 <i>Reaktor Oksidasi</i>	170
BAB XI KESIMPULAN	174
10.1 Kesimpulan.....	174

11.2 Saran.....	175
-----------------	-----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Grafik Hubungan Tahun dengan Kebutuhan Impor di Indonesia	4
Gambar 1.2	Grafik Kebutuhan Hidrogen Pada Pabrik Metanol di Indonesia	5
Gambar 1.3	Tenggarong, Kab-Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur.....	7
Gambar 1.4	Sebawi, Kabupaten Sambas, Kalimantan Barat	9
Gambar 1.5	Muara Sungsang, Kec Banyuasin II, Kab. Banyuasin, Sumatera Selatan	11
Gambar 2.1	Diagram Proses Pembuatan Hidrogen dengan <i>Chemical Looping</i>	16
Gambar 2.2	Blok Diagram Proses Pembuatan Hidrogen dengan <i>Supercritical Water Gasification</i>	18
Gambar 2.3	Blok Diagram Proses Pembuatan Hidrogen dengan <i>Plasma Steam Methane Reforming</i>	19
Gambar 3.1	Diagram Proses Pembuatan Hidrogen dengan <i>Chemical Looping</i>	25
Gambar 4.1	Blok Diagram Neraca Massa Desulfurizer.....	28
Gambar 4.2	Blok Diagram Neraca Massa Reaktor Reducer.....	28
Gambar 4.3	Blok Diagram Neraca Massa Kondensor	29
Gambar 4.4	Blok Diagram Neraca Massa Reaktor Oxidizer	31
Gambar 4.5	Blok Diagram Neraca Massa Kondensor	32
Gambar 4.6	Blok Diagram Neraca Massa Combustor.....	33
Gambar 4.7	Blok Diagram Neraca Massa Cyclone Separator	34
Gambar 4.8	Blok Diagram Neraca Energi Reaktor Combustor	35
Gambar 4.9	Blok Diagram Neraca Energi Reaktor Reducer	36
Gambar 4.10	Blok Diagram Neraca Energi Reaktor Oxidizer.....	37
Gambar 4.11	Blok Diagram Neraca Energi Kolom Desulfurizer	38
Gambar 4.12	Blok Diagram Neraca Energi Heat Exchanger.....	39
Gambar 4.13	Blok Diagram Neraca Energi Heat Exchanger.....	39

Gambar 4.14	Blok Diagram Neraca Energi Heat Exchanger.....	40
Gambar 4.15	Blok Diagram Neraca Energi Heat Exchanger.....	41
Gambar 4.16	Blok Diagram Neraca Neraca Energi Heat Exchanger.....	41
Gambar 5.1	Blok Diagram Proses Pengolahan Air Sanitasi	48
Gambar 5.2	Flowsheet Utilitas	50
Gambar 7.1	Tata Letak Lingkungan Pabrik	100
Gambar 7.2	Tata Letak Pabrik.....	101
Gambar 7.3	<i>Safety Helmet</i>	112
Gambar 7.4	<i>Safety Belt</i>	112
Gambar 7.5	<i>Safety Boot</i>	112
Gambar 7.6	<i>Safety Shoes</i>	113
Gambar 7.7	<i>Safety Gloves</i>	113
Gambar 7.8	<i>Ear Plug / Ear Muff</i>	113
Gambar 7.9	<i>Safety Glasses</i>	114
Gambar 7.10	<i>Safety Mask</i>	114
Gambar 7.11	<i>Face Shield</i>	114
Gambar 7.12	<i>Rain Coat</i>	115
Gambar 8.1	Struktur Organisasi	118
Gambar 9.1	BEP dan SDP.....	137
Gambar 9.2	Spider Plot untuk Sensitivity Analysis	138

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Daftar pabrik penghasil Hidrogen di Dunia.....	2
Tabel 1.2	Daftar pabrik penghasil Hidrogen di Indonesia	3
Tabel 1.3	Kebutuhan Impor Hidrogen di Indonesia	3
Tabel 1.4	Kebutuhan Hidrogen pada Pabrik Methanol	4
Tabel 1.5	Analisa SWOT daerah Tenggara, kutai Kartanegara Kalimantan Timur	8
Tabel 1.6	Analisa SWOT Sebawi, Kabupaten Sambas Kalimantan Timur	10
Tabel 1.7	Analisa SWOT daerah Muara Sungsang, Banyuasin Sumatera Selatan	12
Tabel 2.1	Metode Pembuatan Hidrogen	14
Tabel 2.2	Komposisi Biogas Secara Umum.....	16
Tabel 2.3	Reaksi Utama Pada Metode Chemical Looping.....	17
Tabel 2.4	Reaksi Utama pada Metode Supercritical water gasification.....	19
Tabel 2.5	Reaksi Utama pada Metode PSMR	20
Tabel 2.6	Perbandingan Proses Pembuatan Hidrogen.....	20
Tabel 2.7	Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku Metana	21
Tabel 2.8	Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku Hidrogen Sulfida	21
Tabel 2.9	Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku Nitrogen	22
Tabel 2.10	Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku Oksigen.....	22
Tabel 2.11	Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku Karbon Dioksida	23
Tabel 2.12	Sifat Fisika dan Kimia Produk Hidrogen	23
Tabel 2.13	Spesifikasi Bahan Baku Biogas.....	24
Tabel 2.14	Spesifikasi Produk Hidrogen.....	24
Tabel 4.1	Neraca Massa Desulfurizer	29
Tabel 4.2	Neraca Massa Reaktor Reducer	30
Tabel 4.3	Neraca Massa Kondensor	31
Tabel 4.4	Neraca Massa Reaktor Oxidizer.....	32
Tabel 4.5	Neraca Massa Kondensor	33
Tabel 4.6	Neraca Massa Combustor	34
Tabel 4.7	Neraca Massa Cyclone Separator.....	35

Tabel 4.8	Neraca Energi Reaktor Combustor	36
Tabel 4.9	Neraca Energi Reaktor Reducer.....	36
Tabel 4.10	Neraca Energi Reaktor Oxidizer	37
Tabel 4.11	Neraca Energi Kolom Desulfurizer	39
Tabel 4.12	Neraca Energi Heat Exchanger	39
Tabel 4.13	Neraca Energi Heat Exchanger	40
Tabel 4.14	Neraca Energi Heat Exchanger	41
Tabel 4.15	Neraca Energi Heat Exchanger	41
Tabel 4.16	Neraca Energi Heat Exchanger	42
Tabel 4.17	Neraca Energi Heat Exchanger	43
Tabel 4.18	Neraca Energi Kondenser	43
Tabel 4.19	Neraca Energi Kondenser	44
Tabel 5.1	Kualitas Sungai Mahakam	45
Tabel 5.2	Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air.....	46
Tabel 5.3	Parameter Biologi Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air.....	47
Tabel 5.4	Parameter kimia dalam standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk media air	47
Tabel 5.6	Persyaratan Air Proses.....	54
Tabel 6.1	Spesifikasi Kompresor (CR-2201).....	57
Tabel 6.2	Spesifikasi Kompresor (CR-3302).....	58
Tabel 6.3	Spesifikasi Kompresor (CR-3303).....	59
Tabel 6.4	Spesifikasi Kompresor (CR-3304).....	60
Tabel 6.5	Spesifikasi Tangki Penyimpanan Hidrogen.....	61
Tabel 6.6	Spesifikasi Tangki Penyimpanan Carbon Dioksida	62
Tabel 6.7	Spesifikasi Tangki Penyimpanan Nitrogen.....	63
Tabel 6.8	Spesifikasi Pompa (P-1203).....	64
Tabel 6.9	Spesifikasi Kondensor (C-3702).....	65
Tabel 6.10	Spesifikasi Kondensor (C-3701).....	66
Tabel 6.11	Spesifikasi Reaktor Oksidasi (R-2302)	67
Tabel 6.12	Spesifikasi Reaktor Reducer (R-2301).....	68

Tabel 6.13	Spesifikasi Kombustor (CM-2501)	69
Tabel 6.14	Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-3406)	70
Tabel 6.15	Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-3405)	71
Tabel 6.16	Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-3407)	72
Tabel 6.17	Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-2401)	73
Tabel 6.18	Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-2402)	74
Tabel 6.19	Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-2403)	75
Tabel 6.20	Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (E-2404)	76
Tabel 6.21	Spesifikasi <i>Separator</i> (S-3401)	77
Tabel 6.22	Spesifikasi <i>Blower</i> (S-1201)	78
Tabel 6.23	Spesifikasi <i>Blower</i> (S-1202)	79
Tabel 6.24	Spesifikasi <i>Gas Expander</i> (GE-3301)	80
Tabel 6.25	Spesifikasi <i>Desulfurizer</i> (GE-3301)	81
Tabel 6.26	Spesifikasi <i>Cyclone</i> (C-2601)	82
Tabel 6.27	Spesifikasi Pompa (P-1001)	83
Tabel 6.28	Spesifikasi Bak Penampung Air Sungai (BP-101)	84
Tabel 6.29	Spesifikasi Tangki Pelarutan PAC (TP-2202)	85
Tabel 6.30	Spesifikasi Tangki Pelarutan Kapur Tohor (TP-2201)	86
Tabel 6.31	Spesifikasi Tangki Pelarutan Kaporit (TP-2203)	87
Tabel 6.32	Spesifikasi Unit Pengolahan <i>Raw Water</i> (BR-2102)	88
Tabel 6.33	Spesifikasi Bak Pencampur (BPR-2102 a)	89
Tabel 6.34	Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-3101)	93
Tabel 6.35	Spesifikasi Bak Penampung Air Bersih (BP-3203)	94
Tabel 6.36	Spesifikasi Softener Tank	95
Tabel 6.37	Spesifikasi Tangki Air Demin (TD-4201)	96
Tabel 6.38	Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-5101)	97
Tabel 8.1	Waktu Kerja Karyawan <i>Non Shift</i>	125
Tabel 8.2	Jadwal Kerja Karyawan <i>Shift</i>	125
Tabel 8.3	Karyawan <i>Non Shift</i>	126
Tabel LA.1	Neraca Massa Desulfurizer	LA-3
Tabel LA.2	Neraca Massa Reaktor Reducer	LA-5
Tabel LA.3	Konstanta Antoine	LA-6

Tabel LA.4	Neraca Massa Kondensor	LA-8
Tabel LA.5	Neraca Massa Reaktor Oxidizer	LA-10
Tabel LA.6	Neraca Massa Kondensor	LA-13
Tabel LA.7	Neraca Massa Combustor	LA-14
Tabel LA.8	Neraca Massa Cyclone Separator.....	LA-15
Tabel LB.1	Data Cp Komponen.....	LB-2
Tabel LB.2	Data Panas Pembentukan Komponen	LB-2
Tabel LB.3	Neraca Energi Reaktor Reducer.....	LB-9
Tabel LB.4	Neraca Energi Reaktor Oxidizer	LB-12
Tabel LB.5	Neraca Energi Pre Heater	LB-15
Tabel LB.6	Neraca Energi Kolom Desulfurizer.....	LB-18
Tabel LB.7	Neraca Energi Heat Exchanger	LB-20
Tabel LB.8	Neraca Energi Heat Exchanger.....	LB-22
Tabel LB.9	Neraca Energi Heat Exchanger.....	LB-24
Tabel LB.10	Neraca Energi Heat Exchanger.....	LB-25
Tabel LB.11	Neraca Energi Heat Exchanger.....	LB-27
Tabel LB.12	Neraca Energi Heat Exchanger	LB-29
Tabel LC.1	Kebutuhan Listrik pada Peralatan Proses	LC-40
Tabel LC.2	Kebutuhan Listrik pada Peralatan Utilitas.....	LC-41
Tabel LC.3	Kebutuhan Air Pendingin	LC-44
Tabel LC.4	Daya Pompa pada Peralatan Proses	LC-51
Tabel LD.1	Daftar Indeks harga Rata – Rata Tahunan.....	LD-1
Tabel LD.2	Daftar Perkiraan Harga Peralatan Proses	LD-4
Tabel LD.3	Daftar Perkiraan Harga Peralatan Utilitas	LD-6
Tabel LD.4	Perhitungan <i>Fixed Capital Investment</i> Pabrik Hidrogen dari Biogas	LD-8
Tabel LD.5	Daftar Gaji Karyawan	LD-10
Tabel LD.6	Perhitungan Komponen Biaya Produksi Total	LD-11
Tabel LD.7	Hasil Perhitungan Nilai Keuntungan	LD-18

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini kebutuhan hidrogen di dunia sangat meningkat, sehingga banyak negara-negara di dunia membutuhkan pemasok hidrogen untuk memenuhi kebutuhan di negaranya. Telah tercatat pada *Compound Annual Growth Rate* bahwa nilai pasar terus meningkat sebesar 2.0% dari tahun 2021-2027. Pemanfaatan hidrogen meliputi kehidupan dan industri kimia seperti hidrogenasi lemak dan minyak, dalam produksi amonia, pada industri petrokimia (*hydro cracking*), sebagai bahan baku pembuatan metanol dan juga sebagai bahan bakar alternatif baru-baru ini *fuel cells*. Menurut data statistik kebutuhan hidrogen pada tahun 2018 mencapai 2.375,1090 ton/tahun. Sehingga tidak mencukupi kebutuhan hidrogen yang ada di Indonesia.

Bahan baku pembuatan hidrogen adalah biogas. Biogas dihasilkan melalui aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah *biodegradable* serta limbah cair pabrik kelapa sawit. Biogas diproduksi di dalam kondisi hampa udara (proses anaerobik). Proses ini berlangsung selama pengolahan atau fermentasi dengan kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida. Biogas memiliki manfaat besar dalam kehidupan sehari-hari diantaranya sebagai energi terbarukan dalam pengganti bahan bakar fosil, pembangkit listrik tenaga biogas, serta sebagai bahan baku dalam pembuatan hidrogen.

Teknologi pengolahan biogas menjadi hidrogen telah dikembangkan dengan metode *Chemical Looping* (Fanhe Kong *et al.*, 2021). Metode ini menjaga temperatur proses 800-1100°C untuk memaksimalkan konversi reaksi menjadi gas hidrogen dan mengurangi pembentukan karbon serta dengan menggunakan proses ini dapat menghasilkan produk CO₂ yang memiliki nilai jual. (Akande *et al.*, 2021) juga mengembangkan proses pembuatan hidrogen dengan *Plasma Steam Methane Reformer* (PSMR). Pada metode ini konversi hidrogen dipengaruhi oleh *Plasma Flame* yang stabil. Sedangkan (Jia Chen *et al.*, 2021) mengembangkan produksi

hidrogen menggunakan proses *Supercritical Water Gasification of Coal*. Pada metode ini kondisi suhu yang lebih tinggi dan tekanan yang lebih rendah akan meningkatkan konversi produksi hidrogen.

Secara ekonomi pendirian pabrik hidrogen, pengembangan produksi hidrogen di Indonesia memiliki dampak positif seperti membuka lapangan kerja untuk masyarakat dan secara teknologi dimasa depan dapat dimanfaatkan sebagai energi bahan bakar dan pemasok gas.

1.2 Kapasitas Rancangan

Menentukan kapasitas produksi perancangan pabrik hidrogen berdasarkan pertimbangan kapasitas pabrik hidrogen yang sudah berdiri di beberapa Negara yang dapat dilihat pada **Tabel 1.1**

Tabel 1.1 Daftar Pabrik Penghasil Hidrogen di Dunia

Nama perusahaan	Lokasi	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)	Sumber
Borsod Chem MCHZ	Republik Cheko	55.478.719	www.borsodchem-cz.com
Luoyang Petrochemical Engineering	Cina	369.686.260	www.blomberg.com
Air Liquide Large Industries U.S L.P	Amerika	131.478.377	www.airliquide.com
Dalian West Pacific	Cina	554.477.830	www.cnpc.com
Sincrudos de Oriente's (SINCOR) oil	Venezuela	1.848.225.060	https://ucpcdn.thyssenkrupp.com

Pertimbangan lain yang diperlukan untuk penentuan kapasitas juga dilihat berdasarkan ketersediaan biogas yang dihasilkan dari limbah cair kelapa sawit. Industri pabrik biogas yang terintegrasi dengan industri pengolahan kelapa sawit ditampilkan **Tabel 1.2**

Tabel 1.2 Daftar Pabrik Penghasil Biogas di Indonesia

Nama Pabrik	Produksi TBS (Ton/Tahun)	Potensi Biogas (Ton/Tahun)	Lokasi
PT. Lonsum	328.500	1.894.525	Musi Rawas Utara, Sumatera Selatan
PT. Sampoerna Agro	1.022.000	5.894.078	Palembang, Sumatera Selatan
PT. Minaga Ogan	438.000	4.210.056	Ogan, Sumatera Selatan
PT .Perkebunan Hasil Musi Lestari	1.095.000	6.315.084	Pelawe, Sumatera Selatan
PT. Juanda Sawit Lestari	1.095.000	6.315.084	Musi Rawas, Sumatera Selatan
PT.Bina Sain Corp	657.000	3.789.050	Jakarta Selatan
PT. Sawit Unggul Agro Niaga	328.500	1.894.525	Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur
PT. Sun Sawit	328.500	1.894.525	Banyuasin, Sumatera Selatan
PT. Fajar Saudara Kusuma	219.000	1.684.022	Sambas, Kalimantan Barat

Penentuan kapasitas pabrik juga ditentukan oleh kebutuhan Hidrogen di Indonesia berdasarkan data impor hidrogen di Indonesia yang dapat dilihat pada **Tabel 1.3**

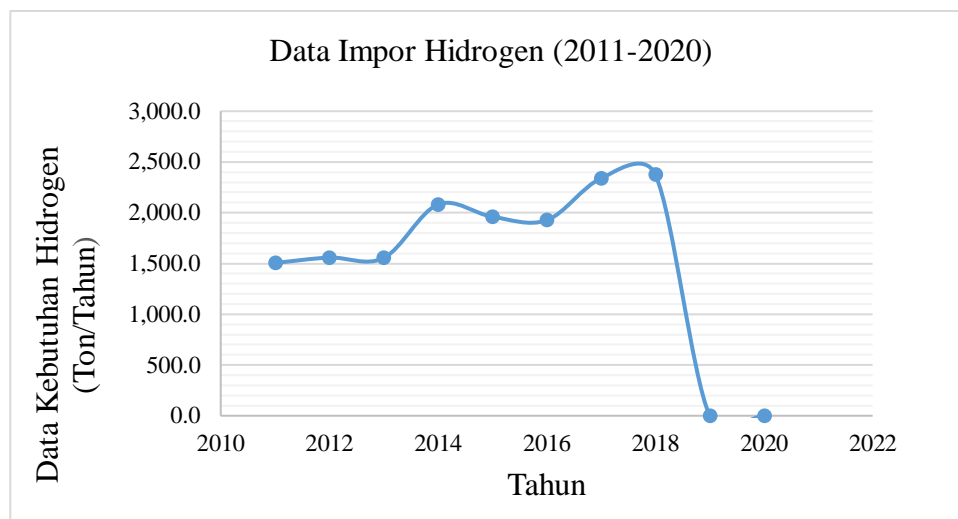
Tabel 1.3 Kebutuhan Impor Hidrogen di Indonesia

Tahun	Data Impor Hidrogen (Ton/Tahun)
2011	1.505
2012	1.558

2013	1.554
2014	2.081
2015	1.960
2016	1.925
2017	2.338
2018	2.375
2019	0,4
2020	0,5

Sumber : Badan Pusat Statistik (2020)

Dari data kebutuhan hidrogen di Indonesia tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara tahun dengan kebutuhan hidrogen dapat dilihat pada **Gambar 1.1**.



Gambar 1.1 Grafik Hubungan Tahun dengan Kebutuhan Impor di Indonesia

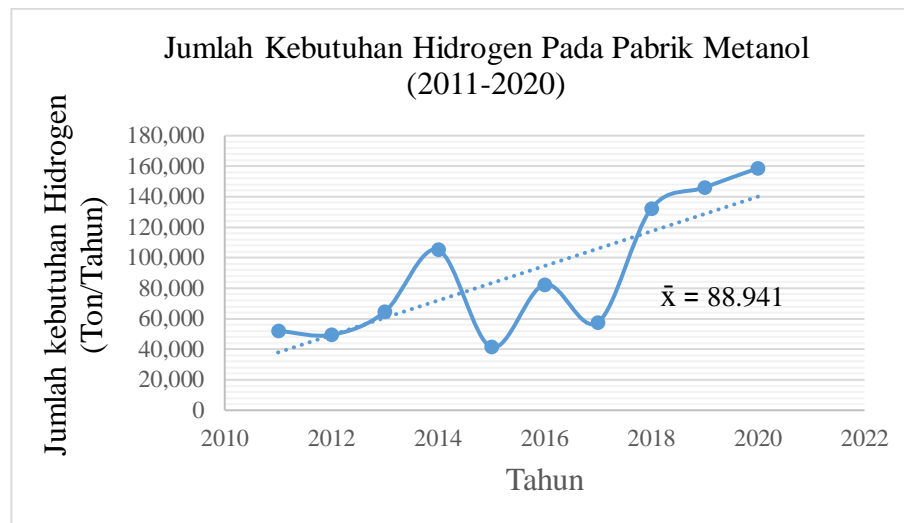
Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa data impor pada tahun 2019 hingga 2020 mengalami penurunan nilai yang disebabkan oleh korona, sehingga berdampak terhadap ekonomi dunia. Namun kebutuhan hidrogen terus mengalami peningkatan dikarenakan hidrogen sebagai bahan baku utama pada pabrik pembuatan metanol. Kebutuhan hidrogen pada pabrik metanol dapat dilihat pada **Tabel 1.4**

Tabel 1.4 Kebutuhan Hidro gen pada Pabrik Metanol

Tahun	Ton/Tahun
2011	52.086
2012	49.428
2013	64.451
2014	105.204
2015	41.415
2016	82.481
2017	57.575
2018	132.117
2019	146.029
2020	158.629

Sumber : Badan Pusat Statistik (2020)

Dari data kebutuhan hidrogen pada pabrik metanol dapat dibuat grafik hubungan antara tahun dengan kebutuhan hidrogen pada pabrik metanol dapat dilihat pada **Gambar 1.2**

**Gambar 1.2** Grafik Kebutuhan Hidrogen Pada Pabrik Metanol di Indonesia

Berdasarkan **Tabel 1.4** kebutuhan hidrogen pada pabrik metanol maka dapat ditentukan kapasitas pabrik yang akan didirikan pada tahun 2030 dapat diperoleh melalui persentase jumlah kebutuhan setiap tahun maka diprediksi kebutuhan hidrogen pada pabrik metanol pada tahun 2030 sebesar 88.941 Ton/Tahun. Produksi hidrogen

yang di rencanakan dapat mencukupi 50% dari penggunaan hidrogen pada tahun 2030 yaitu sebesar 44.000 Ton/Tahun.

Bahan baku pembuatan hidrogen adalah biogas yang diambil dari pabrik PT. Sawit Unggul Agro Niaga dengan kapasitas produksi biogas sebesar 1.894.525 (Ton/Tahun) dan jumlah biogas yang dibutuhkan pada pabrik hidrogen sebesar 293.800 (Ton/Tahun). Sehingga dapat dikatakan bahwa bahan baku mencukupi kebutuhan biogas pada pabrik hidrogen.

1.3 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat mempengaruhi masa depan industri yang akan didirikan baik menyangkut produksi maupun distribusi produk. Maka dari itu pemilihan lokasi harus memberikan perhitungan biaya produksi yang minimum. Pemilihan ini biasanya berdasarkan penggunaan analisa SWOT (*Strenght, Weakness, Oppurtunities, Threat*). Data analisa SWOT dapat dilihat pada masing-masing tabel dibawah ini.

1.3.1 Alternatif lokasi 1 (Tenggarong, Kab - Kutai Kartanegara)



Gambar 1.3 Tenggarong, Kab-Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur
Sumber: (maps.google.com)

Analisa Tenggarong, Kab-Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur dapat dilihat pada
Tabel 1.5

Tabel 1.5 Analisa SWOT daerah Tenggarong, Kab-Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur

<p style="text-align: center;">INTERNAL</p> <p style="text-align: center;">EXTERNAL</p>	<p>STRENGTHS (S)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dekat dengan penyedia bahan baku yaitu PT. Sawit Unggul Agro Niaga dengan jarak 6,7 Km 2. Dekat dengan dermaga toko lima 3. Tersedia tenaga kerja sesuai dengan kompetensi yang dibutuhkan 4. Unit pengolahan air dari sungai mahakam 5. Temperature 27-30°C dengan curah hujan 100-300 mm perbulan. 	<p>WEAKNESSES (W)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ketergantungan dengan industry bahan baku 2. Biaya pendistribusian lebih besar 3. Ketergantungan listrik terhadap pihak ketiga 4. Kurangnya tenaga kerja terlatih 5. Wilayah rawan bencana seperti kebakaran hutan, banjir dan lain-lain
<p>OPPORTUNITY (O)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Produk hidrogen dan CO₂ dapat dipasarkan pada pabrik PT.Metanol Kaltim Industri dengan jarak 84,2 Km dan berpotensi Produk dapat di ekspor ke luar negeri 2. Terletak di kawasan yang strategis 3. Adanya unit listrik PLTGU di kawasan Tenggarong dan unit utilitas air dekat dengan sungai mahakam 4. Rekomendasi tenaga kerja dari lembaga yang terdidik 5. Iklim masih stabil sehingga tidak mengganggu proses produksi 	<p>S-O Strategy</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Memaksimalkan kapasitas produksi 2. Membuka akses <i>buy and sell</i> antar perusahaan dikawasan industry 3. Meningkatkan kompetensi tenaga kerja 	<p>W-O Strategy</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Meningkatkan usaha integrasi vertical antara pengolahan dan pemasaran
<p>THREATS (T)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perlunya membangun jalur pipa sepanjang kurang lebih 7,9 Km untuk dapat menyuplai bahan baku 2. Peningkatan pemasaran untuk ekspor maupun impor 3. Membuat unit pengolahan air proses 4. Perusahaan memberikan pelatihan khusus kepada karyawan 5. Ancaman bencana alam 	<p>S-T Strategy</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pemberian <i>reward</i> kepada karyawan untuk pencapaian target 2. Peningkatan <i>standar</i> pengolahan limbah 	<p>W-T Strategy</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cost effectiveness dalam penyediaan dan distribusi Hidrogen

1.3.2 Alternatif Lokasi II (Sebawi, Kabupaten Sambas, Kalimantan Barat)



Gambar 1.4 Sebawi, Kabupaten Sambas, Kalimantan Barat

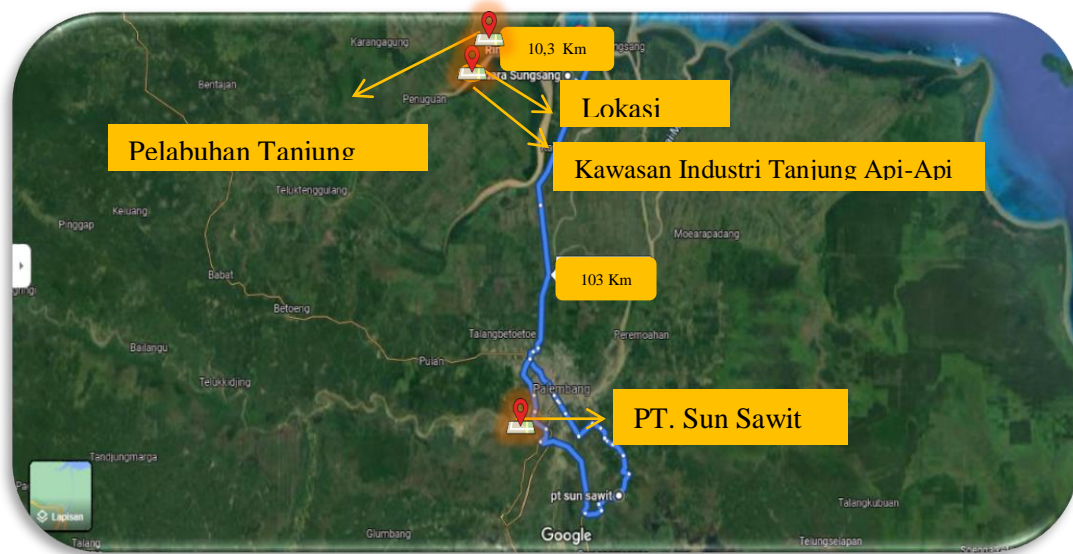
Sumber: maps.google.com

Analisa Sebawi, Kabupaten Sambas, Kalimantan Barat dapat dilihat pada **Tabel 1.6**

Tabel 1.6 Analisa SWOT Sebawi, Kabupaten Sambas, Kalimantan Barat

<p style="text-align: center;">INTERNAL</p> <p style="text-align: center;">EXTERNAL</p>	<p>STRENGTHS (S)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dekat dengan penyedia bahan baku yaitu PT. Fajar Saudara Kusuma dengan jarak 23,1 Km 2. Dekat dengan pelabuhan kapal kapet 3. Unit pengolahan air terintegrasi 4. Tersedia tenaga kerja sesuai dengan kompetensi yang dibutuhkan 5. Temperature 27-30°C dengan curah hujan 100-300 mm perbulan. 	<p>WEAKNESSES (W)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ketergantungan dengan industri bahan baku 2. Kurangnya tenaga kerja terlatih 3. Debit air yang tidak stabil 4. Biaya pendistribusian lebih besar 5. Wilayah cenderung terjadi banjir
<p>OPPORTUNITY (O)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bahan baku biogas yang melimpah dan dekat dengan pabrik 2. Produk dapat dipasarkan pada pabrik PT. Pupuk Kalimantan Timur dengan jarak 196 Km 3. Rekomendasi tenaga kerja dari lembaga yang terdidik 4. Kondisi alam stabil 5. Berpotensi produk dapat di ekspor ke luar negeri 	<p>S-O Strategy</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Memaksimalkan kapasitas produksi 2. Membuka akses <i>buy and sell</i> antar perusahaan di kawasan industri 3. Meningkatkan kompetensi tenaga kerja 	<p>W-O Strategy</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan aliansi dengan PT. Fajar Saudara Kusuma 2. Meningkatkan kualitas produk 3. Meningkatkan usaha integrasi vertical antara pengolahan dan pemasaran
<p>THREATS (T)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perlunya membangun jalan untuk dapat menyuplai bahan baku 2. Peningkatan pemasaran untuk ekspor dan impor 3. Potensi tercemarnya air sungai sekitarnya 4. Perusahaan yang lebih mapan bisa menawarkan gaji yang lebih tinggi 5. Ancaman bencana alam 	<p>S-T Strategy</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pemberian <i>reward</i> kepada karyawan untuk pencapaian target 2. Peningkatan <i>standar</i> pengolahan limbah 	<p>W-T Strategy</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Cost effectiveness</i> dalam penyediaan dan distribusi Hidrogen

1.3.3 Alternatif lokasi III pabrik di Muara Sungsang, Kec Banyuasin, Kab Banyuasin, Sumatera Selatan



Gambar 1.5 Muara Sungsang, Kec Banyuasin II, Kab. Banyuasin, Sumatera Selatan

Sumber : www.maps.google.com

Analisa Muara Sungsang, Kec Banyuasin II, Kab. Banyuasin, Sumatera Selatan **Tabel 1.7**

Tabel 1.7 Analisa SWOT daerah Muara Sungsang, Kec Banyuasin II, Kab. Banyuasin, Sumatera Selatan

<p style="text-align: center;">INTERNAL</p> <p style="text-align: center;">EXTERNAL</p>	<p>STRENGTHS (S)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dekat dengan penyedia bahan baku, yaitu PT. Sun Sawit 2. Dekat dengan pelabuhan Tanjung Api-Api 3. Tenaga kerja diperoleh dari penduduk sekitar 4. Kondisi daerah stabil 5. Masuk kawasan industri Tanjung Api-Api 	<p>WEAKNESSES (W)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ketergantungan dengan industri bahan baku 2. Biaya pendistribusian lebih besar 3. Kurangnya tenaga kerja terlatih 4. Debit air yang fluktuatif 5. Jauhnya jarak pemasaran pada pabrik PT. Petrokimia Gresik dengan jarak 567 Km
<p>OPPORTUNITY (O)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bahan baku biogas yang melimpah dan dekat dengan pabrik 2. Produk dapat dipasarkan pada PT. Pupuk Sriwidjaja dengan jarak 51,9 Km dan di ekspor ke luar negeri 3. Rekomendasi tenaga kerja dari lembaga yang terdidik 4. Berpotensi produk dapat di ekspor ke luar negeri 5. Kondisi alam stabil 	<p>S-O Strategy</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Memaksimalkan pemasaran Hidrogen 2. Membuka akses <i>buy and sell</i> antar perusahaan di kawasan industry 3. Meningkatkan kompetensi tenaga kerja 	<p>W-O Strategy</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan aliansi dengan PT. Sun Sawit 2. Meningkatkan kualitas pabrik 3. Meningkatkan usaha integrasi vertikal antara pengolahan dan pemasaran
<p>THREATS (T)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perlunya membangun jalan untuk dapat menyuplai bahan baku 2. Peningkatan pemasaran untuk ekspor maupun impor 3. Potensi tercemarnya air sungai sekitar 4. Perusahaan yang lebih mapan akan menawarkan gaji yang lebih tinggi 5. Ancaman bencana alam 	<p>S-T Strategy</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pemberian <i>reward</i> kepada karyawan untuk pencapaian target 2. Peningkatan <i>standar</i> pengolahan limbah 	<p>W-T Strategy</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Cosyt effectiveness</i> dalam penyediaan dan distribusi Hidrogen

1.3.4 Pemilihan Lokasi Pabrik

Dari tiga data lokasi alternatif yang telah dijelaskan kelebihan dan kelemahannya masing-masing melalui analisa SWOT, maka diputuskan bahwa untuk pendirian pabrik Hidrogen dari Biogas plant ini akan didirikan di **Tenggarong, Kab-Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur**.

- Bahan baku biogas tersedia dari PT. Sawit Unggul Agro Niaga dengan jarak tempuh antara lokasi pabrik hanya 6,7 Km dan bahan baku mencukupi proses produksi
- Tersedia transportasi darat dan transportasi laut di pelabuhan Toko Lima
- Tersedia tenaga kerja sesuai dengan kompetensi yang dibutuhkan
- Penggunaan unit listrik berasal PLTGU dengan kapasitas 300 MW dan utilitas air dekat dengan sungai mahakam
- Dekat dengan *market*/pasar yaitu PT. Kaltim Metanol Industri yang berjarak 84,2 Km (3 jam 41 menit).